

О. В. КОМАРОВА

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА
ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАНЬ
СТАРШОКЛАСНИКІВ ІЗ
ЗАГАЛЬНОЇ БІОЛОГІЇ**

Монографія

Кривий Ріг
2017

ББК 74.264.5
К 63
УДК 373.5.016:57

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Полтавського національного педагогічного університету імені
В. Г. Короленка (протокол № 14 від 04 травня 2017 року)*

Рецензенти:

Ільченко Віра Романівна – доктор педагогічних наук, професор, дійсний член НАПН України, завідувач відділу інтеграції змісту загальної середньої освіти Інституту педагогіки НАПН України

Біда Олена Анатоліївна – доктор педагогічних наук, професор кафедри початкової освіти Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Ганон Світлана Василівна – доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г.Короленка.

Науковий редактор:

Гриньова Марина Вікторівна, доктор педагогічних наук, професор, декан природничого факультету Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка

К 63 Комарова О. В.

Теорія і практика формування системи знань старшокласників із загальної біології: монографія / О. В. Комарова. – Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2017. – 212 с.

ISBN 978-617-7250-92-9

У монографії розкрито стан проблеми формування системи знань учнів у педагогічній науці, а саме проаналізовано філософські та психолого-педагогічні підходи до визначення категорії «система знань», у тому числі з точки зору системно-структурного підходу; обґрунтовано виділення методологічних знань фундаментальним елементом системи знань учнів, окреслено їх функції, умови та етапи формування; розглянуто методологічні орієнтири сучасного педагогічного дослідження, серед яких чільне місце належить поліпарадигмальному підходу, що має стати визначальним і при розробці змісту шкільної біологічної освіти у старшій школі; обґрунтовано ідею про те, що основним джерелом системності знань школярів є базова наука; обґрунтовано зміст поняття «система знань старшокласників із загальної біології», описано її якості; схарактеризовано такі елементи системи знань школярів із загальної біології як науковий факт, закон, теорія; визначено методологічні основи формування системи знань із біології в учнів старших класів, описано методи та прийоми формування елементів системи знань про клітинний рівень організації життя, методику формування підсистем генетичних, екологічних, еволюційних знань, подано теоретичне обґрунтування та опис практичного використання методу моделювання біологічних процесів, у тому числі із застосуванням комп'ютерних технологій.

Матеріали монографічного дослідження розраховані на науково-педагогічних працівників, викладачів вищих навчальних закладів, студентів природничих факультетів педагогічних вищих навчальних закладів, аспірантів, вчителів загальноосвітніх навчальних закладів, а також усіх тих, хто цікавиться проблематикою методики навчання біології.

УДК 373.5.016:57
ББК 74.264.5

ISBN 978-617-7250-92-9

© Комарова О. В., 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАНЬ УЧНІВ У ПЕДАГОГІЧНІЙ НАУЦІ.....	7
1.1 Філософські та психолого-педагогічні підходи до визначення категорії «система знань».....	7
1.2 Методологічні знання як фундаментальний елемент системи знань.....	20
1.3 Функції методологічних знань у системі знань навчального предмета.....	25
1.4 Умови та етапи формування методологічних знань як фундаментального елементу системи знань.....	27
1.5 Рівні засвоєння та критерії сформованості методологічних знань.....	29
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ЗНАНЬ З ТОЧКИ ЗОРУ СИСТЕМНО-СТРУКТУРНОГО ПІДХОДУ.....	31
2.1 Історичні підходи до методології шкільного природознавства.....	31
2.2 Категорія парадигма в науці та освіті.....	39
2.3 Поліпарадигмальність як методологічний орієнтир сучасного педагогічного дослідження.....	43
2.4 Характеристика наукового системного знання.....	47
2.5 Взаємозв'язок науки і навчального предмета як джерело системності знань школярів.....	50
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ У СТАРШОКЛАСНИКІВ СИСТЕМИ ЗНАНЬ ІЗ ЗАГАЛЬНОЇ БІОЛОГІЇ.....	56
3.1 Обґрунтування поняття «система знань старшокласників із загальної біології».....	56
3.2 Принципи побудови системи знань старшокласників із загальної біології.....	59
3.3 Елементи системи знань школярів та способи їх включення у процес вивчення загальної біології.....	63
3.4 Науковий факт як елемент системи знань у шкільному курсі біології.....	64
3.5 Біологічні теорії та закони в шкільному курсі біології.....	66
3.6 Методологічні орієнтири на формування системи знань старшокласників у фаховій підготовці майбутніх учителів біології.....	77
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАНЬ ІЗ БІОЛОГІЇ В УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ.....	84
4.1 Методи і прийоми формування системи знань із біології в учнів 10-класу.....	84
4.1.1 Клітинна теорія як фундаментальний системотвірний елемент знань учнів 10 класу.....	84
4.1.2 Формування елементів системи знань про клітинний рівень організації життя на лабораторних роботах та під час проведення експериментальних досліджень.....	89

4.2	Методи і прийоми формування системи знань із біології в учнів 11 класу.....	94
4.2.1	Методика формування підсистеми генетичних знань.....	94
4.2.2	Методика формування підсистеми екологічних знань.....	141
4.2.3	Моделювання біологічних процесів як метод формування підсистеми еволюційних знань старшокласників.....	160
4.2.4	Практичні роботи як організаційна форма навчання біології з формування підсистеми еволюційних знань.....	185
	РЕЗЮМЕ.....	191
	ЛІТЕРАТУРА.....	192

ВСТУП

Стрімке збільшення обсягу наукової інформації, що обумовлене зростанням суспільних потреб, стикається з суб'єктивною неспроможністю людини засвоїти її пропорційно темпам росту наукових знань. Отже, виникає протиріччя між об'єктивними факторами і суб'єктивними чинниками.

Подібні неспіввідношення, з одного боку, є гальмом подальшого розвитку науки і духовних сил людини, а з іншого, стають стимулом активного пошуку способів рішення проблеми. Наукою доведено, що найоптимальнішим розв'язком є не примушувати людину засвоювати необхідну інформацію, а навчити в ній орієнтуватися. Вміння оперувати інформацією включає в себе такий зміст: це здатність відділяти головне від другорядного, конкретне від абстрактного, вміння знаходити і пояснювати різні типи зв'язки між елементами знань, вміння встановлювати вертикальну та горизонтальну підпорядкованість між ними, вміння укрупнювати одиниці знань у категорії вищого порядку та здійснювати перенос цих знань з однієї наукової галузі в іншу.

У зв'язку з цим, питання розробки механізмів формування системи знань учнів взагалі, і природничої зокрема, в останній час є нагальною проблемою методик навчання різних шкільних дисциплін, у тому числі й біології. Аналіз останніх публікацій з цієї теми засвідчує, що формування системних знань школярів, розробка методів і прийомів формування якостей системності засвоюваного знання передбачає перехід від фактологічно-репродуктивного рівня навчання до методологічно-творчого. Однією із ключових умов при цьому є засвоєння учнями елементів методологічних знань з біології в основній школі та зведення їх у систему в старших класах. Вважаємо, що розробка концептуальних теоретичних засад і конкретних механізмів реалізації вищеописаного є актуальною проблемою методики навчання біології.

Таке твердження ґрунтується на тому, що, з одного боку, стрімко зростає обсяг наукового природничого знання, і ця тенденція відображається на рівні навчального природничо-наукового знання. Це, в свою чергу, потребує «фільтрування» наукової інформації з метою відбору фундаментальних одиниць змісту шкільної освіти взагалі і біологічної зокрема, встановлення зв'язків між ними. Зазначимо, що розробка теоретичних та методичних засад формування в школярів системи знань тісно пов'язана з проблемою фундаменталізації змісту освіти, зокрема природничонаукової.

Слід констатувати, що у шкільній практиці навчання біології на даний час існують фактори, які уповільнюють процес фундаменталізації природничонаукової освіти. Зокрема, до них відносяться розпливчастість у визначенні таких категорій як «система знань», «система наукових знань», «система навчальних знань», «якості системи навчальних знань», «системотвірна одиниця навчального знання», «вертикальна та горизонтальна структура навчального знання», відсутність єдиної концепції формування системи знань учнів з біології взагалі і в старшій школі зокрема, відсутність ґрунтовних досліджень щодо реалізації в цілому принципу наступності у формуванні системи знань учнів із навчального предмета.

За даними педагогічних досліджень [349], «з року в рік якість біологічних знань школярів знижується. У значній кількості учнів вони перебувають переважно на репродуктивному рівні засвоєння... У більшості абітурієнтів слабо розвинуте теоретичне мислення».

Цілком погоджуємось із тим, що однією із причин є «значний розрив між описовим фактологічним змістом розділів основної школи і заключним теоретичним розділом загальної біології». Дійсно, зміст шкільного курсу біології основної школи перевантажений фактологічним

змістом, а у старших класах учні відчувають труднощі із використанням набутих знань для пояснення загальнобіологічних закономірностей. Крім того, «в умовах зростання міжнародного співробітництва, формування відкритого ринку праці важливо, щоб рівень освіти у країні відповідав світовим стандартам». Наголошується на тому, що освітній процес, передачу соціального досвіду підростаючому поколінню необхідно здійснювати під гаслом «Навчання для виживання на Землі». Біологічну картину світу як частину природничо-наукової необхідно формувати «через розкриття основних законів світобудови, законів функціонування біосфери як системи, виду (людства), популяції (суспільства), організму (індивідуума) в їхньому взаємозв'язку». Вважаємо, що це стане можливим за умови такої перебудови змісту шкільного курсу біології старшої школи, коли він буде структурований навколо основних природничо-наукових узагальнень біологічного змісту, представлених у вигляді теорій, законів, закономірностей, принципів тощо.

Виявлені протиріччя актуалізували проблему розроблення методики формування учнів старшої школи системи знань із загальної біології, яка б забезпечила підвищення рівня загальнобіологічної підготовки випускника середньої школи, що володіє необхідними і достатніми компетентностями для подальшої активної соціальної діяльності.

Необхідність подолання означених суперечностей, недостатня розробленість методики формування системи знань старшокласників із загальної біології, що ґрунтується на фундаменталізації змісту природничонаукової освіти, зумовили вибір теми монографічного дослідження: „Теорія і практика формування системи знань старшокласників із загальної біології».

Монографія складається з чотирьох розділів. У першому розділі розкрито стан проблеми формування системи знань учнів у педагогічній науці, а саме проаналізовано філософські та психолого-педагогічні підходи до визначення категорії «система знань», обґрунтовано виділення методологічних знань фундаментальним елементом системи знань, окреслено їх функції, умови та етапи формування.

У другому розділі проаналізовано зміст категорії «система знань» з точки зору системно-структурного підходу, а саме здійснено ретроспективний аналіз методологічних підходів до визначення змісту шкільного природознавства (в контексті шкільного підручникотворення), розглянуто методологічні орієнтири сучасного педагогічного дослідження, серед яких чільне місце належить поліпарадигмальному підходу, що має стати визначальним і при розробці змісту шкільної біологічної освіти у старшій школі. У розділі обґрунтовано тезу про те, що основним джерелом системності знань школярів має стати базова наука.

У третьому розділі обґрунтовано зміст поняття «система знань старшокласників із загальної біології», проаналізовано принципи побудови системи знань старшокласників із загальної біології, схарактеризовано такі елементи системи знань школярів із загальної біології як науковий факт, закон, теорія, визначено методологічні орієнтири на формування системи знань старшокласників у фаховій підготовці майбутніх учителів біології.

У четвертому розділі визначено методологічні основи формування системи знань із біології в учнів старших класів, описано методи та прийоми формування елементів системи знань про клітинний рівень організації життя, описано методику формування системи генетичних, екологічних, еволюційних знань, подано теоретичне обґрунтування та опис практичного використання методу моделювання біологічних процесів, у тому числі із застосуванням комп'ютерних технологій.

Автор висловлює щире подяку Гриньовій Марині Вікторівні за підтримку під час написання роботи, а також рецензентам – Ільченко Вірі Романівні, Біді Олені Анатоліївні, Гапон Світлані Василівні за об'єктивну оцінку монографії, виявлені неточності, висловлені побажання щодо покращення її змісту та структури.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМА ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАТЬ У ПЕДАГОГІЧНІЙ НАУЦІ

1.1 Філософські та психолого-педагогічні підходи до визначення категорії «система знань»

Аналіз філософської, психолого-педагогічної літератури з дослідження проблеми визначеності суті категорії «система знань» довів, що її вирішення пов'язано із визначеністю таких понять і термінів, що їх позначають як «знання», «система», «систематичність знань», «системність знань», «системність мислення», «системний стиль мислення», «системний аналіз», «системний підхід», «теорія систем» тощо. Крім того, дослідження суті категорії «система знань» потребує з'ясування значення й таких понять, як «види знань», «елемент системи», «структура», «ієрархія», «багаторівневність», «зв'язки між елементами системи», «властивості системи», «цілісність», «емерджентність», «керованість системи», «системний об'єкт», «системне дослідження об'єкту», «цілісність», «еквіфінальність» тощо.

Витоки системного підходу беруть свій початок із середини 20 століття, у зв'язку з необхідністю дослідження живих систем як впорядкованої структурної цілісності [416], з робіт І. В. Блауберга, Е. Г. Юдіна [34], В. М. Садовського [321]. У педагогічній науці ґрунтовно проаналізовано становлення системного підходу як одного з методологічних принципів пізнання, підходи до розуміння системного підходу як методу дослідження, зокрема, системи валеологічних знань учнів [416]. Підкреслюється, що засновником концепції «системного підходу» Л. Берталанфі у середині 20 ст. було узагальнено базові положення теорії відкритих систем і запропоновано програму побудови загальної теорії систем [416, с. 61]. Становлення поняття «системне мислення» у 70-х роках 20 століття сприяло народженню науки синергетики. Аналізуючи становлення системного підходу у педагогіці, О. А. Шевчук доходить висновку, що воно відбувалося нерівномірно, крім того, «у дидактиці системний підхід був упроваджений не повною мірою» [416, с. 63]. Такий висновок був зроблений на основі праць В. Беспалька, П. Ерднієва, І. Д. Зверева, Л. Я. Зоріної, І. Я. Лернера. О. А. Шевчук проаналізовано й сучасні дослідження в галузі застосування системного підходу у навчанні, зокрема праці А. Аверьянова, Ф. Корольова, А. Шепетова. Зазначається, що ідея А. Шепетова про три рівні опису будь-якої системи є виправданими і на практиці підтверджують позитивний результат від застосування. Зокрема, ідея полягає в тому, що будь-яку систему можна описати на трьох рівнях: з точки зору її цілісних властивостей; внутрішньої будови; розуміння системи як підсистеми важливішої системи [416, с. 65].

Перший міжнародний симпозіум з синергетики був проведений у 1997 році, у Баварії [138, с. 140]. Однак початок самої синергетики та введення самого терміну «синергетика» датується кінцем 60-х років (1968 – 70 рр.), і пов'язано із спільною роботою Г. Хакена та Р. Грехема по вивченню випромінювання лазера. Як зазначається [138, с. 140], «виникло розуміння синергетичних, кооперативних ефектів в процесах спонтанного формування макроскопічних структур, тобто самоорганізації». На думку Г. Хакена, спільним у розвитку систем різних рівнів (природних та соціальних) є спонтанне утворення самих структур, якісні зміни на макроскопічному рівні, емерджентне виникнення нових якостей, виникнення самоорганізації у складних структурах

М. Каган розглядає системний підхід в історичному аспекті і «вважає, що він дає змогу з'ясувати структурну статику об'єкта у трьох напрямках: предметному, функціональному й історичному» [416, с. 65]. Так, стверджується, що слід виокремити три здатності (властивості) системи. Першою з них є здатність до самозбереження, другою – підтримання системою високої інтенсивності своїх внутрішніх зв'язків і забезпечення відтворення їх у часі, третьою – здатність системи до саморозвитку.

Системний аналіз як напрямок системного підходу розглядався по відношенню до останнього як частина до цілого. У сучасних методологічних дослідженнях наголошується на тому, що така позиція потребує перегляду [423]. Одним із сучасних підходів до розуміння ролі системного аналізу у дослідженні об'єктів є позиція про те, що системний аналіз є «методологією

дослідження об'єктів через їх представлення у вигляді систем та наступне розчленування на взаємопов'язані складові» [423, с. 116]. Цікавим з методологічної точки зору твердженням є те, що застосування системного аналізу має два обмеження. Перше – його застосовують для тих об'єктів, що виникли штучно, за участю людини. Друге – його застосовують для систем, що використовуються для прийняття рішень або управління (І. В. Блауберг, В. М. Садовський).

І. В. Блауберг та Е. Г. Юдін підкресливали [34], що принципово важливо розрізнати дослідження системного об'єкта та системне дослідження такого об'єкта. В залежності від поставлених задач, на різних рівнях аналізу один і той же об'єкт може бути досліджений і як системний, і як несистемний [34, с. 167]. І далі, системний підхід ґрунтується на тому, що специфіка складного об'єкта не вичерпується характеристиками елементів, що його складають, а ґрунтується на характері зв'язків і відношень між певними елементами [34, с. 168]. Таким чином, якість системності поліструктурному, ієрархічному об'єкту надають саме різнотипні міжелементні зв'язки.

І. В. Блаубергом та Е. Г. Юдіним [34, с. 177-178] виділено ознаки органічної цілісності, за якими можна віднести об'єкти до розряду систем, а відповідні дослідження їх – до розряду системних досліджень. На думку цих вчених, біологічні, психологічні, соціальні, економічні і складні технічні системи відносяться до органічних систем. Вважаємо за необхідне перелічити виділені ознаки у скороченому вигляді. Так, для органічних систем притаманні такі специфічні особливості:

1. У системі наявні не тільки структурні, а й генетичні зв'язки.
2. У системі наявні не тільки зв'язки координації, а й зв'язки субординації, що пов'язані з походженням одних елементів від інших.
3. Наявність механізмів впливу цілого на функціонування та розвиток частин.
4. Сильна залежність між елементами системи, які не здатні до самостійного існування.
5. Активність цілого вища, ніж активність елементів.
6. У ході розвитку системи відбуваються якісні зміни елементів. Первинні елементи всередині системи зазнають трансформації.
7. Необхідною умовою стійкості системи є постійне оновлення її елементів.
8. Всередині органічної системи існують блоки (підсистеми), які гнучко реагують на команди цілого. В органічній системі відсутня однозначна детермінація у поведінці підсистем, які водночас знаходяться у жорсткому взаємозв'язку між собою.

Стосовно підходів до розуміння сутності поняття «система», у науковій літературі їх існує багато. Нам видається досить виваженою думка про те, що при конструюванні визначення поняття «система», до змістових характеристик його вводиться взаємопов'язана послідовність ознак, які при додаванні кожної нової ознаки все більше обмежують клас об'єктів, що підпадають під визначення, але разом з тим інші об'єкти отримують більш розгорнуту якісну характеристику [34, с. 174].

За І. В. Блаубергом всі об'єкти оточуючої дійсності можна віднести до трьох класів: неорганізована сукупність, неорганічні системи, органічні системи [34, с. 177]. Останні два класи характеризуються наявністю зв'язків між елементами і появою у цілісній системі нових якостей, які не притаманні окремим елементам. Отже, «зв'язок, цілісність і обумовлена ними стійка структура – такі відмінні ознаки будь-якої системи» [34, с. 177].

І. В. Блауберг наголошує, що всі поняття, які стосуються системних досліджень, застосування системного підходу, можна умовно поділити на групи [34, с. 183].

До першої віднести поняття, що описують внутрішню структуру системи: зв'язок, відношення, елемент, середовище, цілісність, структура, організація та ін.

До другої групи віднести поняття, пов'язані із описом функціонування системних об'єктів: функція, стійкість, рівновага, регулювання, зворотній зв'язок, гомеостаз, керування, самоорганізація.

До третьої групи відносяться поняття, що описують процеси розвитку системних об'єктів: генезис, еволюція, становлення.

Що ж стосується виявлення системних характеристик системних понять, то І. В. Блаубергом вони досліджуються на матеріалі трьох понять – елемент, цілісність та зв'язок.

Так, І. В. Блаубергом підкреслюється, що вдалим є такий підхід до розуміння сутності поняття «елемент системи» – елементом є неподільний у подальшому компонент системи при даному способі членування [34, с. 184]. Цікавою і корисною для подальших розробок в галузі методики навчання біології є твердження про те, що елемент не може бути описаним поза його функціональними характеристиками. Іншими словами, з точки зору системи не важлива внутрішня структура елемента, його субстрат. Важливими є його функціональні особливості, тобто та роль, яку він виконує в межах цілого. В органічній системі елемент визначається його функціями, як «мінімальна одиниця, здатна до відносно самостійного здійснення певної функції» [34, с. 185].

Стосовно поняття цілісності, то І. В. Блаубергом зазначається, що воно відноситься скоріше не до самої системи, а до способу опису системи. При цьому розуміється неаддитивність системи і суми її елементів. Крім цього, розкриттю змісту поняття цілісності сприяє визначення сутності принципів супераддитивності та субаддитивності [34, с. 186].

Супераддитивність цілого полягає у незвідності властивостей елементів до цілого (ціле більше, ніж сукупність елементів). Субаддитивність – сума елементів більша, ніж ціле.

Характеризуючи поняття зв'язку, І. В. Блауберг підкреслює, що на це поняття припадає найбільше змістове навантаження, оскільки будь-яке системне дослідження оперує ним [34, с. 187]. Грунтуючись на численних розробках, підкреслюється, що дослідниками частіше використовується поняття «відношення», яке добре розроблене у формальній логіці. На основі досліджень Г. П. Щедровицького І. В. Блауберг наводить його думку про те, що зв'язок має розглядатися як абстрактна теоретична схема, необхідність у якій виникає лише на вищих ступенях синтезу знань [34, с. 187].

Розглянемо один з можливих варіантів класифікації зв'язків, що використовуються у системних дослідженнях, запропонований І. В. Блаубергом [34, с. 188–191]:

1. Зв'язки взаємодії, серед яких розрізняють зв'язки властивостей і зв'язки об'єктів.
2. Генетичні зв'язки.
3. Зв'язки перетворення. Серед них розрізняють зв'язки перетворення, що реалізуються через певний об'єкт, що забезпечує або різко інтенсифікує це перетворення, та зв'язки перетворення, що реалізуються через безпосередню взаємодію двох або більше об'єктів і завдяки чому ці об'єкти сумісно або порізно переходять з одного стану в інший.
4. Зв'язки будови, структурні зв'язки.
5. Зв'язки функціонування, сутність яких полягає в тому, що об'єкти, об'єднані цими зв'язками сумісно виконують певну функцію.
6. Зв'язки розвитку. Їх під певним кутом зору можна розглядати як зв'язки функціонування з тією різницею, що «процес розвитку суттєво відрізняється від простої зміни станів» [34, с. 190]. Зазначається, що розвиток передбачає таку зміну станів, при якій системі неможливо зберегти існуючі характеристики. Підкреслюється, що система, що розвивається, має багато «ступенів свободи» у критичних точках переходу від одного стану до іншого. Іншими словами, існує множинність шляхів і напрямків розвитку системи. Система наче сама творить свою історію. Тут слід зазначити, що *система знань, як органічна система, є керованою, а значить має обмежену кількість ступенів свободи. Це є суттєвою характеристикою системи знань як органічної системи порівняно з іншими органічними системами.*
7. Зв'язки управління. І. В. Блауберг підкреслює, що ці зв'язки можуть представляти собою або різновид зв'язків функціонування, або зв'язків розвитку. Разом з тим наголошується, що зв'язки управління є самими важливими зв'язками в системному дослідженні, вони є системотвірними.

Цілком підтримуємо думку І. В. Блауберга про те, що основною метою системних досліджень є пошук системотвірних факторів, а не визначення характеристик системних об'єктів [34, с. 191]. Особливого значення ця теза набуває для педагогічних досліджень, а саме досліджень в галузі конкретних методик навчання, зокрема біології. Вважаємо, що системотвірні фактори (зокрема мова йде про систему знань учнів із загальної біології) є зовнішніми чинниками, що визначають всю палітру методичної діяльності вчителя по формуванню системи знань старшокласників. Останній буде властивий ряд ознак, характеристик, які можна розглядати як

наслідок ефективності здійсненої діяльності. Отже, ще раз наголосимо на тезі про те, що, на нашу думку, для методики навчання біології визначення системотвірних факторів системи знань учнів є більше пріоритетним завданням, аніж встановлення характеристик ідеалізованої моделі системи знань учнів із загальної біології.

Корисною для подальших досліджень в галузі методики навчання біології є твердження про те, що еквіфінальність є сутнісною характеристикою систем.

Еквіфінальність – динамічна властивість системи, що полягає у тому, що за умови різних початкових стадій та шляхів руху від них, система рухається до єдиного фінального стану. Властивість еквіфінальності системи є однією з важливих характеристик системи знань учнів, оскільки остання є органічною керованою системою, яка передбачає існування потенційно різних вихідних станів, зокрема різного рівня підготовленості учнів основної школи, різний рівень вмотивованості до навчання тощо. Під впливом керівної діяльності вчителя за умови наявності моделі формування та розвитку системи знань учнів старшої школи та втілення її в практику навчання, формування системи знань повинно здійснюватися різними способами для досягнення суб'єктивно незалежного результату.

Отже, не різноманітність зв'язків, а їх різноякісність забезпечує багатоманітність форм управління системою, а значить її надійність [34, с. 192].

Сучасні розробки в галузі методології науки ґрунтуються на внутрішній диференціації напрямків методологічних пошуків, що досліджують системи наукових знань. За В. Кузнецовим [218] розрізняють, наприклад:

- *локальні*, ті які досліджують конкретну систему наукового знання, і *глобальні* методологічні дослідження, які об'єктом вивчення мають комплекси систем знань;
- *часткові, частково-компонентні, частково-структурні, частково-атрибутивні, частково-функціональні* методологічні дослідження, в залежності від компоненту системи, який є об'єктом аналізу;
- за рівнем співпадання спільних елементів дослідження систем наукових знань розрізняють *сингулярні, загальні, тотальні, універсальні* методологічні дослідження;
- *генетичні* та *еволюційні* дослідження розглядають виникнення та розвиток системи наукового знання в часі;
- в залежності від зв'язку розвитку системи наукового знання з причинами, що його викликають, розрізняють *кінематичне* та *динамічне* дослідження;
- врахування культурного, соціального та історичного фактору у виникненні систем знань дозволяє розрізнити *інтерналістське, екстерналістське* та *культурно-історичне* методологічне дослідження;
- *суб'єкт-залежне (суб'єкт-незалежне)* дослідження враховує (не враховує) роль та діяльність носіїв знання;
- *аплікаційне* дослідження вивчає сферу застосування системи знання.

Отже, сфери дослідження системи знань або їх комплексу є різноманітними, багатоаспектними в залежності від обраного фактору. Сфера *метаметодологічних* досліджень дозволяє розглянути систему знань (або їх комплекси) всебічно, під різними кутами зору.

За одним із існуючих у філософії підходів знання поділяється на *декларативне* та *процедурне* [44, с. 77]. Декларативне знання містить опис її об'єктів: властивостей, зв'язків, складу. Процедурне знання складається із методів, способів побудови, знаходження та трансформації об'єктів.

Згідно іншої класифікації [44, с. 77] знання поділяють на групи:

- *понятійні знання* – набори понять, їх властивості та взаємозв'язки;
- *конструктивні знання* – знання про структуру та взаємодію об'єктів;
- *процедурні знання* – знання про способи дій з об'єктами;
- *фактографічні знання* – знання про якісні та кількісні характеристики об'єктів.

Існують і інші філософські підходи до класифікації знань. Зокрема, знання поділяють на базисні та вивідні з них, аподиктичні (аксіоматичні) та гіпотетичні, знання-факти та знання-правила, знання-цілі та знання-плани, знання-факти та знання-евристики [44, с. 81–82]. Класифікація знань, що ґрунтується на двох критеріях, зокрема обґрунтованості та застосовності,

дозволяє виділити нормативне (сильно обґрунтоване та ефективне знання), евристичне (слабко обґрунтоване та ефективне знання); догматичне (слабко обґрунтоване та неефективне знання), паліативне (слабко обґрунтоване та неефективне знання) та незастосовне знання [44, с. 83].

При характеристиці систем знань часто характеризуються критеріями їх оцінки. Так, зокрема використовують такі критерії оцінки як теоретичність, фундаментальність, обґрунтованість та евристичність, значимість та красаота [44, с. 123]. Розглянемо, що складає суть названих критеріїв.

Розгалужена система теорій утворює теоретичний рівень науки, тому функції, структура, властивості та відношення наукових теорій є суттю критерію *теоретичності* системи знання [44, с. 125]. Так, будь-яка самостійна наукова дисципліна має притаманні тільки їй наукові теорії. Наприклад, еволюційна біологія спирається на «хромосомну теорію спадковості, генетику популяцій, теорії еволюції, екологічні теорії» [44, с. 123].

Фундаментальність розглядається під різними кутами зору і розуміється як: а) головною відмінною ознакою відсутності практичної спрямованості; б) масштабність роботи; в) наявність суттєвих змін у системі знань [44, с. 138]. Часто фундаментальними називають ще «чисті» дослідження, у ході яких розглядається об'єкт безвідносно до можливостей його практичного використання, і тим самим фундаментальні дослідження протиставляють прикладним. У такому випадку слід чітко розуміти, що в ході розвитку науки фундаментальне дослідження часто стає прикладним, на базі якого будуються нові теоретичні конструкції. Так, зокрема, зазначається, що «відносно еволюційної теорії генетика більш фундаментальна, ніж теорія походження і розвитку життя на Землі» [44, с. 139].

Обґрунтованість та *евристичність* передбачають наявність достатнього фактологічного базису для існування системи знання про певний об'єкт як такий.

Значимість залежить від кількості мотивованих параметрів: чим більшим є виключень із, наприклад, закону, умов його достовірності, тим нижчим є рівень значимості.

Красота системи знання як критерій її оцінки базується на декількох підходах. По-перше, красивою є та система знання, яка найбільш компактно описується, за допомогою меншої кількості лінгвістичних знаків.

По-друге, чим складнішою для використання є система знання, тим вона є більш красивою [44, с. 170].

Яке значення мають перелічені критерії оцінки системи наукового знання для методики навчання біології? Відповідь, на нашу думку, очевидна – ці критерії в повному обсязі є одними з критеріїв оцінки системи навчального знання. Припускаємо, що відповідність системи навчального знання цим критеріям є доказом її науковості, свідченням адекватного відображення зв'язку наука – навчальний предмет.

Сучасний дослідник системи знань І. В. Малафіїк «у своїх працях розглянув сутність понять «системний підхід у теорії і практиці навчання», «системність як якість знань», «системна декомпозиція предмету знань», «системна призма», «функціонально-морфологічна системна структура» [416, с. 66]. Він стверджує, «системність знань – це якість, якої вони набувають завдяки їх організації у систему», а також «системність є якістю полісистемного, складного знання» [230, с. 8]. Системність – це якість, яка виражається сукупністю чотирьох властивостей – ієрархічності, функціональності, структурності, емерджентності, а система знань – це сукупність різнорідних знань, об'єднаних у цілісність навколо певної ідеї. Визначити систему знань означає визначити її характерні ознаки, «функціонально-морфологічні компоненти» [230, с. 12; 416, с. 66]. І. В. Малафіїк виділяє три рівні ієрархії знань – науку як систему знань, навчальний предмет як систему знань, систему знань як власне надбання учня. Підкреслимо, що такий підхід ґрунтується на розгляді категорії знання в об'єктивному та суб'єктивному значенні. Вченим у дослідженні використано термін просте та складне знання. Під простим знанням розуміється предметоцентричне знання, знання, що концентрується на одному предметі, його зовнішніх та внутрішніх властивостях і якостях. Під складним знанням розуміється уявлення про те, що кожний об'єкт дійсності є складною системою, що включена у системи більш високих рангів. І. В. Малафіїк підкреслює, що навчальне пізнання має йти від предметоцентризму до

системоцентризму. При цьому у навчальному процесі системоцентризм має бути стратегією пізнання [230, с. 8].

У цілому погоджуючись із І. В. Малафійком щодо необхідності формування у старшокласників системності знань, не можна оминати увагою його твердження про те, що «коли основним орієнтиром навчання є просте предметне знання, то воно збіднює зміст навчання і звужує його можливості для розвитку мислення учнів» [230, с. 8]. Адже, загально визнаною є теза про те, що у навчальному пізнанні провідними є два основні принципи – принцип науковості та принцип доступності, а в силу вікових особливостей психічних процесів учні старшої школи, саме вони, а не учні основної ланки, здатні до абстрактно-логічної пізнавальної діяльності, до теоретизації, до оперування складними теоретичними конструкціями, у тому числі «система», «біологічна система», «властивості системи», «структура системи» тощо.

На основі аналізу філософської, біологічної, психолого-педагогічної літератури, О. А. Шевчук доведено, що «будь-яка система, незалежно від природи, має інваріант-функціонально-морфологічну системну структуру як деякий системний каркас. Цей «каркас» утворюють наступні системні компоненти: рівень ієрархії, функція системи, системоутворюючий чинник, елементи системи, структура системи, емерджентна властивість з її реляційним впливом. Між ними діють системні зв'язки, які й забезпечують цілісність системи і сприяють формуванню організації в цілісність» [416, с. 67].

У цілому аналіз літератури з проблеми системного аналізу як методу пізнання об'єктів і процесів оточуючого світу довів, що науковцями використовуються різні його форми, ґрунтуючись на тому, що розуміється під системою.

Система – сукупність елементів, які знаходяться у відношеннях і зв'язках між собою і утворюють певну цілісність, єдність [381].

Найбільш поширеним є трактування системи як сукупності об'єктів, «взаємодія яких обумовлює наявність нових інтегративних якостей, не властивий утворюючим її частинам, компонентам» [204]. Підкреслюється, що сутність системного аналізу при цьому полягає у виділенні елементів системи, встановлення лідуючого компоненту та визначення зв'язків між ними.

Другий підхід ґрунтується на розумінні системи як множини компонентів, на якій реалізовано певне відношення з фіксованими властивостями.

Повернемося до аналізу наукових підходів щодо розуміння сутності категорії «знання».

Знання – це «продукт суспільної матеріальної і духовної діяльності людей; ідеальне вираження у знаковій формі об'єктивних властивостей і зв'язків світу, природного і людського» [381].

Знання – це «особлива форма духовного засвоєння результатів пізнання, процесу відображення дійсності, яка характеризується усвідомленням їх істинності» [74].

Із наведених вище визначень, які по суті відображають всі існуючі підходи стосовно аналізованої категорії, можна зробити висновок про дуалістичність підходу в науці до розуміння окресленого поняття. З одного боку, знання трактується як об'єктивно існуючий суспільно-історичний продукт. З іншого – знання є суб'єктивним надбанням індивідуума, що засвоюється в процесі його онтогенезу. Саме другий підхід дозволяє обґрунтовано стверджувати, що знання є педагогічною категорією, оскільки в процесі навчання, у тому числі спеціально організованого (навчального процесу), здійснюється трансформація об'єктивної інформації, суспільно-історичного досвіду, зафіксованого у знаковій формі, у досвід суб'єктивний, особистісний. За І. Я. Лернером знання як педагогічна категорія на першому етапі засвоєння трактується як «усвідомлено сприйнята та зафіксована у пам'яті об'єктивна інформація про ті чи інші об'єкти дійсності» [219, с. 9]. На останньому етапі засвоєння знань, тобто на етапі творчого їх застосування, знання – це «об'єктивна інформація про об'єкт, засвоєна до рівня усвідомлення його зовнішніх та внутрішніх зв'язків, шляхів отримання інформації і готовності застосувати її у схожих та незнайомих ситуаціях» [219, с. 9].

Такою об'єктивною інформацією є види знань, які поділяються на терміни і поняття, факти, закони, теорії, методологічні знання та оцінкові знання. І. Я. Лернером розроблено коротку характеристику видів знань і підкреслено, що «всі названі їх види взаємопов'язані, впливають

один на одного і на особистість, що їх засвоїла» [219, с. 10]. При цьому вченим наголошується на тому, що тільки в сукупності види знань здатні виконувати свої функції, серед яких виділяються три: онтологічну, орієнтувальну та оцінкову. Отже, *системою знань* за І. Я. Лернером є така засвоєна індивідумом сукупність видів знань, яка здатна виконувати суб'єктивно значущі перелічені вище функції.

Система знань, за І. Я. Лернером, входить до змісту освіти як один із компонентів. Іншими трьома є досвід реалізації способів діяльності, досвід творчої діяльності, досвід емоційного відношення до світу [219, с. 12]. Зазначені компоненти певним чином пов'язані між собою, причому саме зв'язки між компонентами змісту освіти надають певних якостей знанням. Серед якостей знань вчений виділяє й такі, як системність та систематичність.

Термін «системність знань» традиційно використовувався давно і широко. Вперше якість системності, на відміну від систематичності, висунула Л. Я. Зоріна [219, с. 22].

Систематичність «характеризується усвідомленням складу деякої сукупності знань, їх ієрархії та послідовності, тобто усвідомленням одних знань як базових для інших, але при певному, заданому куті зору на цю сукупність» [219, с. 18].

Системність – це якість, яка «передбачає усвідомлення особистістю (учнем) знань за їх місцем у структурі наукової теорії» [219, с. 22].

Підкреслюється, що систематичність сукупності знань варіативна, а системність «припускає інваріантність ролі того чи іншого знання. Учні повинні знати, що в даній системі знань є основним положенням, що наслідком, що додатком» [219, с. 18].

За І. Я. Лернером для формування якості системності знань учням потрібно, по-перше, «дати знання про знання (теорія, закон, експеримент і т.д.)» [219, с. 22], по-друге, навчити користуватися схемами опису видів знань.

Для опису теорії, як провідного елементу системи знань школярів, пропонується використати наступну схему опису теорії:

1. Об'єкт вивчення теорії.
2. Предмет вивчення теорії.
3. Ядро теорії.
4. Інструментарій теорії.
5. Наслідки теорії та їх перевірка.
6. Межі застосування теорії.

Для опису закону подається інша схема:

1. Формулювання закону.
2. Запис закону на відповідній йому мові.
3. Шляхи отримання закону.
4. Межі застосування закону.
5. Сфера застосування закону [219, с. 22].

Підкреслюється, що володіючи схемами опису видів знань, учень здатен самостійно встановити ієрархію нового знання.

С. У. Гончаренко підкреслював, що теорія – це основна і найважливіша форма знання, а процес «цілісного перетворення наукових знань у навчальні потребує уточнень методологічного характеру» [75, с. 41]. Проведений вченим аналіз досліджень з питань трансформації наукової теорії у навчальну довів, що вченими виділяються різні істотні риси наукової теорії для перенесення її у зміст навчального предмету: «семантична структура теорії та відповідні їй ієрархічні зв'язки (Л. Зоріна, Б. Коротяєв, П. Підкасистий, І. Лернер), функції та синтаксична структура в процесі пізнання (Б. Коротяєв, П. Підкасистий, В. Хозяїнов та ін.), сукупність «наскрізних» елементів теорії (Т. Бабенкова, В. Мултановський та ін.), циклу пізнання (В. Мултановський та ін.)» [75, с. 41].

О. А. Шимко на прикладі шкільного курсу фізики запропоновано використовувати структурно-логічні схеми як засіб узагальнення різних елементів знань – предметних і методологічних. Проведене дослідження ґрунтувалося на засадах нейролінгвістичного програмування, а вченим стверджувалося, що вивчення фізичного явища доцільно здійснювати

шляхом конструювання структурно-логічних схем, які в свою чергу, будуються з врахуванням особливостей зон візуального поля [420].

Б. В. Всесвятський, наголошуючи на системному підході до біологічної освіти, вказував, що біологічні знання можуть набувати таких форм [64]: біологічні уявлення, біологічні поняття, біологічні категорії та наукові ідеї.

Біологічні уявлення є результатом чуттєвого безпосереднього сприйняття живої природи, вивчення зовнішніх ознак об'єктів. Таке знання називається *предметним*.

Біологічні поняття розкривають внутрішню сутність предметів і явищ. У них відображається сукупність сутнісних властивостей живого об'єкту. Наповнюючись змістом по мірі навчання учнів, біологічні поняття приймають вигляд перехідних форм від уявлень до понять. Такі форми називаються предметно-системними знаннями, а згодом *системними знаннями*.

Біологічні категорії – широкі та глибокі біологічні узагальнення, що охоплюють взаємозв'язки і взаємодії у живій природі, розкривають основні закономірності процесів життєдіяльності живих об'єктів [64, с. 49].

Наукові ідеї надають іншим формам біологічних знань соціальної, практичної спрямованості, на їх основі школярі можуть раціонально застосовувати отримані знання у повсякденному житті.

Виділені форми біологічних знань Б. В. Всесвятський характеризує як певний рівень біологічних знань [64, с. 43].

І. Д. Зверев та А. М. Мягкова до компонентів змісту шкільної освіти відносять, по-перше, систему наукових знань, по-друге, прикладні питання застосування наукових знань з практичною метою, по-третє, аксіологічні знання, вміння, навички, спрямовані на формування оцінкових суджень, норм поведінки, відношень до реальної дійсності, що стосуються природи, суспільства, людини [115, с. 52–53]. Відмітимо те, що вчені вказують на наступне: «.. у методиці біології, як правило, не виділялись аксіологічні знання як самостійний компонент змісту біологічної освіти. Разом з тим особлива увага до них, без сумніву, буде сприяти посиленню виховної функції змісту шкільного предмета, що надає йому більшу силу впливу на формування особистісних якостей школяра» [115, с. 53]. Звернемо увагу на те, що це було актуальним у 1985 році і залишається, на нашу думку, не менш значущим і сьогодні.

Формування системи знань учнів є метою і закономірним результатом формування та застосування системного стилю мислення. Фундаментальні ідеї, принципи, уявлення, погляди на об'єктивну реальність, роль людини у її формуванні та становленні складають основу системного стилю мислення [47]. Підкреслюється при цьому, що у процесі навчання слід навчати учнів орієнтуватися не у вузькій галузі, а в проблемі в цілому. «Зміст навчальної книги має базуватися на доборі тем, які є соціально і особистісно значущими... Необхідно надати належну увагу практичному оволодінню учнями методологічними знаннями» [47]. Відмічається, що існування сучасної старшої профільної школи по-справжньому не торкається модернізації дидактичних умов особистісно-зорієнтованого навчання. Підкреслюється, що на думку А. В. Хуторського, «філософською основою нової моделі освіти... є ідея соціалізації людини за допомогою навчальної діяльності, що забезпечує створення нею освітніх продуктів» [49]. Під цією тезою розуміється, що під час навчання учень створює власні ідеальні конструкції, так звані особисті освітні продукти, – факти, поняття, закономірності. Такий підхід, на нашу думку, ґрунтується на розумінні суб'єктивності особистісних знань, засвоєваних в ході онтогенезу, в тому числі й навчального процесу, і ще раз підтверджує дуалістичність сутності категорії «знання».

Одним із шляхів формування системного стилю мислення учнів є перехід на метапредметний рівень навчальної діяльності. Він полягає у створенні курсів, виділенні окремих тем, що містять спільні, фундаментальні освітні об'єкти, що в сукупності дозволяють змодельовати реально існуючу картину світу. Це так звані «вузлові точки освітніх галузей» [49]. У цілому погоджуючись із необхідністю виділення метапредметного рівня навчальної діяльності, вважаємо, що передусім слід вирішити питання взаємозв'язку метапредметного, міжпредметного, фундаментального та методологічного знання. Г. О. Васківська зазначає, що «фундаменталізація, потребуючи інтеграції гуманітарного і природничого знання, встановлює наступність міжпредметних зв'язків, спрямовується на усвідомлення учнями сутності методології пізнання»

[51]. Отже, фундаменталізація виступає засобом впорядкування логіки вивчення навчального матеріалу з однієї сторони, а з іншої слугує базисом, основою для оволодіння учнями сукупністю методологічних знань.

На думку, Г. О. Васьківської, «проблема ознайомлення учнів зі спеціальною інформацією про окремі види знань (факти, поняття, закони, теорії) не набула належного обґрунтування в працях українських дослідників.» [50]. За основу власного дослідження вченим узято підходи С. У. Гончаренка, Л. Я. Зоріної, А. В. Хуторського до розуміння сутності методологічних знань

Так, наприклад, С. У. Гончаренко [50; 77] до останніх відносить такі, що об'єднуються завданням пізнання довкілля, себе самого, світу, сприяють навчанню й вихованню. Ці знання поділяються на:

- методи, які мають статус узагальнених і застосовуються в усіх сферах діяльності для здобуття побутового й наукового знання (навіть попри те, що насуваються тенденції, за яких знання про навколишній світ, а отже, і про людину як її складову, кидаються під ноги прагматизму і споживацтву, слід яскраво та випукло розкривати суть методологічної компетентності, формувати її в учнів як основу, на якій зростатимуть провідні ідеї щодо розвитку і розбудови держави, де важливість знань, їх самоцінність сприйматимуться як продукт власного розуму і звитяги). Це загально-логічні методи (аналіз, синтез, індукція, дедукція, узагальнення тощо);

- методи дослідження, які використовуються у науковому пізнанні (спостереження, вимірювання, моделювання, аналогія, гіпотеза тощо);

- спеціальні методи, які виступають у формі фундаментальних пізнавальних об'єктів (фізика – калориметричний метод та ін., хімія – гідрування, органічний синтез тощо).

А. В. Хуторський до методологічних знань відносить "фундаментальні освітні об'єкти". Це вузлові моменти основних освітніх галузей, на основі яких конструюється система знань про них. Це найбільш загальні фундаментальні поняття і категорії, які визначаються як метазнання [50].

На думку Л. Я. Зоріної, методологічні знання – це знання про природу, способи фіксації та будову знань [118, с. 14], або знання про знання та методи пізнання [118, с. 44]. Структуру методологічних знань можна представити у вигляді двох множин: знання про загальні методи дослідження (експериментальні та теоретичні) та знання про методи передачі наукової інформації (мова науки, структура наукових знань, форма їх фіксації) [118, с. 49]. Більш конкретно комплекс методологічних знань виглядає так:

- наукові теорії (структура, природа основних положень, шляхи перевірки);
- формалізація та формалізовані (кількісні) поняття;
- ідеалізація та ідеалізовані об'єкти (моделі);
- шляхи відкриття законів;
- група загальнонаукових термінів: визначення, закон, правило, принцип, гіпотеза, постулат, модель, експеримент, теорія, концепція, методи науки, явище, процес, науковий факт;
- структури різних видів знань [118, с. 53].

Більш детально про сутність та структуру методологічних знань буде йти мова нижче у розділі.

А. В. Степанюк розрізняє поняття «фундаменталізація» та «генералізація» знань [351]. Так, дослідниця спирається на думку Г. М. Голіна, який під *генералізацією знань* розуміє «постійно діючий у науці чинник скорочення знань шляхом перетворення їх змісту» [351, с. 1]. При цьому передбачається концентрація «необхідного та достатнього матеріалу фактологічного характеру навколо того чи іншого стержня» [351, с. 1]. На основі праць таких вчених, як Б. Є. Будний, Н. О. Гладушина, С. У. Гончаренко, В. Р. Ільченко, В. І. Кравченко, О. Т. Проказа, А. В. Степанюк було з'ясовано сутність *фундаменталізації знань* – об'єднання програмного матеріалу навколо фундаментальних ідей, законів, понять конкретної науки. У своєму дослідженні А. В. Степанюк спирається на праці Б. Е. Будного, на думку якого фундаментальні поняття характеризуються такими рисами:

- по-перше, вони представляють собою систему понять і формуються впродовж тривалого часу;

- по-друге, займають проміжне положення за змістом між поняттями природничими та філософськими [351, с. 2].

А. В. Степанюк [351, с. 2] є автором ідеї про те, що саме фундаментальні поняття мають бути покладені в основу цілісного навчального курсу навчальної дисципліни. Їх формування, значною мірою, визначає об'єм та послідовність змісту навчального предмета. Зазначається, що максимального розвитку ідея фундаменталізації змісту освіти отримала в методиці навчання фізики. У методиці навчання біології проблему фундаменталізації змісту освіти та виділення стрижневих ідей змісту освіти у старшій школі розробляла М. М. Сидорович [337]. Так, зокрема, нею пропонується основні теоретичні узагальнення біології, концепції та теорії (сучасна концепція біосфери, загальна клітинна теорія, загальна теорія спадковості, загальна теорія мінливості, загальна теорія еволюції, концепція структурних рівнів живого) покласти в основу конструювання змісту біологічної освіти учнів.

А. В. Степанюк доведено, що фундаменталізацію знань про живу природу доцільно здійснювати з позиції розкриття сутності життя на основі ідеї його цілісності, системності та ієрархічного принципу побудови [349; 351]. Дослідницею виділено чотири блоки знань, фундаменталізація навчального матеріалу навколо яких в комплексі сприятиме реалізації мети формування цілісних знань школярів про живу природу [349, с. 4]:

1. Світоглядні ідеї, які виступають зовнішніми системотвірними факторами стосовно до біологічної картини світу (матеріальна єдність світу, форми існування матерії, всезагальний зв'язок як атрибут матерії тощо).

2. Світоглядні ідеї, що є внутрішніми системотвірними факторами цілісної системи живої природи (загальнобіологічні ідеї: цілісності живої природи та системної її організації; еволюції та стабільності живих систем; відкритості біосистем; регуляції в біосистемах).

3. Універсальні закони розвитку природи: полярності; збереження (речовини, енергії, інформації); періодичності; ієрархічного впливу.

4. Загальнобіологічні поняття, що розкриваються на всіх рівнях організації життя (форма організації життя; елементарні системи, організація живих систем; обмін речовин та енергії; саморозвиток біосистем; взаємозв'язки в біосистемах, між біосистемами та неживою природою; саморегуляція; самооновлення, безперервність життя і спадковість між біосистемами; еволюція; органічна доцільність).

Як відмічає А. В. Степанюк, механізм розкриття універсальних законів розвитку природи в процесі природничо-наукової освіти висвітлено в працях В. Р. Ільченко [121; 122; 123; 268; 393]. Грунтуючись на цьому, вважаємо, що це питання потребує більш глибокої теоретичної та методичної розробки на матеріалі саме біологічної складової природничо-наукової освіти старшокласників.

На думку М. М. Сидорович, «генералізація знань дає змогу реалізувати в навчальному процесі більшість функцій наукових теорій», разом з цим «вказане повністю не відображено в навчанні біології» [336]. У своїх дослідженнях М. М. Сидорович виходить з того, що під *генералізацією* слід розуміти процес концентрації знань навколо основних теоретичних узагальнень біології, у ході чого розкривається логічна структура теорії і реалізуються її функції.

Дослідницею проаналізовано існуючі у педагогічній науці підходи до розуміння категорії «фундаменталізація змісту освіти», зокрема праці В. Тестова, А. Н. Поддьякова, В. В. Краєвського, Л. Харченко, Л. Л. Товажнянського, С. У. Гончаренка, Л. Липової та ін.. і констатовано, що «у науково-методичній літературі немає не лише однозначного розуміння сутності фундаменталізації; у ній існують різні погляди і щодо її структури й елементного складу». Так, зокрема, під фундаменталізацією розуміють, наприклад, спрямованість змісту освіти «на методологічні, інваріантні елементи знань, що сприяють ініціативі, розвитку і реалізації інтелектуального і творчого потенціалу учнів» [349]. С. У. Гончаренко зазначав, що фундаменталізація змісту шкільних предметів природничого циклу «має забезпечити універсальність знань, яка передбачає вивчення основних законів, теорій, понять, проблем; спрямованість освіти на узагальнення й універсальність знань, формування загальної культур і розвитку учнів» [337]. На думку В. Тестова, до елементного складу структури фундаменталізації змісту освіти відносяться принципи цілісності, взаємопов'язаності та генералізації знань [337].

Наприкінці 80-х років ХХ століття І. Вілле та Г. Шефер (Гамбург) вказували на те, що система біологічної освіти має враховувати три фактори: по-перше, потреби суспільства, тобто

освіта має бути практично зорієнтованою. По-друге, відповідати пізнавальним потребам та віковим особливостям учнів. По-третє, має ґрунтуватися на сучасних дослідженнях базової біологічної науки [419]. Отже, ці фактори визначають відбір навчального матеріалу, його структурування, визначають зміст практичної складової біологічної підготовки в середній школі. Ключовою тезою дослідників було те, що біологію потрібно вивчати не просто як науку про життя, а як науку про життя для життя або «про органічне життя для життя людини». Вважаємо, що такий підхід мав значний відтінок антропоцентричності, утилітарно-практичної спрямованості біологічної освіти. Разом з тим, виділені вченими 12 універсальних принципів функціонування біологічних систем і духовного життя людини не втратили своєї актуальності для визначення фундаментальних основ вітчизняної системи біологічної освіти.

А. В. Степанюк вважає підхід дослідників з Гамбурга І. Вілле та Г. Шефера стосовно виділення універсальних принципів як основи біологічної освіти обґрунтованим, але недостатнім, оскільки, на думку дослідниці, ці принципи виступають самоціллю, а не засобом фундаменталізації знань учнів.

Як було відмічено раніше, на думку провідних вчених-методистів з біології, ідея фундаменталізації змісту навчального предмету найдосконаліше розкрита на прикладі фізики як шкільної дисципліни, зокрема в працях Б. Є. Будного, В. І. Кульчицького, С. М. Похлебаєва. Зупинимося, на цих підходах ґрунтовніше.

Під фундаментальними фізичними поняттями Б. Є. Будний [40] розуміє такі, що, по-перше, є висвітленням істотних граней фізичних ситуацій. По-друге, близькі до повсякденних уявлень. Це поняття, які визначають структуру моделі реальної дійсності. Вченим підкреслюється, що фундаментальні поняття, по-перше, формуються впродовж тривалого часу. По-друге, займають проміжне положення між фізикою та філософією. На думку Б. Є. Будного, при конструюванні змісту навчання необхідно враховувати відмінність між науковим і навчальним пізнанням. Підкреслюється, що фундаментальні поняття є основою конструювання наукових (фізичних теорій), тому для адекватного формування перших у навчальному процесі необхідно вивчати історію становлення останніх. За результатами дослідження Б. Є. Будного, етапи становлення теорій (фізичних) не збігаються із традиційним циклом пізнання, тому «онтодидактичний аналіз допомагає далі розробити конкретну методику вивчення цих понять, яка в трансформованому вигляді відображає закономірності їх становлення в науці» [40, с. 80]. Слід підкреслити, що ідея обов'язкового висвітлення історії становлення наукових теорій у шкільному курсі, зокрема біології, є однією з центральних у концепції Б. Д. Комісарова, який розробляв методологічні основи шкільної біологічної освіти [187].

В. І. Кульчицьким [209; 210] стверджується, що система навчальних фундаментальних фізичних понять має бути виділена на основі наукової системи наукових понять. Дослідник доводить, що, по-перше, не можна перенести методологію базової науки на навчальний процес. Потрібно трансформувати її так, щоб можна було використовувати у педагогічних цілях. По-друге, причина труднощів, які виникають при засвоєнні кожної нової теорії, завжди одна і та ж: спроба представити нову теорію в поняттях тих ідей, які існували раніше. По-третє, вченим виділено логіко-методологічну передумову побудови фізичної теорії, якою є принцип симетрії. Зазначається, що гносеологічна функція принципу симетрії у сучасній науці тісно зв'язана з методами ідеалізації, формалізації, моделювання, аналогії, математичної гіпотези і ін. Отже, виступаючи в єдності з принципом інваріантності і структурності, принцип симетрії сприяє інтеграції, мінімізації знання, забезпечує пояснювальну, прогностичну силу теоретичного узагальнення. По-четверте, вченим встановлено існуючу суперечність, яка є однією із причин неякісного засвоєння теорії, а саме відбір навчального матеріалу і його вивчення будують відповідно до виділеної структури наукової теорії (основа, ядро, висновки), а при формуванні мислення – до схеми циклу пізнання і методичного принципу циклічності. Іншими словами, моделювання процесу засвоєння наукової теорії в початковому процесі суперечить психологічним основам процесу пізнання, етапам розумової діяльності.

На матеріалі досліджень з методології фізики В. І. Кульчицьким доведено, що у фізиці як науці «суттєвим для всякої заміни теорій є те, що нова теорія веде до зміни всієї «понятійної сітки», всього концептуального апарату старої теорії» [209, с. 2], тобто має місце процес зняття

протиріччя. У навчальному процесі ж засвоєння наукових теорій відбувається за іншим механізмом. Автор зазначає, що мета фізичних досліджень і мета навчання фізики відрізняються, тому є потреба формування навчальної сітки ФФП (фундаментальних фізичних понять). На основі виділеної з науки системи ФФП конструюється матриця навчальної системи ФФП [209].

До фундаментальних фізичних понять В. І. Кульчицький відносить такі, що:

1) відображають фундаментальні властивості природи і одночасно є універсальними засобами пізнання (симетрія, невизначеність, відносність, імовірність);

2) несуть інформацію про основні властивості матерії (поле, фотон, фізичний вакуум, фундаментальні взаємодії, фундаментальні частинки, фундаментальні константи);

3) належать до природничо-наукових категорій (енергія, імпульс, момент імпульсу, маса, заряд) [210, с. 2].

Слід відмітити, що дослідження В. І. Кульчицького ґрунтуються на працях Б. Є. Будного, О. А. Коновала та ін.

С. М. Похлебаєвим [295] виділено ряд загальних фундаментальних понять для циклу природничо-наукових дисциплін, які розвиваються впродовж усього періоду вивчення фізики, хімії, біології та географії в школі. Серед них головним, на думку Г. О. Берулави, М. Д. Даммер і А. В. Усової, є поняття «речовина». Формування поняття «речовина» у предметах природничого циклу повинно йти паралельно з формуванням поняття «енергія», так як у процесі перетворення речовини відбувається і перетворення енергії. Важливу роль у перетворенні речовини та енергії відіграє явище дифузії, яке слід вважати конкретним випадком прояву фундаментальної форми руху матерії – фізичної, що визначає розвиток всіх інших форм руху матерії і зберігається в них у якості вихідної. Прояв дифузії має місце на всіх рівнях організації природних систем на нашій планеті, починаючи з рівня елементарних частинок і закінчуючи геосферою.

Н. Кравець [195] ґрунтується на підході А. В. Степанюк до визначення поняття «системні знання»: «системними знаннями про живу природу вважають ті, що на заключному етапі вивчення реально існуючого в природі об'єкта структуровані відповідно до логіки системного пізнання світу і відображають об'єкт таким, яким ми розуміємо його стан у природі». У формуванні системних знань про живу природу визначальна роль відводиться методологічним знанням, вони вважаються ефективним засобом узагальнення і систематизації матеріалу. Підкреслюється, що успішне формування системних знань про живу природу можливе за умови формування у школярів знань про їх види, структурно-логічні схеми їх опису, принципи побудови системного пізнання в цілому.

Н. Кравець розроблено етапи роботи вчителя і учнів з формування системних знань про живу природу. При цьому наголошується на наступній рівневості засвоєння системних знань: репродуктивний рівень, поєднання репродуктивного і конструктивного рівнів, конструктивний рівень, творчий рівень. Перший, репродуктивний рівень характеризується тим, що вчитель самостійно повідомляє інформацію про види знань, учні її засвоюють. Другий рівень характеризується виконанням завдань на розпізнавання видів знань, де методологічні знання є основою розпізнавання предметних знань. Третью рівню притаманні завдання, де продуктом є самі методологічні знання. Для останнього четвертого рівня характерним є те, що методологічні знання використовуються для структурування знання, що вивчається згідно логіки системного пізнання [195].

Л. Рибалко вважає цілісні знання результатом сутнісної інтеграції біологічних знань [315]. Під останньою розуміється виявлення в об'єктах пізнання однотипних сутностей і встановлення цілісності на їх основі. Закономірності, закони, ідеї, принципи Л. Рибалко вважає формою узагальнення знань і пропонує для цілісного засвоєння знань дедуктивну систематизацію на основі теорій, законів, закономірностей.

М. М. Сидорович [335] на основі аналізу філософської та педагогічної літератури доводить, що природничо-наукова картина світу складається із двох блоків – фізичної картини світу та біологічної. При цьому фізична теорія є одним із основних елементів фізичної картини світу. Дослідниця робить висновок, що в структурі біологічної картини світу слід виокремити три блоки, аналогічно фізичній картині світу, зокрема: філософські категорії, теорії та закони біологічної науки (теоретичні узагальнення), систему методологічних принципів, що відбивають зв'язок між

теоріями. До основних філософських категорій відносяться «уявлення про матерію та її рух, простір і час, взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ природи, взаємодію як загальний атрибут матерії та джерело форм руху матерії, ідея самоорганізації систем» [335]. Основними узагальненнями біологічної науки є клітинна теорія, загальна теорія спадковості, загальна теорія мінливості, загальна теорія еволюції, концепції структурних рівнів живого і біосфери. Основними методологічними принципами взаємозв'язку між теоретичними узагальненнями та рівнями організації живого, на думку М. М. Сидорович, є принцип історизму, доповнення та відповідності. Іншими словами, підхід М. М. Сидорович до відбору змісту біології старшої школи та її структурування ґрунтується на ідеї відображення основних теоретичних узагальнень біологічної науки, їх генезису та сучасного трактування. М. М. Сидорович ґрунтовно проаналізовано структуру біологічної теорії – основу, ядро, наслідки, інтерпретацію. Підхід дослідниці до виокремлення структурних елементів теорії ґрунтується на працях І. Я. Лернера, Л. Я. Зоріної.

О. Заблоцька притримується думки, що наукова картина світу є міжпредметним поняттям, тому засвоєння світоглядних уявлень можливо здійснювати на основі міжпредметної інтеграції знань. До того ж, враховуючи еволюційний шлях виникнення форм руху матерії, живої і неживої природи, стверджується, що вивчення природи повинно ґрунтуватися на основі «безперервного еволюційного ряду рівнів організації» [107]. Дослідницею виділено опорні міжпредметні природничі поняття для формування цілісної природничо-наукової картини світу, якими є: форми руху матерії, рівень організації, ієрархія форм руху й рівнів організації. Зазначається, що внутрішньопредметними опорними біологічними поняттями є: ознаки життя, клітина, тканина, організм, популяція, вид, біогеоценоз, біосфера, біологічна форма руху матерії, біологічна картина природи [107, с. 34]. Оригінальним є підхід, за яким виділено такий рівень організації життя, як полімерний [107, с. 36].

На думку Е. Л. Носенко [266], формування цілісної картини світу можливе за умови інтегрування змісту освіти на основі наступних семи принципів:

- принцип забезпечення цілісності сприйняття образу світу;
- принцип наявності у картині світу «лакун», «пустих клітин»;
- принцип концентричності у засвоєнні цілісної картини світу;
- принцип кумулятивності;
- принцип забезпечення внеску різних картин світу у формування його цілісного образу;
- принцип врахування когнітивних можливостей суб'єктів пізнання картини світу;
- принцип застосування під час навчання універсальних категорій, які використовуються для образів світу.

Підкреслюється, що на різних етапах навчання для різних вікових груп учнів категоріальні парадигми відрізняються. Так, для учнів молодшого шкільного віку такою є «річ – властивість – відносини», для підлітків додається родо-видова парадигма. Для старшого шкільного віку варто образ світу представляти не тільки через світовідчуття та світосприймання, а й через акти світоуявлення та світоз'ясування [266].

На матеріалі шкільного предмету «Хімія» Н. Н. Чайченко досліджено проблему розробки методичної системи формування теоретичних знань учнів з хімії. Вказано на те, що навчальний предмет «Хімія» складається з змістового блоку і процесуального. До змістового блоку входять, по-перше, в основній школі наукові хімічні знання, представлені поняттями, теоріями, законами і закономірностями. В старшій школі зміст цього навчального предмета складається із системи теоретичних знань, яка адекватна науковій системі. При цьому вона включає в себе основні об'єкти, закономірності і проблеми хімії, які входять до складу природничо-наукової картини світу [410]. Отже, при відборі навчального матеріалу з хімії в старшій школі найтісніше реалізується зв'язок навчального предмету та базової науки.

З цього випливає висновок, що саме зміст освіти в старшій школі найповніше реалізує принцип науковості, оскільки система знань, засвоювана в старших класах, адекватна системі знань базової науки.

Успішне формування системних знань про живу природу можливе за умови формування у школярів знань про їх види, структурно-логічні схеми їх опису, принципи побудови системного пізнання в цілому [195].

Системи навчального знання, адекватні системам наукових знань у певній галузі формуються не тільки під час навчання в середній школі, а й на наступних ступенях навчання, зокрема у вищій школі. У зв'язку з цим вважаємо корисним проаналізувати окремі підходи до формування систем знань у студентів. Так, у методиці навчання природничих дисциплін вищої школи [414] умовами успішного формування понять про структурні елементи системи наукових знань є такі:

- знання викладачем змісту і значення даного поняття про структурний елемент знань у сучасній науці;
- визначення «верхньої межі» в засвоєнні змісту поняття про структурні елементи системи наукових знань (що повинен знати студент про конкретне методологічне поняття до кінця вивчення курсу);
- з'ясування і облік при розробці методики формування методологічних понять «довузівських» уявлень студентів, тобто таких, які були отримані ними в процесі вивчення шкільних предметів, з літератури та інших джерел інформації;
- нерозривність зв'язку процесу формування понять про структурні елементи системи наукових знань з процесом їх застосування;
- виділення етапів формування понять, «вузлових точок» збагачення понять;
- поєднання вивчення текстової інформації про структурні елементи системи наукових знань із самостійною роботою, спрямованою на засвоєння істотних ознак цих понять;
- використання узагальнених планів вивчення різних структурних елементів знань;
- використання різних методів навчання з пріоритетом самостійної роботи студентів;
- розробка системи самостійних робіт, спрямованої на формування понять про структурні елементи системи наукових знань;
- включення понять про структурні елементи системи наукових знань в систему методологічних знань.

Однією з умов успішного формування понять є визначення вимог до їх засвоєння. Наприклад, засвоєння студентами поняття «науковий закон» передбачає, що студент до закінчення вивчення курсу розуміє, що закони науки є відображенням законів природи; розуміє, що закони природи є формою вираження загального, внутрішнього, необхідного, повторюваного зв'язку між явищами або властивостями об'єктів природи; розуміє, що дія закону завжди проявляється при наявності певних умов, тобто існують межі застосування закону; знає і може застосувати при роботі з літературою узагальнений план вивчення закону; знає закони, що вивчаються в курсі, вказує їх межі застосування; може застосувати закони для вирішення пізнавальних завдань, при побудові математичних моделей; знає основні типи класифікацій наукових законів, може навести приклади законів різного типу; розуміє місце закону в науковій системі знань [414].

1.2 Методологічні знання як фундаментальний елемент системи знань

З другої половини 20 ст. у педагогічній науці, спочатку у загальній дидактиці, згодом у конкретних методиках навчання увага вчених зосередилася на виділенні елементів системи знань, що засвоюються в ході навчання. Одним із них є методологічні знання. Підкреслимо, що вище було наголошено на тому, що деякими вченими методологічні знання вважаються фундаментом системи знань. Отже, проаналізуємо існуючі підходи до розуміння цієї категорії.

У педагогічній науці однозначна відповідь на питання про те, що розуміється під поняттям «методологічні знання» до цього часу відсутня. Багато вчених вказують на багатозначність цієї категорії. Вважаємо, що однією з причин є відсутність однозначного підходу до структурування методологічних знань суб'єктів навчання. «Науково обґрунтоване виділення системи методологічних знань і визначення структури цієї системи дозволили б впорядкувати формування методологічних знань в процесі навчання...» [340, с. 129]. Неодноразово вчені – методисти-біологи (М. М. Сидорович, А. В. Степанюк) сходилися на тому, що фізика є найрозвинутішою природничо-науковою галуззю з погляду визначеності категоріального апарату науки, розробленості експериментальних методів дослідження, побудови внутрішньої структури науки

навколо фундаментальних теорій. Відповідно це відобразилось і на стані досліджень у галузі методики навчання фізики. «Серед локальних наукових картин світу найрозвинутішою з погляду компонентів її понятійної структури є фізична картина світу...Переконані, що стан її розробки може стати в пригоді при структуруванні біологічної картини світу» [335]. Враховуючи цей факт, а також те, що біологія, як і фізика, відноситься до природничих дисциплін, і, як вказували М. М. Сидорович, А. В. Степанюк у своїх дослідженнях, це дає підстави здійснювати перенос окремих методичних підходів та наробок у методику навчання біології, наведемо підходи, що стосуються розуміння значення і місця методологічних знань у процесі навчання шкільним дисциплінам, зокрема, фізики. Так, одними вченими [118] виділяється два підходи до відбору та структурування методологічних знань учнів. Авторами першого з них є Л. Я. Зоріна та Г. М. Голін.

Методологічні знання або метазнання – знання про природу, способи фіксації та будову знань, або знання про знання та методи пізнання [118, с. 44]. Л. Я. Зоріна підкреслює, що методологічні знання є умовою «системного засвоєння знань і формування наукового світогляду, слугують засобом підготовки до самоосвіти і засобом усвідомленого засвоєння знань у процесі навчання» [118, с. 44].

Л. Я. Зоріна структуру методологічних знань представляє у вигляді двох множин: знання про загальні методи дослідження (експериментальні та теоретичні) та знання про методи передачі наукової інформації (мова науки, структура наукових знань, форма їх фіксації) [118, с. 49]. Більш конкретно комплекс методологічних знань, на думку дослідниці, виглядає так [118, с. 53]:

1. Наукові теорії (структура, природа основних положень, шляхи перевірки).
2. Формалізація та формалізовані (кількісні) поняття.
3. Ідеалізація та ідеалізовані об'єкти (моделі).
4. Шляхи відкриття законів.
5. Група загальнонаукових термінів: визначення, закон, правило, принцип, гіпотеза, постулат, модель, експеримент, теорія, концепція, методи науки, явище, процес, науковий факт.
6. Структури різних видів знань. Л. Я. Зоріна виділяє їх шість видів: знання про теорії, науковий факт, закон, наукове поняття, знання про експеримент і прикладне знання [118].

Г. М. Голін [72] виділяє компоненти системи методологічних знань на основі визначення вимог до педагогічного процесу (на прикладі фізики):

1. Науковий експеримент та експериментальний метод дослідження.
2. Фізична теорія та теоретичний метод дослідження.
3. Стрижневі методологічні ідеї фізичної науки.
4. Основні закономірності розвитку фізичної науки.
5. Елементи наукової біографіки.

Існуючі відмінності у виділенні елементів системи методологічних знань різними авторами вказують на необхідність наведення тих вимог, які стали визначальними для виділення компонентів системи методологічних знань з фізики за Г. М. Голіним. Отже, методологічний матеріал має:

- бути спрямований на свідоме засвоєння системи фізичних знань, розуміння сутності явищ і закономірностей;
- формувати матеріалістичний світогляд;
- розкривати хід наукового пізнання і озброювати методами наукового пізнання;
- сприяти подоланню вузькопрактичного розуміння фізики, демонструвати фізику як елемент загальнолюдської культури;
- розвивати допитливість, інтерес до оволодіння знаннями, творчі здібності і мислення;
- формувати такі якості особистості як патріотизм, гуманізм, громадянськість, працелюбство, прагнення приносити людству користь, високі моральні якості;
- бути компактним і невід'ємно пов'язаним з предметними знаннями;
- викликати позитивну мотивацію до навчання [342, с. 130].

Другий підхід до виділення елементів методологічних знань та структурування їх у систему пропонує В. О. Ізвозчиков. Він ґрунтується на тому, що виділення тезаурусу методологічних знань учнів має охоплювати в повному об'ємі методологічні знання усіх виділених рівнів або підсистем

методологічних знань – філософської, загальнонаукової та конкретно-наукової методології [352, с. 131]. Іншими словами, підхід В. О. Извозчикова ґрунтується на виділенні структури методологічних знань учнів на основі сучасних поглядів на структуру методології науки. У літературі висловлюється думка про те, що саме другий підхід є більш раціональним, оскільки ґрунтується на русі від загального до часткового.

За В. О. Извозчиковим, методологічні знання слід розуміти як знання про методи, що використовуються наукою, структуру самої науки та мову, за допомогою якої фіксується знання. У структурі системи методологічних знань слід розрізнити три підсистеми. Перша включає елементи філософського знання, знання про загальнонаукові методи пізнання та знання про конкретно-наукові методи пізнання. Друга підсистема включає експериментальні факти, поняття, закони та теорії. Третя підсистема включає знаки, терміни, номенклатуру [352, с. 132].

На думку інших вчених у методиці навчання фізики до теперішнього часу виділилися два наукових підходи, пов'язані з розумінням значення і місця методологічних знань в процесі навчання [16; 207].

У рамках першого підходу методологічні знання розуміють, в основному, як засіб навчання фізики. Методологічні знання, так само як і будь-які інші допоміжні знання, використовуються для формування в учнів системних фізичних знань і узагальнених навчальних умінь (Л. Я. Зоріна, О. М. Крутський).

Згідно другого підходу методологічні знання розуміють як елементи змісту освіти, які засвоюються школярами в процесі навчання фізики. Формування в учнів методологічних знань призводить до розвитку у них наукового світогляду, мислення та інших аспектів, що характеризують людину як особистість (А. В. Усова, В. С. Шубинський та ін.) [207].

Нижче наведемо й інші підходи до розуміння досліджуваної категорії.

І. Я. Лернер, характеризуючи такі якості знань, як систематичність та системність, вказував: «задача формування системності знань тісно пов'язана із збагаченням змісту освіти методологічними знаннями, яким, на жаль, дуже мало приділяється уваги в практиці навчання» [219, с. 23]. Під методологічними знаннями І. Я. Лернер розуміє науковий факт, експеримент, прикладне знання, теорію, закон [219, с. 22].

Методологічні знання – система знань, загальною функціональною характеристикою якої є взаємозв'язок та взаємопроникнення її елементів. У ній виділяються три складові: підсистема знань, діяльнісна та ціннісна. З. Е. Байбагісова підкреслює, що методологічні знання є умовою формування в учнів здатності самостійно мислити [16].

Методологічні знання – це поняття і категорії, закони і принципи, методи і підходи, теорії та картини світу, що реалізують процес пізнання (і мислення) на філософському, загальнонауковому та конкретнонауковому рівнях [194]. До структури методологічних знань відносять загальнонаукові поняття і методи (гіпотеза, закон, теорія, експериментальний метод, теоретичний метод) та поняття і методи методології конкретної науки (на прикладі фізики це фізична теорія, фізична картина світу та ін) [194].

Л. В. Лободіна трактує методологічні знання як сукупність інтелектуальних інструментальних засобів, що забезпечують сприйняття нової інформації, осмислення, розуміння та вбудовування її в суб'єктивну модель знань індивідуума, які, розвиваючи семантичну пам'ять, визначають основу пізнавальної активності суб'єкта навчання [224].

Під методологічними знаннями С. А. Владімірцева розуміє конкретні галузеві теорії, зовнішні по відношенню до них положення та факти, які пояснюють структуру наукового знання і є інструментом розв'язання деяких теоретичних проблем [57]. Ці знання не можуть бути отримані та пояснені засобами даної теорії, але без них неможливим є її функціонування та розвиток. Водночас методологічні знання, які стосуються структури, законів функціонування основних об'єктів теорії самі становляться її компонентами. Вони складають ту наукову парадигму, яка визначає методологічні координати розвитку об'єктів, які вивчаються наукою. В свою чергу, на їх основі розробляються методичні концепції, в яких відображаються закономірності навчання предмету в межах даної теорії.

На думку І. М. Фішмана, методологічними знаннями є знання про специфічні для конкретної наукової галузі методи дослідження матеріальної дійсності, їх історичний розвиток, а також знання про загальнонаукові методи пізнання та перетворення світу [390].

Н. Кравець вказує на те, що методологічні знання є ефективним засобом систематизації навчального матеріалу [195]. При цьому одним із концептуальних положень, що визначає методику застосування методологічних знань при вивченні біології є ознайомлення учнів з методологічними знаннями як засобами узагальнення і систематизації навчального матеріалу, що сприяє узагальненому первісному сприйняттю навчальної інформації і дає можливість здійснювати процеси узагальнення та систематизації усієї навчальної інформації. При цьому ознайомлення учнів із методологічними знаннями передбачає визначення видів методологічних знань, пояснення структурно-логічних схем їх опису, структури системного пізнання.

На основі проаналізованої літератури було встановлено, що науковцями крім категорії «методологічні знання», «методологічні поняття», використовується і така категорія як «системні методологічні знання» [194]. Системні методологічні знання характеризуються засвоєнням учнями статусу кожного елемента знань (поняття, закон, теорія тощо), його змісту та місця в системі методологічних знань. Система методологічних знань для шкільного курсу фізики включає три рівні наукового методологічного знання (загальний – філософський, загальнонауковий і конкретнонауковий), п'ять відповідних згаданим рівням підсистем (діалектичного методу, методології логіки, методології гносеології, загальнонаукової методології та методології фізики), а також 14 блоків у складі підсистем. Блоки виділені відповідно до основних принципів, ідей та підходів у рамках кожної підсистеми методологічних знань. У системі представлені змістовні (знаннєві) і процесуальні (операціональні) компоненти [194].

Підкреслюючи можливість і необхідність використання єдиних методологічних підходів до формування локальних наукових картин світу (фізичної, хімічної, біологічної), М. М. Сидорович наголошує на їх принциповій відмінності. Так, «...біологічна картина світу охоплює закономірності існування світу живої природи, а фізична його картина пояснює закономірності існування світу неживої природи. Зазначені відмінності стосуються в основному центральної складової біологічної картини світу – теоретичних біологічних узагальнень» [335].

Н. Г. Бабаєвська [12] до методологічних знань та вмій відносить знання про біологію як науку, знання про роль біологічних теорій, ідей, гіпотез у формуванні сучасної природничо-наукової картини світу, знання про методи пізнання живої природи, вміння проводити спостереження та елементарні біологічні дослідження. Вказується, що методологічні знання можуть розв'язати ряд актуальних проблем шкільної біології, зокрема проблему системності знань, взаємозв'язку науки та навчального предмета.

Отже, аналіз джерельної бази дослідження з визначення підходів до розуміння сутності методологічних знань та їх місця в системі знань учнів довів, що трактування ключового поняття науковцями є надзвичайно різноманітними, і тому розпливчастими. Відкритим залишається і питання про виділення елементів методологічних знань.

Так, одним із елементів методологічних знань, на думку Т. М. Шамаєвої, є методологічні поняття. Методологічні поняття – це поняття про науково-пізнавальну діяльність та її продукт (наукове знання) [414].

Деякий інший підхід до визначення сутності та видів знань висловлює Л. О. Мікешіна [247], згідно якого знання можна поділити на дві групи – предметне та нормативне (методологічне). Предметне знання об'єктами вивчення має явища та процеси, зафіксовані в спостереженнях та експерименті (фактуальні знання, емпіричні закони і гіпотези). Методологічне або нормативне знання об'єктами вивчення має розумові та предметно-орудійні пізнавальні операції отримання, перевірки, побудови знання. Як вказує Л. О. Мікешіна, одиницями методологічних знань в науці вважаються метод наукового пізнання та стиль наукового мислення.

Стиль наукового мислення – історично складена, стійка система загальноприйнятих методологічних нормативів і філософських принципів, якими керуються дослідники в дану історичну епоху. Стиль мислення не є абсолютною позачасовою характеристикою наукового мислення. Він носить конкретно-історичний характер і еволюціонує разом і у зв'язку з розвитком суспільства в цілому [247]. Стиль мислення в конкретно-історичний період свого функціонування

виступає як апіорна форма мислення, яка реалізує такі функції: 1) критичну – функцію оцінювання гіпотез і методів отримання, перевірки і побудови знання; 2) селективну – функцію вибору гіпотез (теорій), методів і категоріального апарату науки; 3) вербальну – оформлення актуального і теоретичного знання в конкретно-історичній мові науки; 4) прогностичну – визначення можливих ідей, напрямків дослідження, нових методів.

Метод наукового пізнання є системою регулятивних принципів та правил діяльності (практичної або теоретичної), вироблених суб'єктом на основі закономірностей об'єкта, що вивчається. Методи пізнання створюються суб'єктом, але не є породженням його фантазії, вони детермінуються об'єктивними закономірностями. У якості елемента пізнавальної системи «суб'єкт – об'єкт» метод може бути визначений як створений суб'єктом на основі об'єктивно істинного знання спосіб приведення у взаємодію об'єктів пізнання для виявлення їхніх властивостей і відношень [247].

Науковий метод одночасно є системою речень, що формулюють норми пізнавальної діяльності (тобто формою наукового знання), та системою операцій і процедур цієї діяльності, що детермінуються закономірностями суб'єктно-об'єктних відношень [247]. У такому тлумаченні науковий метод як одиниця методологічних знань розглядається дуалістично, оскільки виконує дескриптивну (описує дії, норми поведінки) та розпорядчу (є сукупністю самих дій, норм, процедур діяльності) функції.

Таким чином, стиль мислення та метод пізнання характеризують пізнавальну діяльність суб'єкта, тобто є одиницями методологічного знання, яке не відображає безпосередньо об'єкт, але визначає дії з ним з врахуванням закономірностей самої пізнавальної діяльності. При цьому слід зауважити, що якщо метод пізнання може змінюватися при переході від однієї пізнавальної задачі до іншої, то стиль мислення залишається незмінним. Л. О. Мікешина підкреслює, що стиль мислення виконує регулятивну, селективну, прогностичну функції, тоді як методи диференціюються в залежності від того, яку функцію вони виконують [247].

Підсумовуючи погляди вчених на сутність методологічних знань, слід зазначити, що спільним у існуючих підходах є наступне.

По-перше, методологічні знання є сукупністю знань. Знання цієї сукупності є різнорідними, але взаємопов'язаними, тому методологічні знання є системою знань.

По-друге, система методологічних знань включає змістовний та процесуальний компоненти.

По-третє, система методологічних знань включає знання різних рівнів: філософського, загальнонаукового та конкретнонаукового.

По-четверте, система методологічних знань включає знання про закономірності сучасного функціонування предметної галузі.

По-п'яте, система методологічних знань включає знання про історичний розвиток конкретної предметної галузі.

По-шосте, за допомогою системи методологічних знань реалізується процес пізнання.

Проаналізовані підходи дозволяють констатувати, що у педагогічній науці існують і нерозв'язані питання, неоднозначні трактування, що стосуються досліджуваної категорії «методологічні знання».

Зокрема, по-перше, відсутня єдність у розумінні співвідношення методологічних та предметних знань. Згідно одних підходів, предметні знання є складовим структурним елементом методологічних знань. Згідно інших – предметні та методологічні (нормативні) знання є результатом і джерелом вивчення різних об'єктів.

По-друге, досить розпливчастими є погляди на взаємозв'язок педагогічних категорій «методологічні знання» та «методологічні уміння». Так, за одними підходами методологічні знання включають у себе такий процесуальний компонент як предметно-орудійну діяльність. Згідно інших – методологічні знання є сукупністю інтелектуальних інструментальних засобів, спрямованих на розв'язання теоретичних проблем.

1.3 Функції методологічних знань у системі знань навчального предмета

З'ясування сутності категорії «методологічні знання» потребує аналізу підходів до розуміння їх місця та функцій у навчальному процесі взагалі, процесі засвоєння змісту навчального предмета зокрема.

За результатами досліджень Т. М. Шамаєвої [414], у дидактиці виділяють різні функції методологічних знань.

Насамперед, методологічні знання є умовою формування наукового світогляду учнів. По-друге, методологічні знання виконують генералізуючу гуманітарну функцію. По-третє, у процесі формування структурних елементів системи наукових знань, до складу якої входять методологічні знання, здійснюється формування природничо-наукового мислення. По-четверте, методологічні знання є засобом досягнення системності знань і реалізації принципу свідомості.

Методологічні знання є ефективним шляхом здійснення інтеграції предметів природничо-наукового циклу та формування на цій основі сучасного стилю мислення школярів, формування узагальнених умінь, що мають властивість широкого переносу [16]. Отже, методологічним знанням притаманна така якість як функціональність, яка забезпечує реалізацію міжпредметних зв'язків між навчальними дисциплінами, сприяє формуванню наукової картини світу. Подібної думки притримуються й інші дослідники, зазначаючи, зокрема, що посилення методологічного компонента служить цілям інтеграції природничо-наукових дисциплін, будучи змістовною основою зміцнення міжпредметних зв'язків [322]. Ю. А. Самоненко на основі системно-діяльнісного підходу пропонує створювати так звані концептуальні схеми для розкриття структури і змісту предмету вивчення. На його думку, такі концептуальні схеми є вихідним пунктом розвитку уявлення учнів про структуру навчальної дисципліни, вони визначають субординацію понять, законів і теорій у предметній галузі відповідно до їх статусу у системі наукового знання.

Враховуючи описану вище дуалістичність підходів до розуміння сутності поняття «методологічні знання», вченими вказується на дуалістичність виконуваних ними функцій, а саме: пізнавальної (об'єднання знання про методи пізнання в конкретній галузі) та перетворювальної (використання знань про методи пізнання у діяльності) [189]. Схожої думки дотримуються й інші вчені, зазначаючи, що функціями методологічних знань є дескриптивна (рефлексія вихідних посилок та принципів дослідницької діяльності, яка здійснюється постфактум по відношенню до нової діяльності) та нормативна (рефлексія формально-організаційної сторони діяльності, що планується) [189].

Взагалі відомості про види знань, в тому числі й методологічні, та формування вмінь використовувати їх в процесі навчання є однією з складових цілеспрямованої діяльності з формування цілісності знань про живу природу [350].

А. В. Степанюк досліджено проблему реалізації міжпредметної інтеграції знань [350] та теоретично обґрунтовано необхідність проведення спеціальної цілеспрямованої діяльності з формування в школярів методологічних знань. Дослідницею пропонується враховувати при цьому три типи зв'язків між неживою і живою природою: генетичний, структурний і функціональний.

Генетичний зв'язок, на думку А. В. Степанюк, реалізується на рівні шкільних програм, оскільки враховує висхідну лінію еволюції природи.

Структурний зв'язок ґрунтується на ідеї матеріальної єдності світу, яка проходить червоною стрічкою через зміст природничих дисциплін впродовж всього терміну навчання в школі.

Функціональний зв'язок є багатоаспектним, оскільки, по-перше, враховує еволюцію форм руху матерії від фізичної через хімічну до біологічної. По-друге, враховує вплив соціальної форми руху матерії на біологічну. По-третє, ґрунтується на ідеї про те, що всі природні системи функціонують на основі єдиних загальних законів. У своїх дослідженнях А. В. Степанюк вказує на те, що генетичний та структурний зв'язок між формами руху матерії слід взяти за основу міжпредметної інтеграції навчальних курсів. У їх основу покласти ідею еволюції форм руху матерії. При цьому фізична картина світу має стати ядром природничо-наукової картини світу, що формується по завершенню навчання в середній школі. На основі проведеного аналізу змісту

природничих дисциплін, А. В. Степанюк наголошує, що описаний вище підхід можна застосовувати не для всього навчального природничого знання, оскільки окремі його елементи є суто фізичними, хімічними, біологічними. Розкрити учням цілісність живої природи, на думку дослідниці, можна за умови поєднання внутрішньої та міжпредметної інтеграції змісту навчального матеріалу.

Підкреслимо, що ґрунтуючись на ідеї про еволюцію та генетичний зв'язок форм руху матерії, А. В. Степанюк висловлює тезу про те, що біологічна форма руху матерії є «системою систем».

Методологічним знанням, на думку Н. В. Кочергіної [194], надається провідна роль розвитку в учнів наукового світогляду, мислення та інших аспектів, що характеризують людину як особистість. Останнє порушує питання про аксіологічність методологічних знань. Особливого значення ця теза набуває з врахуванням зазначеного вище, а саме того, що система методологічних знань включає знання про закономірності сучасного та історичного розвитку конкретної предметної галузі.

Метою формування системи методологічних знань, як сукупності взаємопов'язаних видів знань, є вироблення в учнів системних знань з навчального предмета, системних методологічних знань та методологічних умінь. Методологічні знання, на думку Н. В. Кочергіної, виконують дуалістичну функцію. З одного боку забезпечують комплексне вирішення завдань навчання, виховання і розвитку, з іншого – пояснення і систематизацію знань. Названі функції відображають значення методологічних знань в освіті учнів та їх роль у науковому пізнанні відповідно [194].

С. М. Похлебаєвим [295] природничі поняття, такі як «матерія», «рух», «форми руху», «взаємодія», «віддзеркалення» («інформація»), «речовина», «поле», «маса», «енергія», «дифузія», «форма» виділено в особливу групу фундаментальних взаємопов'язаних природничих понять і вказано, що на цій основі доцільно розробити методологічні та змістовні основи наступності вивчення фізики, хімії, біології. Реалізація цієї концептуальної ідеї сприятиме забезпеченню формування в учнів теоретичних знань і природничо-наукового мислення. Виділені поняття, як зазначає вчений, є категоріальним апаратом законів (збереження маси, енергії, електричного заряду, законів термодинаміки та ін.) і теорій (електронна теорія речовини, квантова теорія світла та ін.), загальних для дисциплін природничого циклу.

Підкреслюючи необхідність формування методологічних знань у єдності з прикладним знанням, Ю. Б. Альтшулер [4] зазначає, що методологічні знання можуть розв'язати ряд актуальних проблем сучасної освіти, зокрема, забезпечення системності знань, зближення наукового та навчального знання, інтелектуальний розвиток старшокласників. У своїх дослідженнях вчений спирається на визначення методологічних знань за Н. С. Пуришевою, згідно якого методологічні знання – це знання про загальнонаукові терміни, про структуру знань, про методи пізнання – емпіричні та теоретичні. На основі проведеного аналізу психолого – педагогічних досліджень, Ю. Б. Альтшулер констатує, що формування методологічних знань у школярів є найбільш ефективним у віці 15-16 років, тобто в старших класах. Це, зокрема, пояснюється, недостатнім розвитком абстрактного і логічного мислення у більш ранньому віці.

Під методологічними знаннями також розуміються знання про пізнавальні засоби, методи, прийоми, що використовуються у певній науці, знання про принципи організації пізнавальної та практико-перетворювальної діяльності, при визначенні об'єкта та предмета науки, знання про методи науки, взаємозв'язок теорії й практики, знання про мову методології науки та знання про нові методології в науці (синергетика, комп'ютеризація) [204].

Підсумовуючи проаналізовані підходи до розуміння місця й функцій методологічних знань у системі знань, можна відмітити, що більшість дослідників вказує:

- по-перше, на важливе значення методологічних знань для здійснення процедур узагальнення та систематизації.
- по-друге, методологічні знання дозволяють формувати не тільки системні знання, а й узагальнені навчальні уміння;
- по-третє, методологічні знання відіграють важливу роль у формуванні світогляду та мислення учнів;

- по-четверте, на основі методологічних знань стає можливою реалізація міжпредметних зв'язків та інтеграція предметів природничого циклу.

Недостатньо з'ясованим питанням з варіативним трактуванням є розуміння місця методологічних знань в системі навчального предмета. Так, згідно одних підходів, методологічні знання внутрішньо притаманні навчальному предмету, органічно включені в його зміст, тобто не є додатковими до основних або предметних знань. Згідно іншого підходу методологічні знання забезпечують максимальну наближеність навчального предмета до базової науки і відповідна методика їх формування вчить учнів розуміти субординацію понять, законів і теорій у предметній галузі відповідно до їх статусу в системі наукового знання.

1.4 Умови та етапи формування методологічних знань як фундаментального елементу системи знань

Взаємозв'язок предметного і методологічного знання, порядку і взаємозв'язку його засвоєння в навчальному процесі є актуальним питанням сучасних досліджень вчених.

Як відмічає Л. Я. Зоріна [118, с. 73], для того, щоб учень засвоїв знання з методологічних питань науки, він «повинен здійснити наступну діяльність: 1) сприйняти інформацію; 2) застосувати її: а) при виконанні спеціальних завдань; б) до аналізу навчальних текстів у відповідності з інструкціями вчителя; в) до організації навчального матеріалу при конструюванні розповіді».

Діяльність вчителя відповідає цим етапам, а саме включає: «1) повідомлення інформації; 2) організацію виконання завдань на розпізнавання понять, де методологічні знання є основою розпізнавання предметних понять; 3) організацію виконання різних завдань з аналізу навчальних текстів; 4) організацію виконання завдань, в яких продуктом рішення є самі методологічні знання» [118, с. 73].

За Н. В. Кочергіною система методологічних знань формується в учнів у три *етапи*: 1) формування уявлень, понять і вмінь, пов'язаних з окремими елементами системи з урахуванням їх виду на конкретному матеріалі; 2) формування уявлень про зв'язки між елементами системи методологічних знань із різних підсистем; 3) формування уявлення про місце кожного елемента знань у системі методологічних знань. При цьому для кожного етапу виділяються свої методи формування методологічних знань і дидактичні засоби [207].

Ю. А. Самоненко [322] вважає, що дидактичні умови, які забезпечують ефективне засвоєння як предметних, так і методологічних знань, припускають діалектичне їх співвідношення в процесі засвоєння змісту навчального предмета. На початковому етапі засвоєння навчального предмета досить обмежене коло методологічних понять служить опорою засвоєння його наукових основ. На цьому етапі засвоюються основні поняття і структура предметних знань, відпрацьовуються уміння вирішувати типові завдання, що відносяться до різних тем курсу, що вивчається. Достатній рівень засвоєння предметних знань і вмінь створюють базу для оволодіння на наступному етапі більш широким колом методологічних знань. Підкреслимо, що така позиція співзвучна до думки Ю. Б. Альтшулера про доцільність формування системи методологічних знань саме в старших класах.

Для формування відповідних знань і вмінь ученим пропонуються для використання спеціальні задачні ситуації. Найбільш дієвими є ситуації, в яких учні зіштовхуються з необхідністю: а) порівняти підходи до аналізу раніше вирішених завдань з різних тем, розділів, де конкретні методи рішення відкриваються як деякі загальні способи або стратегії аналізу проблемної ситуації; б) здійснити системи перетворюючих дій, об'єктивно необхідних для вирішення задачі, склад яких повинен відповідати процедурам методу, що формується.

Ю. А. Самоненко вказується на важливість методу моделювання, який застосовується при формуванні теоретичного мислення і пов'язаний із розв'язанням текстових задач дослідницького типу. Підкреслюється, що зміст задач такого типу припускає багатоваріантність результатів рішення в залежності від поєднання значень характеристик, на основі яких задається сюжет задачі. Умовою для розв'язання подібних задач є попереднє засвоєння учнями предметних знань.

Проблемність, а звідси і значущість таких завдань у тому, що попередньо неможливо передбачити всі можливі варіанти рішення шляхом перебору, ґрунтуючись тільки на безпосередніх умоглядних уявленнях. Побудова теоретичної моделі надає можливість виділити і в наочному вигляді експлікувати значення характеристик, при яких поведінка досліджуваного об'єкта описується залежностями в рамках одного з можливих варіантів. Крім того, модель також вказує ті граничні значення параметрів, при яких має місце перехід до іншого варіанту поведінки. Такі завдання спрямовані на формування теоретичного мислення. Вони моделюють реальні проблемні ситуації, що виникають у вирішенні наукових і практичних завдань [322]. Отже, на думку Ю. А. Самоненко спочатку учнями мають засвоюватися предметні базові знання, які слугуватимуть основою для засвоєння методологічних знань. При цьому особливо значущим є метод моделювання, оскільки дозволяє оперувати багаточисельними характеристиками і параметрами, створювати їх різноманітні комбінації для вивчення поведінки об'єкта у встановлених межах.

З. Е. Байбагісовою розроблено способи раціонального поєднання методологічного і предметного матеріалу з хімії. Виявлено наступні умови знаходження способів раціонального поєднання зазначених видів знань: а) формування в учнів методологічних знань має бути підпорядковане розкриттю основного змісту предмета хімії; б) «озброєння» учнів методами наукового пізнання має здійснюватися з урахуванням їхнього природного взаємозв'язку; в) формування методологічних знань як виду знання і як способу діяльності; г) якомога більш раннє введення знань про методи пізнання в зміст освіти, так, щоб вони «працювали» в процесі подальшого засвоєння предметних знань; д) збільшення в навчальному процесі частки рефлексії як структури; е) відповідність історичного матеріалу дидактичній вимозі формування уявлень про процес і методи пізнання [16]. Підкреслюється, що необхідно одночасно як посилювати теоретичні основи в змісті і процесі навчання, так і зберігати в ряді галузей емпіричність (фактуальність) навчального матеріалу.

Предметне і методологічне знання, якщо розглядати їх ізольовано, мають свою тактику і стратегію розвитку. Предметна форма знання постійно поглиблює, нарощує себе. Методологічне знання збільшується за рахунок збільшення рефлексивних шарів мислення [377, с. 21].

На основі аналізу підходів до формування методологічних знань як основи системи знань можна зробити висновок, що:

- по-перше, предметні знання розглядаються як підґрунтя для формування методологічних знань;
- по-друге, засвоєння методологічних знань відбувається поетапно;
- по-третє, формування методологічних знань повинно забезпечувати розкриття основного змісту навчального предмету;
- по-четверте, значне місце у справі формування методологічних знань відводиться самостійній роботі;
- по-п'яте, формування методологічних знань, знань про методи пізнання повинно здійснюватися у їх природньому зв'язку.

Слід зазначити, що у літературі існують різні підходи до розуміння зв'язку між поняттями «методологічні знання» та «методи пізнання». Одні вчені вважають, що методи пізнання органічно включені в систему методологічних знань. Інші вважають, що методи пізнання є сукупністю практичних чи теоретичних операцій, дій, а методологічні знання є сукупністю знань про них.

З аналізу існуючих підходів щодо умов ефективного засвоєння методологічних знань, всі їх можна поділити на декілька груп. Спробуємо схарактеризувати умови так:

- нормативні умови (наявність чітких критеріїв та рівнів сформованості методологічних знань);
- організаційні умови (дотримання етапності у формуванні методологічних знань, володіння вчителем знаннями про структуру методологічних знань та методику їх формування);
- змістовні умови (забезпечення зв'язку предметних та методологічних знань, визначення факторів відбору елементів методологічних знань, що формуються, їх обсягів або зв'язку між елементами);

- методичні умови (сукупність конкретних методів та прийомів, організаційних, логічних та технічних засобів формування методологічних знань).

1.5 Рівні засвоєння та критерії сформованості методологічних знань

Виділення методологічних знань фундаментальним елементом системи знань порушує питання виокремлення рівнів та критеріїв їх засвоєння учнями, оскільки успішне формування системних знань про живу природу можливе за умови формування у школярів знань про їх види, структурно-логічні схеми їх опису, принципи побудови системного пізнання в цілому [6].

З. Е. Бійбагісовою [16] виділено три рівні володіння методологічними знаннями – знаннєвий, діяльнісний та ціннісний.

Н. В. Кочергіною [194] застосовано дещо інший більш структурно складний підхід до виділення рівнів системи методологічних знань, а саме за основу взято, по-перше, рівні наукового методологічного знання (філософський, загальнонауковий, конкретнонауковий) в їх сучасному розумінні. По-друге, структурування системи методологічних знань відповідає провідним принципам, ідеям, підходам у рамках кожного рівня і включає знаннєвий та операціональний компоненти. Тому в залежності від глибини засвоєння методологічні знання формуються на рівні впізнавання, відтворення, застосування. По-третє, в залежності від ступеня узагальненості знання методологічні знання можуть бути засвоєні учнями на рівні блоку, підсистеми або цілісної системи методологічних знань. Підкреслюється, що вибір рівня засвоєння конкретного методологічного знання зумовлений загальними і спеціальними цілями навчання дисципліни школярів класів різних профілів.

У підході, що пропонується Ю. А. Самоненко [322], система методологічних знань, що ставить перед собою завдання розумового розвитку учнів, має складну структуру і включає такі рівні: операціональний (обслуговуючий), предметно-специфічний (конкретно-науковий), загальнонауковий рівень методології і філософський (рефлексивний). Вказується, що одним із факторів відбору змісту та визначення структури навчального предмета є взаємовідношення і склад методологічних знань різних рівнів. Підкреслюється, що у зміст методологічних знань повинні входити поняття, що розкривають узагальнену структуру людської діяльності, зокрема – психологічні механізми пізнавальної діяльності.

Вибір показників, за якими оцінюється рівень сформованості методологічних знань Л. Я. Зоріною пояснюється через основну мету їх введення, а саме – перетворення систематичних знань у системні, використання їх для осмислення предметного матеріалу. Для оцінки показників засвоєння методологічних знань використовуються такі завдання [118, с. 74-75]:

1. Виконання завдань на розпізнавання різних елементів теорії.
2. Аналіз навчальних та ненавчальних текстів з метою виділення статусу тих чи інших частин тексту.
3. Аналіз тестів для з'ясування обґрунтованості того чи іншого твердження.
4. Системний виклад різних видів навчального знання (мається на увазі розповідь, побудована у певній послідовності, в залежності від структури об'єкту, про який йде мова).

Виділено критерії, за якими можна оцінити володіння учнями методологічними знаннями [16]. До них відносяться: а) розуміння характеру (рядоположні або підпорядковані) зв'язків між знаннями; б) розрізнення суттєвих і несуттєвих зв'язків; в) розуміння механізму становлення і прояву цих зв'язків; г) розуміння доказовості засвоєних знань; д) розуміння способів отримання знань; е) засвоєння галузей і способів застосування знань; ж) розуміння доступних принципів, що лежать в основі цих способів застосування; з) вербальна характеристика явища; і) ілюстрування значення слова, явища, методу, розуміння якого перевіряється; к) перефразування, підбір словесних аналогій; л) конкретизація (наведення прикладів, класифікація матеріалу); м) узагальнення (формування загального судження, групування матеріалу); н) виведення наслідків із суджень.

У методиці навчання біологічних дисциплін вищої школи умовами успішного формування понять про структурні елементи системи наукових знань є такі: знання викладачем змісту і

значення даного поняття про структурний елемент знань у сучасній науці; визначення «верхньої межі» в засвоєнні змісту поняття про структурні елементи системи наукових знань (що повинен знати студент про конкретне методологічне поняття до кінця вивчення курсу; з'ясування і облік при розробці методики формування методологічних понять «довузівських» уявлень студентів, тобто таких, які були отримані ними в процесі вивчення шкільних предметів, з літератури та інших джерел інформації; нерозривність зв'язку процесу формування понять про структурні елементи системи наукових знань з процесом їх застосування; виділення етапів формування понять, «вузлових точок» збагачення понять; поєднання вивчення текстової інформації про структурні елементи системи наукових знань із самостійною роботою, спрямованою на засвоєння істотних ознак цих понять; використання узагальнених планів вивчення різних структурних елементів знань; використання різних методів навчання з пріоритетом самостійної роботи студентів; розробка системи самостійних робіт, спрямованої на формування понять про структурні елементи системи наукових знань; включення понять про структурні елементи системи наукових знань в систему методологічних знань [403]. Т. М. Шамаєва підкреслює, що однією з умов успішного формування понять є визначення вимог до їх засвоєння. Наприклад, засвоєння студентами поняття «науковий закон» передбачає, що студент до закінчення вивчення курсу розуміє, що закони науки є відображенням законів природи; розуміє, що закони природи є форма вираження загального, внутрішнього, необхідного, повторюваного зв'язку між явищами або властивостями об'єктів природи; розуміє, що дія закону завжди проявляється при наявності певних умов, тобто існують межі застосування закону; знає і може застосувати при роботі з літературою узагальнений план вивчення закону; знає закони, що вивчаються в біологічному курсі, вказує їх межі застосування; може застосувати закони для вирішення пізнавальних завдань, при побудові математичних моделей; знає основні типи класифікацій наукових законів, може навести приклади законів різного типу; розуміє місце закону в науковій системі знань.

Підсумовуючи існуючі підходи до виділення рівнів та критеріїв засвоєння методологічних знань, слід вказати на те, що у педагогічній науці серед науковців відсутня єдність щодо цього. Так, з одного боку виділяються рівні, що ґрунтуються на засвоєнні учнями внутрішньої структури самих методологічних знань, їх елементів (факт, поняття, закон, теорія). З іншої сторони, розрізняють рівні згідно структури самих знань (змістовий, процесуальний або операційно-дійовий та емоційно-ціннісний компоненти). Крім того, рівні виділяються згідно етапів пізнавальної діяльності школярів – впізнавання, відтворення, розпізнавання тощо. Припускаємо, що відсутність єдності серед вчених стосовно критеріїв засвоєння методологічних знань обумовлює й існування різноманітних підходів до виділення рівнів засвоєння цих знань.

Вважаємо, що визначення структурних елементів методологічних знань, впорядкування їх у систему, що має засвоїтися школярами і набути для них особистісного смислу, дозволить більш однозначно і чітко виокремити критерії та рівні сформованості методологічних знань. Необхідна чітка модель системи методологічних знань, що засвоюється школярами в процесі навчання. Ця проблема тісно пов'язана з питанням про структуру системи методологічних знань для учнів старшої школи. Чи повинна ця система відрізнятися в залежності від рівнів навчання, які спільні «точки дотику» є між системами методологічних знань для різних рівнів профільного навчання? Чи обумовлюється зміст і структура методологічних знань цілями навчання? Чи вона єдина у старшій школі безвідносно до рівня навчання? Поставлені питання активують й іншу проблему – проблему джерел конструювання системи знань учнів, в тому числі системи методологічних знань, як фундаментального елемента системи знань старшокласників.

РОЗДІЛ 2

СИСТЕМА ЗНАНЬ З ТОЧКИ ЗОРУ СИСТЕМНО-СТРУКТУРНОГО ПІДХОДУ

2.1 Історичні підходи до методології шкільного природознавства

Концепцією називають історично складену сукупність поглядів на певне явище або процес. Б. Д. Комісаров [187], характеризуючи основні концепції шкільної біологічної освіти, наголошує на тому, що саме стан суспільного та культурного життя в певну історичну епоху визначає структуру і напрямки наукового пошуку в цілому, і цілі та зміст освіти й виховання зокрема. Вчений зазначає, що формування шкільної природничої освіти в цілому і біологічної зокрема відбувалося під впливом методології наукового пошуку, закладеної Ф. Беконем. Основні ідеї цієї методології наступні:

- *емпіризм* (єдине джерело знань – чуттєвий досвід);
- *утилітаризм* (знання приносить практичну користь);
- *індуктивізм* (встановлення закономірностей шляхом узагальнення фактів, здобутих емпіричним шляхом);
- *казуалізм, причинність* (концентрування уваги тільки на пізнання причин явищ);
- *редукціонізм* (пізнання складного через зведення його до простого).

Беконівська методологія призвела до подрібнення сфер пізнання і бурхливого розвитку кількості наукових дисциплін. Продовжувачем беконівських ідей в освіті став Я. А. Коменський. Його основна ідея – відбір з науки того головного, що дозволить зрозуміти учню як загальну побудову світу, так і явища повсякденного життя. Пізнання, на думку Я. А. Коменського, повинно починатися із споглядання речей, які доступні органам чуття, і полягати у встановленні причинно-наслідкових природних зв'язків. Загальна схема учнівського пізнання вкладалася в схему: знайоме – незнайоме, просте – складне, легке – складне, часткове – загальне, конкретне – абстрактне.

На ці основоположні ідеї, як відмічає Б. Д. Комісаров, накладали свій відбиток протилежні за своїм змістом концепції утилітаризму та академізму, формальної та матеріальної освіти. «Антитеза «утилітаризм – академізм» обумовлювала різницю двох типів курсів: «простонародного» – для трудящих та основ наук для панівної еліти. Раціоналісти, прибічники формальної освіти, вважали, що мета навчання – розвиток здібності до логічного мислення. На противагу їм прибічники матеріальної освіти вважали, що головне – знання фактів, при цьому недооцінювали загальний розвиток» [187, с. 6].

С. Б. Кримський [202], характеризуючи історію становлення природничонаукової картини світу, вказує, що можна виділити три основні природничонаукові картини світу: докласичну, класичну і сучасну, яким відповідали три філософських методи: «синкретичний, або стихійно-діалектичний метод античної науки, аналітичний підхід..., діалектико-матеріалістичний метод, що відповідає духу сучасного науково-теоретичного мислення».

С. Б. Кримський наголошує на єдиній природничонауковій картині світу і зазначає, що «жодна фундаментальна теорія сама по собі не може претендувати на подібну картину світу. Наукова картина світу визначається не однією конкретно-науковою концепцією..., а науковим світоглядом, на основі діалектико-матеріалістичного узагальнення даних конкретних наук» [215, с. 213].

С. Т. Сатбалдіна [327], аналізуючи етапи дослідження природи відмічає, що їх можна виділити чотири.

Перша стадія – синкретична, що дала початок натурфілософії.

Друга стадія – аналітична, в ході якої відокремилися як окремі науки фізика, хімія, біологія нарівні з вже існуючою астрономією.

Третя стадія – синтетична, в процесі якої формується цілісний образ Природи на основі розрізнених часткових уявлень.

Четверта стадія – інтегрально-диференціальна, що триває у реальному часі і суть якої полягає у тому, що природознавство розглядається як єдина наука про Природу, у якій Природа є багатограним об'єктом, що описується категоріями «Всесвіт», «Життя», «Розум».

Як стверджує С. Т. Сатбалдіна, «у подальшому пізнанні Природи провідна роль буде належати синтезу знань та інтеграції наук» [327].

Початок методики навчання природознавства відліковується з моменту виходу у світ першого підручника природничої історії В. Ф. Зуєва «Начертание естественной истории» (1786). Підручник мав утилітарно-практичну спрямованість, у ньому перерахування природних тіл поєднувалось з короткими відомостями про їх практичне значення.

Розглядаючи питання про історію шкільних підручників природознавства слід пам'ятати слова М. М. Верзіліна: «Знання історії попереджає повторення помилок, відкриття вже відомих істин, дозволяє використовувати цінні досягнення минулого при вирішенні і дослідженні нагальних для нашого часу методичних проблем» [355].

Огляд навчальних книг з біології здійснимо за матеріалами публікацій С. В. Суматохіна [353; 354; 355] і розпочнемо з кінця XVIII ст.. Це період, коли у Росії створювалась система народної освіти, а саме у 1782 – 1786 роках вперше природознавство стало предметом загальної освіти.

За часи Катерини II для викладання природничої історії використовувалися три книги. Офіційними виданнями були «Начертание естественной истории» В. Ф. Зуєва (1786) та перекладена книга «Зрелище вселення» Федора Івановича Янковича (де Мірієво) (1787).

У якості посібника для гувернерів при домашньому навчанні дітей слугував переклад німецького підручника Георга – Крістіана Раффа «Natur Geschichte fur Kindern» (1778). На російській мові підручник був опублікований у 1785 році, і, як відмічав Б. Є. Райков, являв собою «два товстих томи, в яких описано близько двох тисяч рослин, тварин і мінералів». Виклад матеріалу починається з опису «царства рослин», потім слідує «царство тварин», представлене у висхідному порядку: черви, равлики, поліпи, комахи, павуки, плазуни, птахи, ссавці і людина. Останнім описано «царство каменів». Б. Є. Райков відмічав, що книга Раффа була малозастосовною для шкільного використання [355].

Інша книга представляла собою перекладені на російську мову окремі розділи книги Я. А. Коменського «Orbis Pictus». Окремі частини книги були пристосовані до вітчизняної школи і видані під назвою «Зрелище вселення». Описи тварин у книзі обмежувалися переліком корисних та шкідливих для людини властивостей. Разом з тим наукова достовірність наведених у книзі відомостей сумнівна. Так, до комах у книзі віднесені равлик і дощовий черв'як, до плазунів – скорпіон, до птахів – летюча миша.

З моменту введення природничої історії основним підручником став «Начертание естественной истории» В. Ф. Зуєва. Підручник складався з двох частин, що були видані окремими книгами. У першій частині виділено два відділи: «Викопне царство» - нежива природа та «Прозябаєме царство» - рослини. У другій частині книги описується «Тваринне царство».

Використаний вченим порядок викладення – нежива природа – рослини – жива природа – відрізняється від порядку, загальноприйнятого у французьких та німецьких підручниках 18 ст. У них порядок викладення був зворотнім, а саме: тварини – рослини – мінерали.

У підручнику В. Ф. Зуєва матеріал викладено доступно, ясно, виразно. Текст підручника характеризується простотою граматичних конструкцій та насиченістю фактами. Такий стиль був нехарактерним для письмової мови 18 ст.

Ботанічний відділ «Прозябаєме царство» починається з короткого нарису про життя та будову рослин. Спочатку автор відмічає, що будова прозябаємих є клітинною. Потім описуються частини рослини та їх функції. Після короткого морфо-фізіологічного вступу у підручнику поданий огляд рослинного світу. Автор поділив його на дев'ять груп: пальми, дерева хвойні та листопадні, кущі, трав'янисті дикорослі, трав'янисті культурні, мохи, папороті, лишайники, гриби. Такий розподіл свідчить про утилітарну спрямованість підручника. Про це свідчить також те, що найбільшу увагу в книзі приділено опису плодкових дерев, а з трав'янистих рослин – городній, польовій та лучній рослинності. Всього у підручнику описано близько 250 рослин. Описи мають монографічний характер і побудовані за єдиним планом. Нижче наведемо уривок опису жита в підручнику В. Ф. Зуєва, де стиль та мову оригіналу збережено [355]: *«Рожь растение, соломою своею возвышающееся иногда выше человека, имеет колосья длинные в четверть, более и менее плоскватые, с редственными усами; мякина или шелуха, цветы и семена окружающая, гладкая,*

а хребет зубчатый. Ея два сорта: одна зимовая, которая сеется осенью и поспекает в следующее лето; другая яровая, сеется весною и поспекает тем же летом; обе они не различаются ни чем между собою, как токмо временем сеяння; от чего происходит, что озимовая рожь производит большую солому и крупные зерна, нежели летняя. Из измолотых зерен или семян получается мука, смешанная с отрубями, из тонкой плевы, зерно окружавшей, происходящими, которая паче всех хлебных мук склонна к киснутью, потому и пекут из ее черные кислые хлебы; отрубями и мякиною кормят скот и птиц; из рощенных и молотых зерен получается ржаной солод; соломою покрывают дома, жгут вместо дров, делают разные плетенки и уборы, или кормят скот во время неурожая».

У підручнику В. Ф. Зуєва наведено тільки російські назви рослин. Для довідок він склав словничок, який вмістив у кінці другої частини підручника. У словничку були вказані латинські назви перелічених у підручнику рослин.

Друга частина книги присвячена «Тваринному царству». У цьому відділі за основу В. Ф. Зуєв узяв ліннейівську систему тваринного світу. Матеріал тут розташований так же нерівномірно, як і у першій частині. Дуже коротко, всього на 30 сторінках описано безхребетних тварин, а опис хребетних займає 145 сторінок. Із безхребетних тварин найбільше уваги приділено комахам, причому тим, які мають практичне значення для людини (шовкопряд, бджола, міль). У загальній формі сказано про червів та молюсків. Тільки у кінці книги сказано про коралових поліпів та губок, а про найпростіших сказано наприкінці. У підручнику описано 157 видів хребетних тварин. Головна увага приділена ссавцям – хутряним звірам та свійським тваринам. Досить детально описано птахів (52 види). Про земноводних та плазунів сказано дуже коротко. З риб описано переважно промислових риб.

Опис звірів та птахів є монографічним і складеним за таким же планом, що і опис рослин. Спочатку автор описує зовнішній вигляд тварин, потім спосіб його життя і середовище існування. Після цього детально описується практичне значення тварини в житті людини. Біологічних відомостей в описах тварин наводиться значно більше, ніж в описах рослин. Оскільки В. Ф. Зуєв багато подорожував, це дало можливість йому яскраво і більш детально описати тварин, їх поведінку. Нижче наведено опис поведінки оленя (стиль та мову оригіналу збережено): *«Зверь весьма легкой, быстрой и притом пужливой; как скоро услышит какой-нибудь шум, или около себя шорох, тотчас бежит прямо на оный и, рассмотрев, ударяется прочь, покуда увидит себя в совершенно спокойном месте».*

Підручник «Начертание естественной истории» використовувався у вітчизняній школі з 1786 по 1828 рік.

Підручник В. Ф. Зуєва слугував основним друкованим засобом навчання у гімназіях і при Олександрі І. На початку 19 століття викладання природничої історії значно розширилось і зміст підручника «Начертание естественной истории» був недостатнім. За цієї причини були підготовлені нові підручники.

Академіком В. М. Севергіним був виданий у 1804 році новий підручник з мінералогії «Краткое начертание минералогии для гимназий». У ньому було описано понад 400 мінералів, значно більше, ніж у В. Ф. Зуєва.

У гімназіях олександрійської епохи був широко поширений підручник І. О. Двигубського «Начальные основания естественной истории» (1820). Він складався з трьох частин, які присвячені неорганічним тілам, рослинам і тваринам. При створенні своєї книги І. О. Двигубський взяв за основу свій переклад книги Г. Міллена «Начальные основания естественной истории». Цей підручник, написаний у 1774 році, за змістом значно поступався підручнику В. Ф. Зуєва [355].

Ще одним підручником, що поступався підручнику В. Ф. Зуєва, був перекладений підручник Блуменбаха «Руководство к естественной истории» (1797). Вперше він був виданий на німецькій мові у 1779 році. Це означає, що вітчизняну школу перекладачі знову забезпечили застарілою німецькою книгою [355].

Книга Блуменбаха складалася з трьох частин. У перших двох частинах переважає систематика тварин і лише одна глава другої частини присвячена рослинам. У третій частині описуються викопні тіла та скаменілість.

З 1809 року у гімназіях використовується підручник А. М. Теряєва «Начальные основания ботанической философии». У ньому дається історичний нарис розвитку систематики, описується система ботанічних дисциплін, містяться відомості про правила і процедури визначення рослин. Цей підручник ґрунтувався на працях К. Ліннея, так, для видозмін кореня у підручнику А. М. Теряєва було використано більш ніж 20 морфологічних позначень, для стебла – 65, для листка – 139.

«Начальные основания ботанической философии», за висловлюванням Б. Є. Райкова, зробили ботаніку «мішенню проклять і джерелом зубовного скрежету багатьох поколінь учнів».

Стан природничо-історичної освіти ще більш погіршився після того, як у 1821 році в якості офіційного видається підручник І. І. Мартинова «Три ботаніка». У підручнику описані три системи класифікації рослин: система К. Ліннея, заснована на кількості та розташуванні маточок та тичинок у квітці, система Іосифа Турнефора, який класифікував рослини за формою віночка, система Антуана-Лорана Жюсьє, заснована на сукупності усіх зовнішніх ознак рослин.

Загальний недолік підручників І. І. Мартинова та А. М. Теряєва – дуже великий об'єм тексту, рядоположність головного та другорядного, надмірність довідникових відомостей, відсутність питань і завдань, надмірна кількість термінів.

Таким чином, з 1786 року по 1826 рік у вітчизняній школі використовувались два оригінальних вітчизняних підручника: «Начертания естественной истории» В. Ф. Зуєва та «Краткое начертание минералогии для гимназий» В. М. Севергіна. Всі інші підручники були перекладами застарілих для першої половини 19 ст. німецьких та французьких посібників.

У першій половині царювання Олександра I стан природознавства був печальним. У результаті освітньої реформи 1828 року природознавство виключається з числа предметів, що викладаються у вітчизняній загальноосвітній школі – немає предметів, немає і підручників. Такий стан зберігався 26 років [355].

У ході шкільної реформи 1841-1852 років природознавство відновлюється у гімназіях як навчальний предмет [354]. З цією метою затверджується спеціальна програма, в якій позитивним моментом стало введення пропедевтичного курсу для 1 класу. Також за цією програмою передбачалось введення курсу анатомії та фізіології людини в VII класі. Отже, з 1852 року в гімназіях як окремі дисципліни почали викладатися ботаніка, зоологія, анатомія та фізіологія людини. Для цього за дорученням Міністерства народної освіти було підготовлено три офіційних підручника – із зоології, ботаніки та мінералогії.

Підручник із зоології «Руководство к зоологии» був написаний Ю. І. Сіماشко. Книга була гарно поліграфічно оформленою, містила багато ілюстрацій, деякі з них кольорові. За змістом цей підручник був ґрунтовним оглядом класів, рядів, родин, родів і видів тварин. У ньому описано близько 400 родин і двох тисяч родів тварин. У підручнику було використано 2 види шрифту – великий та дрібний. Першим друкувалося те, що було обов'язковим для засвоєння, «для досягнення мети викладання», дрібним – ті частини курсу, які хоча і не можуть бути пропущеними, але дозволяють можливість вибору, ґрунтуючись на основних положеннях. Однак, використовувалась ця книга не у відповідності з задумом автора. Як відмічає відомий педагог 60-х р. XIX ст. Д. С. Михайлов: «Цей підручник відомий всій Росії, і горе було вчителям та учням, які мали з ним справу» [354].

Офіційний підручник ботаніки був написаний професором Петербурзького університету І. О. Шиховським під назвою «Стисла ботаніка. Курс гімназичний». У цьому підручнику автор окрім латинських назв наводив назви французькі, німецькі та польські. Крім того, І. О. Шиховський у підручнику намагався називати роди рослин на честь вчених, що працювали на поприщі науки. Для цього у підручнику були використані такі видові назви як Гюльденштедтія, Бруссонеція, Железновія, Криницькія, Штубендорфія, Енгельдарттія та ін..

Зміст підручника І. О. Шиховського був просякнутий ідеями релігійно-морального виховання молоді, був погано поліграфічно оформленим і не відповідав гігієнічним нормам збереження зору підростаючого покоління.

Не зважаючи на серйозні недоліки, підручники Ю. І. Сіماشко та І. О. Шиховського зайняли панівне становище серед навчальної літератури у тодішніх гімназіях. Книги більш високої якості використовувалися у небагатьох військово-навчальних закладах. Серед них – підручник

«Природнича історія. Зоологія». Його написав педагог – натураліст О. Ф. Постельс та офіцер А. П. Сапожніков.

Про структуру, методи та порядок викладення матеріалу у підручнику було написано так: «Узявши за основу систему Кювье, з необхідними відступами, внаслідок найновіших відкриттів, укладачі дотримувались наступного порядку:

- 1) Загальний вступ до природничих наук; погляд на природу і поділ природничих тіл.
- 2) Опис будови тіла людини і життєвих відправлень його (анатомія і фізіологія), із вказівкою на відступі від цього в будові тіл інших тварин.
- 3) Загальний погляд на тварин і розподіл їх.
- 4) Спеціальна зоологія, або власне опис тварин, причому кожному головному відділенню передуює загальний огляд охоплених у ньому тварин...» [354].

Не зважаючи на те, що підручник має яскраво виражений систематичний зміст, написаний він був доступною зрозумілою мовою. У ньому також були використані основний та додатковий текст.

Цікавим для свого часу був посібник для військово-навчальних закладів «Природнича історія. Ботаніка», написаний відомим письменником та етнографом В. Далем. Він мав медичну освіту і цікавився природничими науками. У передмові до підручника автор зазначав, що мав на меті дати уявлення молоді про будову та життя рослин, про необхідність їх систематичного розподілу, «про єдність, яку природа зберегла до всього рослинного царства, не зважаючи на безкінечну різноманітність видів» [354]; ознайомити із найбільш важливими для людини рослинами. В. Даль добре розумів цілі навчання ботаніки та уявляв засоби досягнення їх.

У кінці 1860 р. було дозволено викладачам замінити офіційні підручники іншими виданнями. Так, на початку 60-х рр. з'явилися підручники В. В. Григорьєва, Д. С. Михайлова, К. К. Сент-Ілера.

В. В. Григорьєв у підручнику «Елементарний курс природничої історії. Зоологія» зберіг систематичну спрямованість, упорядкувавши матеріал від загальних систематичних категорій до більш конкретних. При цьому обсяг підручника був відносно невеликим – 260 сторінок.

Призначення підручника автор визначив так: «... «елементарний курс природничої історії» може слугувати першим ступенем до вивчення природничої історії настільки, наскільки це необхідно всім і кожному; мета його – слугувати початковим підручником як у шкільному, так і домашньому навчанні...» [354].

Підручник складався з двох не рівних за обсягом розділів. Перший розділ – «Людина». У ньому всього на 30 сторінках описуються анатомо-фізіологічні особливості людського організму.

Другий розділ починається із загальної характеристики тварин. При цьому В. В. Григорьєв порівнює ознаки представників двох царств – Царства Тварини і Царства Рослини.

Після загальної характеристики царства автор дає уявлення про систематику тварин і основні систематичні категорії. Поняття про вид автор розкриває на прикладі всім відомого горобця хатнього: «...ті птахи, яких ми називаємо горобцями, де б ми їх не зустріли, всюди виявляють схожість у всіх своїх ознаках і з відкладених ними яєць вилуплюються такі ж самі птахи, як і їх батьки; тому і об'єднали всіх горобців під один загальний вид, який позначають назвою *горобець хатній*» [354]. Після цього у підручнику описуються систематичні групи тварин, починаючи від ссавців і завершуючи найпростішими.

У підручнику В. В. Григорьєв використав основний та додатковий тексти. До основного тексту у підручнику належать описи зовнішнього виду тварин. Відомості про спосіб життя, середовище існування, харчування, практичне значення тварин подані дрібним шрифтом. Це дозволяє припустити, що ця інформація віднесена автором до додаткового тексту.

У підручнику багато чорно-білих ілюстрацій. Це схеми та малюнки тварин, про яких йде мова у тексті. Закінчується підручник алфавітним покажчиком назв тварин.

Таким чином, підручник В. В. Григорьєва мав ряд достоїнств, ніж недоліків, і повністю відповідав рівню розвитку біологічної та методичної науки другої половини ХІХ ст..

У підручнику Д. С. Михайлова «Курс природничої історії. Стисла зоологія» відсутній опис родів і родин. У ньому одразу після характеристики класів та рядів описуються окремі види тварин.

Д. С. Михайлов не змінив змісту та послідовність курсу, але за рахунок скорочення числа загальних характеристик розширив описи окремих видів. Крім того, він самостійно склав і включив до підручника таблиці, які полегшували засвоєння матеріалу.

«Курс природничої історії. Стисла зоологія» Д. С. Михайлова користувався успіхом, і вчена рада Міністерства народної освіти визнала його найкращим підручником. Він був самим популярним підручником зоології першої половини 60-х р. XIX ст..

Таким чином, у 50-х – на початку 60-х р. у шкільних підручниках переважала систематика. Кожен з авторів підручника намагався скоротити обсяг навчальних книг, «рішень було багато, але всі вони були дуже умовні і мало задовільними» [354].

У 1864 році була здійснена шкільна реформа і 19 листопада 1864 року був затверджений новий статут про гімназії трьох типів: класичних, напівкласичних та реальних. У класичних та напівкласичних гімназіях курс природознавства був розподілений за класами наступним чином [353]:

1 клас (2 уроки) – зоологія і ботаніка; 2 клас (2 уроки) – зоологія і ботаніка; 3 клас (2 уроки) – ботаніка і фізика земної кулі.

У реальних гімназіях часу на вивчення природничих дисциплін відводилось набагато більше, зокрема: 1 клас (3 уроки) – зоологія і ботаніка; 2 клас (3 уроки) – зоологія і ботаніка; 3 клас (3 уроки) – зоологія і ботаніка; 4 клас (3 уроки) – фізика земної кулі; 5 клас (3 уроки) – хімія; 6 клас (3 уроки) – хімія; 7 клас (3 уроки) – анатомія і фізіологія рослин і тварин.

У роботі над статутом гімназій, розробці навчальних планів і програм брав участь відомий вчений, професор ботаніки Петербурзького університету А. М. Бекетов. На той час він був членом вченого комітету Міністерства народної освіти, і його діяльність сприяла поширенню у школі другої половини 19 століття любенівського методу викладання природничих наук.

У 1862 році був виданий підручник Д. С. Михайлова «Підготовчий курс зоології за методом Любена та Габріеля». З 1862 по 1880 рік вийшло п'ять видань книги. У підручнику Д. С. Михайлова було описано 76 видів тварин, наприклад, постільний клоп, жук-плавунець, короп, журавель. З цього списку видно, що автор описав найбільш відомих учням тварин, яких вони могли зустріти у повсякденному житті.

Через 7 років після виходу підручника Д. С. Михайлова видається підручник К. К. Сент-Ілера «Елементарний курс зоології за методом Любена». У передмові автор розкриває адресність підручника, обґрунтовує необхідність вивчення предмету: «Важко вказати в елементарному курсі інший навчальний предмет, де б з такою легкістю можна було перевірити душевну працю дитини стосовно сприйняття відчуттів і утворення правильних уявлень і понять. Недарма майже у всіх психологіях беруться приклади з природничої історії, коли хочуть пояснити ці основні психологічні процеси. Крім того, зв'язок уявлень і понять між собою при вивченні тіл природи такий зрозумілий, навіть для дитини, що вчителю дуже легко мати вплив і на пам'ять учня, піклуючись про те, щоб засвоювані поняття гарно групувалися у душі дитини і тому б легко пригадувались. Одним словом, елементарний курс природничих наук дуже близько підходить до нормальних, щоденних психологічних процесів дитини, які відбулися б і без усілякого викладання, але набувають значну правильність, внаслідок впливу викладача, який повторює і спрямовує цю душевну роботу дитини» [353]. К. К. Сент-Ілер застерігає викладачів від захоплення тільки описовою стороною природничих наук, а також обґрунтовує необхідність використання наочності: «...малюнки у книзі тільки в окремих випадках можуть замінити самий предмет, а повинні слугувати головним чином для того, щоб краще створити уявлення, що отримане від реального предмета» [353].

Характеризуючи структуру власного підручника, К. К. Сент-Ілер зазначає, що вивчення різноманітних частин тварини викладено в такому порядку, який він по власному досвіду вважає найкращим для класної роботи. Його можна дещо змінити, але при цьому необхідно уникати двох крайнощів. Першою з них є суворя, одноманітна схема для всіх тварин, так як завжди краще починати вивчення з тієї частини тварини, яка найбільш цікава. Другою крайністю є безлад, наслідком якого є нечіткість понять і неможливість робити ті висновки про значення органів, які впливають з послідовного вивчення тварини [353].

Підручник «Елементарний курс зоології за методом Любена» був гарно ілюстрованим, з великою кількістю малюнків тварин, про яких йшла мова як у тексті, так і таких, які в підручнику не згадувались. К. К. Сент-Ілер це пояснює так: «Малюнки ці можуть стати в нагоді тоді, коли за будь-якої причини викладач замінює одну тварину іншою. Крім того, учні, розглядаючи ці малюнки, можуть порівнювати зображених тварин з детально вивченими, і знати дещо про них, якщо трапиться їх бачити живими» [353].

Викладення навчального матеріалу про тварин відбувалося у низхідному порядку – від ссавців до членистоногих. Кожному класу тварин був присвячений цикл статей. Наприклад, матеріал про птахів був представлений у статтях «Півень та курка», «Сокіл», «Філін», «Дятел», «Качка», «Чапля», «Ластівка», «Горобець», «Голуб», «Ворона». Кожна стаття включала серію питань для повторення (до 30) і власне опис птаха.

Після опису десяти названих вище птахів у рубриці «Питання для повторення птахів» сформульовано 122 питання, наприклад: «З яких частин складається перо птаха?», «Опишіть яйце птаха», «Чому виводкові птахи не будують таких гарних гнізд як нагніздні?», «Чому перелітні птахи не залишаються у нас взимку?», «На які частини тіла птаха потрібно особливо звернути увагу, якщо хочеш дізнатися, чим птах харчується і як живе?»

Наступна, заключна рубрика «Повторення птахів» починається так: «Птахи подібні до ссавців тим, що у них також є хребетний стовп, дві пари кінцівок та інші кістки. Кров у них червона і тепла, дихають вони також легенями. Птахи відрізняються від ссавців головним чином тим, що не годують своїх дитинчат молоком, висиджують їх із яєць і мають тіло, вкрите пір'ями, а не шерстю» [353]. З цієї цитати зрозуміло, що матеріал рубрики має узагальнюючий характер. За такою ж схемою описаний кожний з класів тварин.

Ще однією цікавою особливістю цього підручника є те, що опис тваринного світу завершується статтею «Для молодих читачів моїх». Вона починається такими словами: «Ймовірно, багато з вас слухали розповіді про тварин та із задоволенням читають книжки, в яких описані різні тварини. Але, щоб добре познайомитись із тваринами, недостатньо тільки читати, а необхідно самому спостерігати за ними...» [353]. У підручнику останньою рубрикою вміщені «Задачі з зоології». Наведемо приклад однієї з них: «Зберіть на кропиві декілька гусениць, чорних, з жовтими смужками і короткими щетинками на тілі. Посадіть їх у банку і годуйте кропивою. Покладіть у банку декілька сухих гілочок. Опишіть детально личинку. Як будуть їсти личинки кропиву? Чи ростуть вони? Чи линяють вони? Через скільки часу вони линяють? Коли стануть вони перетворюватись на лялечки? Яким чином перетвориться личинка на лялечку? Опишіть лялечку. Опишіть метелика, який вийде з лялечки» [353].

Підручник К. К. Сент-Ілера «Елементарний курс зоології за методом Любена» був дуже популярним і витримав 18 видань, останнє з яких з'явилося у 1911 році.

Стосовно до шкільної ботаніки провідником любенівського методу в Росії став М. І. Раєвський. У 1865 році вийшов його підручник «Підготовчий курс ботаніки». У передмові автор зазначає: «Я починаю ботаніку не із загальних понять про рослину і не з наукових термінів, а з опису окремих рослин. Цим шляхом можна розвинути у дітях спостережливість, здатність порівняння і викликати любов до предмету. Із цією метою у мене описано 45 рослин, які можуть бути пройдені навесні та восени за два роки, рахуючи по два уроки на тиждень...» [353]. Підручник М. І. Раєвського широко поширився в школах і витримав 11 видань.

На початку 70-х років інтерес до ідей А. Любена зростає настільки, що в Росії видаються переклади творів цього педагога. А. М. Бекетов переклав «Порадник до систематичного вивчення ботаніки для шкіл і самонавчання Августа Любена». Інший видатний вчений – біолог І. І. Мечников переклав «Порадник до систематичного вивчення зоології та антропології для шкіл і самонавчання» [353].

Окрім підручників були перекладені і методичні роботи А. Любена. Так, у 1878 був перекладений «Стислий поради до систематичного вивчення природничої історії у початкових школах, реальних училищах, гімназіях і семінаріях, із багатьма задачами і питаннями Августа Любена».

Об'єднані любенівським методом К. К. Сент-Ілер, Д. С. Михайлов, М. І. Раєвський створили оригінальні вітчизняні підручники з природознавства. У поліграфічному виконанні книг

використовувались різні шрифти (курсив, жирний, напівжирний) для виділення назв розділів, тем, параграфів, відділення основного тексту від питань і завдань. Викладання за цими підручниками було краще, ніж заучування систематичних характеристик [353].

У посібниках з природничої історії початку 19 століття переважала академічна орієнтація. Послідовність глав відображала послідовність етапів дослідження: розчленування природного тіла на частини (анатомія), опис їх числа, положення та пропорції (морфологія), побудова системи і її використання для розпізнавання та класифікації об'єктів (систематика) [353-355].

Як негативна реакція на академізм (суха термінологія, велика кількість описів зовнішніх форм і ознак) пропонувалось й інше вирішення проблеми «наука та навчальний предмет» – розгляд природи за допомогою емоційних та образних розповідей про живі істоти. Прибічниками такого підходу були німецький натураліст і поет Гьоте та природознавець, географ та мандрівник О. Гумбольдт. Останній вважав, що «багатство природознавства полягає не у рясності фактів, а у їх взаємній обумовленості» [187, с. 7]. Уявлення про реалізацію цих ідей дають відомі широкому колу читачів популярні твори німецького зоолога, мандрівника та просвітителя А. Е. Брема.

Переламний момент у методології природничо-наукового пізнання відбувся у другій половині 19 століття під впливом робіт Ч. Дарвіна. Під впливом дарвінізму виникли такі дисципліни, як екологія та генетика, набули еволюційного осмислення морфологія, систематика та фізіологія. На кінець 19 століття оформилась цитологія, об'єкт вивчення якої був «сконструйований» клітинною теорією [187, с. 7].

Закономірно, що нова структура науки про життя ввійшла в шкільну природознавчу освіту. Шляхи такого входження були намічені О. Я. Гердом. Він помилково вважав, що Ч. Дарвін створив своє вчення суто індуктивно шляхом накопичення і узагальнення фактів. Тому, на думку О. Я. Герда, учні мають відтворити ці етапи наукового пошуку вченого і спочатку засвоїти необхідний фактичний матеріал, побудований в еволюційній послідовності, а потім відкрити для себе дарвінізм.

На противагу вищезазначеному підходу В. В. Половцов вважав, що еволюційне вчення проникає у всі шкільні курси у замаскованому вигляді (розташування описів видів у «висхідному порядку», насичення їх матеріалом аутоекології, великою кількістю прикладів адаптацій).

У радянській школі метою всієї системи освіти стає всебічний розвиток особистості. Але, як відмічає Б. Д. Комісаров, «...вдале формулювання цієї глобальної мети саме по собі не забезпечує адекватних засобів її реалізації, про що свідчить історія розвитку біологічної освіти...» [187, с. 8].

У перші десятиліття Радянської влади традиційні шкільні курси насичувались еволюціонізмом. На думку одних методистів, він повинен був слідувати як загальний висновок із засвоєних фактів, на думку інших методистів, еволюціонізм мав би пронизувати увесь зміст шкільного природознавства, починаючи з перших етапів його вивчення [187].

У 20-х роках школу поглинула хвиля утилітаризму. До змісту шкільної біології були включені утилітарно-практичні курси «Свійські тварини», «Культурні тварини», «Шкідники», «Бур'яни».

Характеризуючи в цілому концепції шкільної біологічної освіти, Б. Д. Комісаров наголошує, що школа на радянському просторі розвивалася в періоди активного творчого пошуку нового змісту і структури (1918 – 1927), поєднання утилітаризму у середніх класах і академізму у старших класах (1927 – 1932), поєднання політизації та атеїзму (1932 – 1937), академічної деградації і псевдоутилітаризму (1938 – 1965), відродження академізму з елементами політехнічної спрямованості та зверненням до наукового світогляду (1965 – 1990).

За радянський час у фонд досягнень загальної методики увійшли теорія розвитку понять, обґрунтування принципів відбору змісту і структури окремих біологічних предметів і побудова системи навчання за ними, створення комплексів засобів навчання, розвиток теорії методів та системи форм організації навчально-виховного процесу, з'ясування основного змісту і головних напрямків виховання, визначення шляхів розвитку наукового світогляду, розробка проблем політехнічного навчання, міжпредметних зв'язків, розвитку мислення, пізнавальних інтересів у процесі навчання біології [300].

На думку деяких дослідників, на сьогодні панівною вихідною концепцією, що визначає зміст навчального предмета, є позитивізм [220].

Позитивізм – концепція, згідно якої все істинне позитивне знання зводиться до даних окремих наук або їх сукупності, а філософія – до суми висновків з наукового знання [187]. Він спирається на такі постулати [220]:

1. Факти не залежать від теорії, отже, сукупність фактів дає можливість перейти до теорії.
2. Наукове знання характеризується кумулятивним поступальним розвитком.
3. Нова теорія повинна охоплювати стару, бути більш загальною.
4. Історія науки не є цінністю для сучасного дослідження, оскільки містить остаточно визнані помилки.
5. Філософія не потрібна науці, оскільки наука тяжіє до узагальнень, спираючись лише на експериментальні факти; наука сама собі філософія.

Дослідження П. Дюгема, О. Любищева, Т. Куна та П. Фейєрабенда дали можливість переглянути позитивістську концепцію. Ними було доведено, що факти й теорії не незалежні. Теорію неможливо вивести тільки з фактів. Беззаперечним є те, що факти знаходять за допомогою теорій, а у різних теоріях один і той самий факт має різне значення. При цьому кількість фактів, які свідчать на користь теорії, не завжди є вирішальним фактором її прийняття. Так, з великої кількості накопичених фактів теорія відбирає тільки найважливіші для неї. Внаслідок цього на конкретний історичний момент в науці існує декілька конкуруючих теорій, що є джерелом подальшого розвитку науки. Під час переходу до нової системи поглядів разом з хибними відкидаються й цінні, які з часом спливають за нової наукової революції. «...З цього погляду минуле науки – не цвинтар з могильними плитами над навіки похованими помилками, а зібрання недобудованих ансамблів, багато з яких було не закінчено не через хибність задуму, а через несвоєчасність або через надзвичайну самовпевненість будівничих» [220]. З огляду на вищесказане, виходить, що навчальний предмет так чи інакше спрощує науку та її історію. Наука догматизується, відривається від контексту свого історичного розвитку. В учнів формується ставлення до фактів та теорій як до незмінної істини.

Таким чином, короткий огляд основних історичних концепцій шкільного природознавства свідчить про те, що основним питанням при визначенні методологічних орієнтирів природничої освіти була проблема співвідношення науки та навчального предмета (див., наприклад, [199]). Її розв'язання було і є необхідним для визначення: 1) джерел конструювання змісту навчального предмета; 2) структури та принципів функціонування дидактичної моделі навчального предмета; 3) механізмів включення наукових, методологічних, історико-наукових та інших видів знань у зміст шкільної дисципліни тощо.

Більш детально питання про співвідношення науки та навчального предмету «Біологія» буде розкрито у наступних підрозділах, а про обмеженість прийняття позитивістської концепції пізнання як методологічного базису педагогічних досліджень, буде сказано нижче у роботі.

2.2 Категорія «парадигма» в науці та освіті

Як було продемонстровано у підрозділі 2.1, історичний аналіз розвитку природничих дисциплін показує, що основи конструювання їх змісту відповідають методологічному погляду на розвиток науки.

Найвідомішими методологічними дослідженнями другої половини ХХ століття, які змінили погляд на розвиток науки, в тому числі й дидактики, стали праці Т. Куна, хоча в працях й інших вчених відбилась ідея зміни образу науки (І. Лакатос, О. Любищев, М. Полані, П. Фейєрабанд) [220].

Термін «парадигма» був введений позитивістом Г. Бергманом, однак пріоритет у його використанні та поширенні належить Т. Куну, хоча «більш глибокий методологічний пласт результатів його дослідження й досі не використовують у теорії змісту навчального предмета...» [220].

Відомо, що термін «парадигма» був запозичений педагогікою із філософії, де воно має декілька дефініцій. В античній та середньовіковій філософії воно характеризує сферу вічних ідей як першобраз, зразок, у відповідності з яким бог-деміург створює світ суцього. У сучасній науці парадигма визначається як система теоретичних, методологічних та аксіологічних настанов, прийнятих в якості зразка рішення, що поділяється всіма членами наукового товариства.

Парадигма – (грец. приклад, взірць) – теорія або модель постановки проблем, прийнята за взірць дослідницьких завдань певним науковим співтовариством [74].

Парадигма – сукупність теоретичних та методологічних передумов, що визначають конкретне наукове дослідження, яке втілюється в науковій практиці на даному етапі. Парадигма є підставою вибору проблем, а також моделлю, зразком для розв'язання дослідницьких задач [395; 396; 397; 398].

Парадигма – система уявлень, характерна для визначення етапу розвитку науки, культури, суспільного життя [276].

Парадигма – загальні тенденції, напрями в розвитку думки, осмислення дійсності, що формують певний філософський період і у вигляді провідних, домінантних ідей, поглядів, підходів, виявляються у різних сферах людської діяльності (у науці, культурі, мистецтві), наприклад, П. світоглядна, П. соціокультурна тощо [275].

Парадигма – визнання наукових досягнень, які впродовж певного часу надають співтовариству моделі постановки проблеми та їх вирішення [345].

Поняття «парадигма» Т. Кун вживає для позначення загальноприйнятих науковою спільнотою прикладів практики наукових досліджень, які включають закони, теорії та їх практичне застосування. Вони надають можливість висувати проблеми і обмежувати допустимі рішення. Так формується традиція розроблення певної галузі, яку Т. Кун визначає поняттям «нормальна наука». Під останньою розуміється дослідження, що спирається на відкриті закони, принципи й методи як на модель постановки та розв'язання проблем. Поняття «нормальна наука» та «парадигма» тісно пов'язані між собою і «так само пов'язані і з побудовою змісту навчального предмета, оскільки зміст останнього конструюється на основі образу науки й наукового дослідження» [211; 220].

Т. Кун у книзі «Структура наукових революцій» [211] виділяє два аспекти парадигми: епістемічний та соціальний. В епістемічному плані парадигма представляє собою сукупність фундаментальних знань, цінностей, переконань та технічних прийомів, які є зразком наукової діяльності. У соціальному аспекті парадигма характеризується через наукове співтовариство, яке її поділяє, цілісність і межі, якими вона визначається.

Згідно історичних досліджень Т. Куна, жодна парадигма, яка забезпечує базис наукового дослідження, ніколи не розв'язує проблем своєї галузі. Рішення будь-якої проблеми можуть бути такими, що підтверджують парадигму, або такими, що свідчать проти неї. Тому на певний момент свого розвитку наука містить такі факти й теорії, які протирічать парадигмі. З останніх через час формується нова парадигма.

Запропонований Т. Куном механізм розвитку наукового знання протирічить поглядам на наукове пізнання як процес поступового накопичення наукової інформації. За Т. Куном нове знання не тільки не доповнює існуюче, але й вступає з ним у протиріччя, що призводять до наукової кризи та врешті до наукової революції. Наукова революція змінює понятійний апарат науки, а значить, зміни відбуваються у всіх структурних елементах наукового знання. Виникає питання, яким чином ці зміни відбиваються на змісті освіти?

Відповіддю на поставлене питання є те, що наукова спільнота втілює новий парадигмальний понятійний апарат через створення нових стандартів освіти, навчальних програм, підручників. На конкретний проміжок часу виникає ілюзія, що розвиток науки йде по прямій лінії. Результатом такої ілюзії є «спотворення в уявленні вчених про минуле своєї галузі» [211]. Однією з причин цього в галузі природничої освіти є те, що для природничо-наукових досліджень важливим є результат (факт, знання), а не шлях, яким він здобутий.

Після наукової революції, коли переписано стандарти, програми, підручники, змінено мову та понятійний апарат науки, сам факт наукової революції маскується. Тому в свідомості учня зміст науки представлений тільки фактами, поняттями, законами та теоріями, які відображено на

сторінках підручника. Це призводить до того, що школярі не розуміють співвідношення між фактами та теоріями і в цілому недостатньо усвідомлюють механізм історичного розвитку базисної науки.

О. П. Лещинський у ході проведених досліджень у вищій школі дійшов висновку, що «в основі панівного способу побудови змісту природничих навчальних предметів у вузі лежать парадигми відповідних галузей науки» [220, с. 16]. Такий спосіб конструювання змісту освіти, вважає дослідник, може бути застосований на завершальному етапі професійної підготовки. На базисному етапі вищої освіти, а тим більше в загальній середній освіті, такий спосіб заперечує мету загальної середньої освіти. На матеріалі вузівського та шкільного курсу фізики був зроблений висновок про те, що шкільний предмет є відображенням парадигмального вузівського курсу фізики, що «звужує мислення, обмежує уяву тих, хто навчається, що є притаманним професійній орієнтації. Між тим завдання загальної освіти полягає у формуванні максимально можливого широкого підходу до різних явищ» [220, с. 17].

На думку О. П. Лещинського, посилити загальноосвітній характер шкільних предметів можливо лише на основі зміни методологічної концепції науки, на якій базується побудова змісту навчального предмета. Наводяться аргументи за те, що панівною концепцією науки, що визначає зміст навчальних природничих предметів, на сьогодні є позитивізм. Вважаємо за доцільне перерахувати постулати позитивізму, наведені у першоджерелі [220, с. 17]:

1. Факти не залежать від теорії, від фактів можна перейти до теорії.
2. Наукове знання будується з цеглинок, що постійно накопичуються.
3. Нова теорія має охоплювати стару, бути більш загальною.
4. Історія науки не є цінністю для сучасного дослідження, оскільки містить помилки.
5. Філософія не потрібна науці, наука сама собі філософія.

Водночас О. П. Лещинський активно виступає проти використання позитивістської концепції науки в якості фактору відбору змісту та побудови структури навчального предмета. Зокрема, ґрунтуючись на працях О. Любищева, П. Дюгема, П. Фейєрабенда, формулюється висновок про те, що:

- факти та теорії взаємозалежні;
- у ході наукових розвідок пануючі теорії, концепції можуть виявитися несумісними з прийнятими раніше;
- історія наукових досліджень представляє собою цінність хоча б тому, що в процесі відкидання старих теорій, викидаються і цінні ідеї, які згодом знов стають об'єктом уваги наукової спільноти;
- факти і теорії не є сталими категоріями, вони постійно переглядаються, інтерпретуються по-новому, оскільки є історичними феноменами [220, с. 18].

Підсумовуючи вищезазначене, зазначимо, що завдяки працям і дослідженням Т. Куна категорія «парадигма» вперше була використана на теренах педагогічної науки, зокрема, при визначенні її методологічних орієнтирів. Подальший розвиток ідей Т. Куна в галузі освіти можна побачити у вигляді так званого «поліпарадигмального підходу» як методологічного базису педагогічних і методичних досліджень.

Як відмічає І. Ю. Алексашина [1], «новий образ науки в ХХІ столітті будується в логіці розвитку не самого по собі наукового знання, а в «логіці культури»». Зазначається, що включення людського фактору у число настанов пізнання є новим методологічним орієнтиром пізнання, його новою константою. Природно, що доповнення методологічних орієнтирів науки викликає зміни в цілях, настановах учнівського пізнання. Наголошуючи на гуманітаризації змісту природничо-наукової освіти, І. Ю. Алексашина розглядає інтеграцію знань різних циклів навчальних дисциплін як основний принцип гуманітаризації змісту природничо-наукової освіти. «Основною метою інтеграції в освіті є формування в учнів системності знань як засобу цілісного сприйняття світу та умови подальшої освіти та самоосвіти» [1, с. 25]. Підкреслюється, що однією з першочергових задач відбору змісту освіти на основі принципу інтеграції є визначення характеру інтеграції природничо-наукового, історико-наукового та історико-культурного знання і вироблення рекомендацій по втіленню цього процесу. Основною метою інтеграції, на думку І. Ю. Алексашиної є формування в учнів системності знань, а спеціальною задачею методичних

пошуків є виділення системотвірного фактору, інтегратора або домінанти. Таким фактором може бути загальнонаукова теорія, комплексне явище або об'єкт вивчення декількох наук. У проведеному дослідженні І. Ю. Алексашина аналізує існуючі підходи до виділення системотвірних факторів [1, с. 25–26]. Дослідницею розроблено концепцію, згідно якої системотвірними факторами інтеграції природничо-наукового знання є три ідеї: ідея єдності, цілісності та системної організації природи; ідея взаємозалежності людини і природи; ідея гармонізації системи «природа – людина».

Т. В. Тангамян [360] наголошує на тому, що вивчення учнями біологічних систем, які є відображенням принципу системної організації природи на різних рівнях, застосування системного підходу до їх вивчення, виявлення причинно-наслідкових зв'язків між явищами і філософська інтерпретація біологічних систем сприяють формуванню наукового світогляду учнів, забезпечують міцність їх знань.

Система – це «множина елементів, що знаходяться у взаємних стійких зв'язках, які утворюють певну цілісність, єдність» [360, с. 59]

Вченим виділено ознаки та властивості біологічних систем, які є суттєвими для розкриття принципу системності в біології та формування світогляду школярів. Так, такими ознаками є саморегуляція, надійність і реактивність, потік енергії до системи та здатність системи до самозбереження у незнайомих або нестандартних ситуаціях. Крім того, зв'язки між елементами системи є домінуючими та підрядними, постійними та тимчасовими.

С. Д. Рудишин вважає принцип ДНК – мітозу науково-дослідницьким ядром біології [317]. Підкреслюється, що «захисним поясом ядра біологічних наук» є сукупність біологічних теорій і понять, зокрема, клітинна теорія, синтетична теорія еволюції, систематика живих організмів, ієрархія життя на Землі, типи живлення. Концепція ДНК – мітозу ґрунтується на таких положеннях:

1. Наука є видом діяльності з виробництва об'єктивно-істинного систематизованого знання.
2. Науковим вважається таке знання, що ґрунтується на принципах раціональності, верифікації та фальсифікації.
3. Зміст освіти на методологічному рівні є моделлю соціального замовлення, втіленого в дисциплінах навчального плану.
4. Наукова картина світу існує у вигляді моделі.

С. Д. Рудишин, ґрунтуючись на дослідженнях М. Ж. Гуз, М. М. Сидорович, А. В. Степанюк, підкреслює, що некоректно розділяти цілісну природничо-наукову картину світу (ПНКС) на фізичну, хімічну, біологічну, оскільки модель ПНКС є результатом вияву емерджентних відношень між складовими елементами, якими є конкретно-наукові картини світу.

Принцип комплементарного існування людини та буття Всесвіту як взаємної необхідності [69] ґрунтується на тому, що наявність високоорганізованої матерії є таким же імперативом для існування матерії неживої, як і протилежне їй співвідношення. Авторами цього підходу стверджується, що «природа здатна самореалізовуватися тільки в якості усвідомлюючого (пізнаючого) себе і керуючого собою (за допомогою людини) універсуму, а не у вигляді сліпої, непередбачуваної і беззмістовної стихії, що називається «навколишнім світом або природою» [69, с. 73].

Структура Природи представляє собою ієрархію двохполюсних систем, таких як простір – час, випадкове – необхідне, нуклеїнові кислоти – білки, життя – смерть, клітини – організми [69, с. 80]. Можна навести й інші приклади таких антагоністичних пар, а саме: катаболізм – анаболізм, ріст – розвиток, плазмоліз – деплазмоліз, денатурація – ренатурація, фотосинтез – дихання, гармонія – хаос, гарне – потворне, симетрія – асиметрія та ін.

Нуклеїнова кислота в світлі принципу доповнення розглядається як муза та рушійна сила життя, що «змушує іншу органіку слідувати за собою» [69, с. 77]. Висувається ідея про те, що нуклеїнова кислота знайшла ключ до безсмертя, відкривши процес самоподвоєння, а з метою зменшення ризику збоїв та похибок при самоподвоєнні вона продублювала себе у подвійній спіралі [69, с. 78].

Сутність принципу доповнення для нуклеїнової кислоти полягає і в тому, що вона не може існувати без тісної співпраці із молекулами інших органічних речовин. Підкреслюється, що принцип доповнення надзвичайно яскраво себе виявляє в умовах функціонування живих систем не

в статиці, а в динаміці, в еволюції. Автором наводиться ряд аргументів на користь цього твердження. Зокрема, серед них те, що жодна з частин багатоклітинного організму не може існувати незалежно від інших, будова органів корелює з виконуваними функціями. Іншим прикладом слугує той факт, що статеве розмноження забезпечується двома взаємодоповнювальними клітинами – гаметами. Життя і смерть є також прикладом взаємодоповнення. Обмеженість життя часовими рамками створює умови для прогресивного еволюційного розвитку, оскільки «смертність індивідів створює передумови для розвитку та вдосконалення їх нащадкових форм» [69, с. 79]. Врешті розвиток всього органічного світу є свідченням поєднання протилежностей – випадкового і закономірного. Існує думка про те, що «монополія закономірного» не могла призвести до такого різноманіття форм, а «гола випадковість» не змогла б породити навіть одну життєздатну клітину [69, с. 79].

С. Г. Інґе-Вечтомов [124], спираючись на класичні підходи до розуміння сутності поняття «парадигма», а саме те, що «парадигма не є самим науковим світоглядом, це скоріше його атрибут – його складова у якійсь конкретній галузі знань у певний період історії», ставить питання про те, чи можна вважати біологію наукою. Адже наявність стійкої парадигми – ознака зрілої науки. Водночас періоду становлення будь-якої науки передує період допарадигмальної стадії – стадії накопичення емпіричного матеріалу, збору фактів і незначна кількість теоретичних узагальнень.

За Т. Куном, як підкреслює С. Г. Інґе-Вечтомов, такі галузі біології, як ботаніка, зоологія, класична мікробіологія, анатомія, екологія та фізіологія відносяться до наук, що знаходяться на допарадигмальному етапі розвитку. Такі ж наукові галузі як біохімія, біофізика, молекулярна біологія, генетика дисципліни парадигмальні. Підкреслюється, що їх закономірності описуються математично і їх можна звести до невеликої кількості базових закономірностей. Їх закономірності виражаються з математичною строгістю і зводяться до невеликої кількості базових закономірностей. С. Г. Інґе-Вечтомов робить акцент саме на генетиці, оскільки саме вона розпочала еру математизації біології і перевела останню у сім'ю точних наук.

Позиція С. Г. Інґе-Вечтомова полягає у тому, що такі внутрішні методологічні особливості біології як комплексної науки викликають труднощі у її викладанні. Так, з одного боку всі процеси у живому організмі мають молекулярний характер, а з іншого одним із принципів навчання біології є організоцентризм, що означає орієнтування на цінність життя організму як цілісної системи.

Л. П. Величко також наголошує на тому, що «методичні проблеми в освіті особливо загострюються, коли має місце зміна парадигм» [54]. Так, вченим наводиться приклад змін у змісті освіти наприкінці 60-х років ХХ століття у зв'язку з директивними вимогами привести його у відповідність з розвитком науки, техніки, культури. Такі вимоги вимагали відповідного методичного забезпечення та методичної підтримки. Значну роботу було проведено з підвищення кваліфікації вчителів. Як відмічає Л. П. Величко, на жаль, «запровадження профілізації старшої школи, компетентнісного підходу, незалежного зовнішнього оцінювання результатів навчальних досягнень учнів не набуло достатнього дидактичного обґрунтування, а відтак – і втілення у предметних методиках, на які припадає основне навантаження з реалізації змісту освіти».

2.3 Поліпарадигмальність як методологічний орієнтир сучасного педагогічного дослідження

На даний момент у методиках навчання спостерігається розпливчастість їх методологічних основ. Однією з причин є те, що в змісті освіти відбуваються кардинальні зміни, а, як відомо, наукові факти знаходять своє відображення в навчальному процесі через 40-50 років після їх виникнення [57]. Розв'язання цієї проблеми можливе за умови усвідомлення двох обставин. По-перше, становлення методичної науки відбувається за тими ж законами, за якими розвивається будь-яке наукове знання. По-друге, методичні теорії мають структуру, подібну до структури інших наукових теорій, а саме включають:

1. Методологічні положення, які використовуються у побудові методичних концепцій і які відносять до зовнішнього по відношенню до конкретної предметної галузі середовища.

2. Теоретичні знання, представлені методологічними положеннями, які описують структуру і дії з основними об'єктами теорії, методичною концепцією та її обґрунтування.

3. Емпіричні знання, які представлені методичними рекомендаціями по застосуванню відповідної методичної концепції [57].

У зв'язку з вищесказаним, наголошуємо на тому, що у педагогічній науці існує думка про те, що методологічною основою сучасної педагогіки, а значить і предметних методик навчання, є поліпарадигмальний підхід [421].

Аналіз історико-педагогічного процесу [421] засвідчує, що прихильники різноманітних парадигмальних настанов довгий час знаходились в опозиції, а їх суперечки мали характер непримиренної війни. Так, на кінець 80-х років ХХ століття зусилля вчених були сконцентровані на описі традиційної та гуманістичної педагогічних парадигм, а саме: імперативної та гуманної, нормативно-формуючої та гуманістичної, формуючої та особистісноорієнтованої, когнітивної та особистісної, особистісно-гальмівної та особистіснорозвивальної, «педагогіці необхідності» та «педагогіці свободи», особистісновідчуженої та особистісноцентрованої освіти.

У 90-х роках ХХ століття термін «парадигма» увійшов у педагогічну науку і розглядається як *стала точка зору, певний стандарт, зразок у розв'язуванні освітніх та дослідницьких задач* [421, с. 18]. Однак, єдиного підходу до визначення поняття «парадигма» в педагогічній науці не існує, на що було вказано раніше.

Згідно одного підходу педагогічна парадигма розглядається як характеристика типологічних особливостей та змістовних меж існування суб'єкта педагогічної діяльності у просторі професійного буття. Прихильники цього підходу розмежовують три педагогічні парадигми, поклавши в їх основу якість сприйняття вчителем педагогічних об'єктів, розуміння їх сутності, конструювання освітнього процесу, а саме: науково-технократичну, гуманітарну та езотеричну.

За іншим підходом педагогічна парадигма – сукупність стійких повторювальних системоутворюючих характеристик, які визначають істотні особливості схем теоретичної та практичної педагогічної діяльності та їх взаємодії в освіті.

О. Г. Прикот за типом педагогічної комунікації розрізняє природничо-наукову (експериментальну), технократичну, гуманістичну, езотеричну та поліфонічну парадигми.

Г. Б. Корнетов виділяє три типи освітнього процесу, які представлені парадигмами педагогіки авторитету, маніпуляції та підтримки.

В. Я. Пилиповський виділяє три основні моделі – традиціоналістсько – консервативну, раціоналістичну та гуманістичну (феноменологічну). На його думку, жодна парадигма не може претендувати на безальтернативність у справі реформування шкільної освіти [421].

Таким чином, більшість науковців – педагогів допускають співіснування різних парадигмальних настанов в одних і тих же умовах шкільної освіти при визначальній ролі однієї з парадигм. На основі цього в педагогічній науці склалася думка про парадигмальність як *методологічну основу сучасного педагогічного процесу*. Основні положення і характеристики цього підходу полягають у наступному [421]:

1. Поліпарадигмальність передбачає існування декількох методологічних систем, в межах яких будуються цілісні моделі освітнього процесу. Це конкретизується у формі педагогічних теорій, технологій, систем навчання і виховання.

Гуманізм як багатовимірне явище представлений у педагогіці різноманітними філософськими течіями. Різноманітні його напрямки по-різному розташовують акценти: перенніалізм актуалізує розвиток інтелекту, прагматизм (інструменталізм) – діяльнісної сутності людини, соціальний гуманізм – соціальної сутності, екзистенціалізм – духовної сутності, космізм – космічної свідомості людини.

У педагогіці існує думка про реальну можливість заміни універсальної та єдиної парадигми множинністю освітніх систем, що мають право на співіснування в загальному просторі. Це дає можливість говорити про поліпарадигмальність сучасної освіти. Освітні парадигми можуть відрізнятися між собою як по цілям і змісту, законам і закономірностям, так і за механізмом дії та прояву, а значить, і за результатом.

І. Г. Фомічова [391] пропонує педагогічне знання структурувати у двовимірному просторі: одна вісь відображає модельні (ціннісно-цільові, стратегічні) відмінності педагогічних підходів, друга вісь – їх типологічні (теоретично-технологічні) відмінності, що полягають у механізмі реалізації, рушійних силах виховання. По осі типологічних відмінностей взято за основу авторитарне (авторитарно-пригнічувальне та авторитарно-розвиваюче) і гуманітарне (ненасильницьке та вільне) виховання, а по осі модельних відмінностей – чотири основні типи педагогічної діяльності: геоцентричний, соціоцентричний, натуроцентричний та антропоцентричний.

2. Орієнтація процесів соціалізації та індивідуалізації особистості на різні парадигмальні настанови.

Вирішення протиріччя між процесами соціалізації та індивідуалізації особистості пов'язано з такими парадигмами як традиціоналістсько – консервативна та неогуманістична. Згідно першої процес здобуття шкільної освіти зорієнтований на засвоєння академічних знань. Школа виступає соціальним інститутом, що оберігає культурну спадщину минулого і передає її поколінням людей, що змінюють один одне. Фундаментальна роль освіти полягає у збереженні та трансляції найбільш суттєвих елементів культурної спадщини людської цивілізації, необхідного різноманіття важливих знань, умінь та навичок, а також ідеалів та цінностей, що забезпечують як індивідуальний розвиток, так і збереження соціального порядку.

Неогуманістична парадигма орієнтує на створення такої школи, сутність існування якої полягає у забезпеченні індивідуально значимого учіння, наповненого глибоким індивідуальним особистісним сенсом для учня. Останнє є необхідною умовою для особистісного самовираження.

3. Залежність вибору парадигми від рівня професійної підготовки вчителя.

Добре відомим є той факт, що низький рівень професійної майстерності вчителя пов'язаний з орієнтацією на авторитаризм, жорстку детермінацію навчального процесу вчителем. Гуманістична педагогіка вимагає від вчителя високого рівня професійної майстерності і сформованих педагогічних цінностей.

4. Залежність вибору парадигми від рівня сформованості мотивації навчання школярів.

Раціоналістська парадигма виправдана, коли мова йде про схематичну шаблонну діяльність учнів (заучування, тренінг, дії за зразком). Але в такому випадку і діяльність вчителя, тобто процес викладання, перетворюється на шаблонну діяльність. Водночас, згідно біхевіористської моделі інтелектуального розвитку, раціоналістська парадигма виправдана, коли учень недостатньо схильний до продуктивної пізнавальної діяльності і потребує постійної стимуляції ззовні.

Парадигма гуманістичної педагогіки результативна при роботі з учнями з розвинутою мотивацією учіння та високим рівнем пізнавальної активності. Вона розв'язує питання освіти обдарованих дітей – майбутньої еліти суспільства, якій характерна здатність до самоактуалізації.

5. Поєднання елементів різних парадигм у межах конкретної технології освіти.

Так, якщо для прикладу взяти технологію проблемного навчання, то в її межах розрізняють різні рівні проблемного навчання, або іншими словами, говорять про превалювання різних парадигмальних настанов на різних рівнях вказаної технології. Так, спочатку вчитель спирається на авторитарну парадигму, сам вчитель відбирає проблеми, створює проблемні ситуації, демонструє способи їх розв'язання. Далі учні за допомогою вчителя самі знаходять навчальні проблеми та методи їх розв'язання, що сприяє розвитку пізнавальної активності, творчості та самоактуалізації особистості, що є головною метою гуманістичної парадигми.

6. Існування всередині кожної парадигми більш конкретних парадигм, кожній з яких притаманний свій специфічний набір уявлень про цілі

Якщо розглянути педагогічну спадщину минулого з позицій дихотомії, то з'ясується, що її можна поділити на традиційну (авторитарну) та гуманістичну парадигми. Кожна з них характеризується внутрішнім протиріччям і неоднорідністю, тому що в межах кожної з них є більш конкретні парадигми (напрямки, течії).

Так, наприклад, в межах гуманістичної парадигми розрізняють такі: абстрактний, практичний, універсальний та соціальний гуманізм.

Абстрактний гуманізм декларує повагу до особистості учня, визнає рівність учня і дорослого, але не забезпечує це положення технологічно.

Практичний гуманізм визнає права дитини, надає учню свободу вибору, але в межах змісту, форм та методів навчання. Практичний гуманізм особливу увагу надає технології навчання, що відповідає висунутим теоретичним положенням.

Універсальний гуманізм визнає індивідуальність і унікальність кожної дитини, а роль вчителя зводиться до допомоги дитині у становленні його унікальності. Універсальний гуманізм представлений теорією і практикою вільного виховання, дальтон-планом, методом проектів.

Соціальний гуманізм передбачає розкриття індивідуальності особистості через різноманіття її соціальних зв'язків, створення сприятливої шкільної атмосфери. У радянські часи прикладом соціального гуманізму була теорія колективного виховання.

Прихильники поліпарадигмального підходу наголошують на тому, що методологічний принцип парадигмальності дозволить відійти від притаманної різним парадигмам опозиційності, конфліктності і визначити стратегічні підходи як у теоретичних дослідженнях, так і в освітньому процесі.

Разом з тим прийняття поліпарадигмального підходу як методологічної основи педагогічних досліджень порушує питання про те, що визначає вибір тієї чи іншої парадигми – розвиток суміжних з педагогікою наук, потреба в науковому поясненні одних і тих же педагогічних явищ та процесів з різних «кутів» зору на них, потреба в поясненні педагогічних інновацій або власне розвитком методології педагогіки [38].

Існує думка про те, що в разі прийняття «парадигми» в якості одиниці генезису науково-педагогічного знання, виникне необхідність у запровадженні нового виду експерименту – *фальсифікуючого*, який надасть можливість для визначення переваг однієї гіпотези над іншою. У цьому деякими дослідниками вбачається новизна сучасного методологічного арсеналу педагогічних досліджень [38]. Ними зазначається, що при застосуванні поліпарадигмального підходу в педагогічних дослідженнях зміниться логіка дослідження, яка вимагатиме висунення та перевірку двох або більше гіпотез. При цьому педагогічний експеримент повинен надати перевагу одному з висловлених припущень.

Обмеження розвитку педагогічної науки тільки парадигмальним або поліпарадигмальним підходом було б помилковим, оскільки існує думка про те, що його доцільно застосовувати тільки на макрорівні: «Згідно принципу проліферації або проліфікації (П. Фейєрабенд) макророзвиток науки виглядає як одночасне співіснування одразу декількох парадигм і теорій» [38, с. 26]. Як співіснують педагогічні теорії одна з одною, що визначає вибір тієї чи іншої педагогічної концепції, у яких зв'язках – взаємодоповнення чи взаємовиключення – вони співіснують?

Дати відповідь на ці та інші питання може системна методологія, «атрибутами якої...виступають...з однієї сторони...окремі одиниці розвитку (*парадигми – виділення наше*), з іншої – екстремальні принципи» [38, с. 26]. Останні називають ще оптимальними або варіаційними. Вони характеризуються ознаками фундаменталізму і дозволяють «...пояснити як можна більшу кількість фактів як можна меншою кількістю вихідних положень» (І. Ньютон) [38, с. 26].

Спираючись на принципи системної методології, дослідник у своїй роботі буде спиратися не на окремі принципи та підходи, а на їх поєднання або навіть систему. *Основними методологічними принципами та підходами, які обираються сучасними дослідниками в якості методологічної основи педагогічних досліджень є такі* [38]:

- при формуванні цілісних уявлень про педагогічний об'єкт використовується системний, антропологічний та комплексний підходи;
- при пошуку джерел, механізмів та визначення динаміки розвитку, якісної зміни педагогічного об'єкта можуть використовуватися системно-структурний, функціонально-динамічний підходи, принципи безперервності та дискретності, а також ідеї синергетики, кібернетики, теорії інформації та статистичної ймовірності.
- при розкритті властивостей і описі окремих характеристик педагогічного об'єкта спираються на принципи природо- та культуровідповідності, диференціації, індивідуалізації, гуманізації та технологізації тощо;
- під час визначення соціального значення того чи іншого педагогічного підходу спираються на особистісний, діяльнісний та аксіологічний підходи;

- при визначенні оптимальних шляхів педагогічного управління й організації педагогічного процесу обирають принципи демократизації, гуманізації, варіативності та диверсифікації; процесуальний, функціональний або програмно-цільовий підходи.

Пристрасне відношення до поняття «парадигма» пояснюється, по-перше, незадоволеною потребою дослідників у методологічних опорах, які змінилися, на думку деяких вчених [37], з радянських часів. По-друге, прагненням учених осмислити ті інноваційні процеси, які відбуваються на сучасному рівні педагогічної реальності. По-третє, науковці прагнуть «...знайти універсальний, відповідний прогресивним тенденціям, науково обґрунтований метод перетворення педагогічної дійсності» [37].

Аналіз характеру застосування терміну «парадигма» в дослідницькій та педагогічній практиці дозволяє виділити три різні позиції щодо його розуміння [37].

Перший підхід полягає в тому, що термін «парадигма» належить сфері методології і відноситься безпосередньо лише до дослідницької діяльності, для якої виконує функцію методологічного регулятиву. Ця точка зору відповідає класичній науці, де чітко розмежовується об'єкт і суб'єкт дослідження: суб'єкт знаходиться поза об'єктом, вивчає його зі сторони, не втручається в його життя, розробляє методи і засоби його об'єктивного дослідження.

Згідно другого підходу, поняття «парадигма» належить сфері науки та практики, оскільки парадигма регулює не тільки дослідницьку, але й інноваційну педагогічну діяльність.

Суть третього підходу полягає в тому, що для різних сфер – теорії та практики існують різні парадигми, а саме: для науки – наукова, для педагогічної практики – освітня.

На жаль, перенос поняття «парадигма» із сфери науки в освітню практику породжує, за висловлюванням В. В. Краєвського, так зване явище «парад парадигм» [198]. Дослідник підкреслює, що парадигму не можна розробити, створити, ввести у науку суб'єктивним шляхом. Варто пригадати класичне визначення парадигми, яке йде від Т. Куна: парадигма – система розв'язування наукових задач, визнана членами наукового співтовариства. «Це означає, що парадигма включає сукупність ...фундаментальних знань, цінностей, наукових переконань і технічних прийомів, які виступають в якості еталону наукової діяльності не для одного окремо взятого дослідника, а для всіх...представників наукового співтовариства» [37].

В. В. Краєвський підкреслює, що хоча в деяких педагогічних дослідженнях підкреслюється, що зміна орієнтирів у побудові змісту освіти, процесу виховання і навчання пов'язана із зміною парадигми педагогічної науки, насправді все виглядає інакше. Зокрема, перетворення навіть дуже важливих сфер педагогічної практики, таких як зміст і методи освітньої діяльності – не завжди є причиною зміни парадигми науки. Так, вказується на те, що дослідницька діяльність в галузі особистісно-орієнтованого навчання довела, що нові результати з цієї проблеми можна було отримати в межах вже існуючих дидактичних концепцій і технологій навчання [197].

Значення поняття «парадигмальний підхід» полягає в тому, що в ньому поєднуються ціннісні орієнтації, теоретичні ідеї, способи наукової діяльності і тим самим створюється можливість здійснювати цілісне дослідження, що характеризується єдністю методології, теорії і методики навчання [37].

Підсумовуючи вищесказане, необхідно зауважити, що принцип парадигмальності, або в сучасному звучанні поліпарадигмальності, є одним із актуальних на сьогоднішній день методологічних орієнтирів педагогічного дослідження. Але необхідно зважити всі «за» та «проти» прийняття і перенесення наукової парадигми як методологічної основи дослідження із сфери фундаментальних наук на сферу методик навчання і уникати підміни таких понять як парадигма, технологія та методика навчання.

2.4 Характеристика наукового системного знання

Наука – сфера дослідницької діяльності, спрямована на виробництво нових знань про природу, суспільство та мислення, що включає в себе всі умови та моменти цього виробництва [383].

Наука – соціально-значуща сфера людської діяльності, функцією якої є вироблення й використання теоретично систематизованих об'єктивних знань про дійсність [74, с. 227].

Наука – знання, яке можна систематизувати і яке зазвичай залежить від спостереження і перевірки фактів і формулювання загальних законів [124].

Структура наукового методу описується по-різному. Так, на рис. 2.1 наведено приклад, як виглядає один із варіантів [124]:

Можлива й інша структура наукового методу, а саме [124]:

1. Постановка проблеми.
2. Збір фактів.
3. Формулювання гіпотези.
4. Перевірка гіпотез. Експеримент.
5. Відтворюваність результатів.
6. Значення особистості дослідника.

С. Г. Інґе-Вечтомовим розкривається сутність кожного з виділених вище елементів, але на особливу увагу заслуговує останній. Так, автор справедливо підкреслює, що в міркуваннях про сутність наукового методу мовчазно мають на увазі, що нам доступні всі необхідні вихідні дані, що експерименти дають однозначні результати, а вчені талановиті, сміливі, неупереджені. У реальних умовах це не завжди так. Останній елемент у структурі наукового методу є надзвичайно важливим в межах нашого дослідження, оскільки підтверджує висунуте нами припущення, або скоріше тезу про те, що система засвоєваних школярами знань має таку притаманну їй внутрішню якість як аксіологічність. Нижче у роботі ми будемо більш предметно говорити про характеристики системи знань старшокласників з біології, але, забігаючи наперед, підкреслимо, що аксіологічність є однією з них і одним із її проявів у навчальному процесі з біології є необхідність засвоєння учнями знань з історії науки, зокрема історії відкриттів, життєвого та наукового шляху вчених-біологів. Наука твориться людиною, науковцем, кожен з яких є особистістю з притаманними тільки їй життєвим досвідом та цінностями. Тому, з одного боку наукове знання є об'єктивно істинним, з іншого боку – надзвичайно суб'єктивним, пропущеним крізь призму особистісного досвіду вченого.

Аналіз досягнень методичної науки з природничих дисциплін, навчальних та навчально-методичних посібників, авторефератів захищених дисертацій, монографій, дає підстави стверджувати, що з усіх природничих наук, а відповідно і пов'язаних з ними, як базовими, методик їх навчання в середній школі найрозвинутішою є фізика. Методисти – біологи, зокрема А. В. Степанюк, М. М. Сидорович [335; 336; 337; 338; 340; 341; 349; 350; 351] у своїх дослідженнях неодноразово підкреслювали, що, знаючи особливості, принципи взаємодії науки та навчального предмета на прикладі фізики, можна спробувати екстраполювати їх на модель взаємозв'язку «біологія як наука – біологія як навчальний предмет».

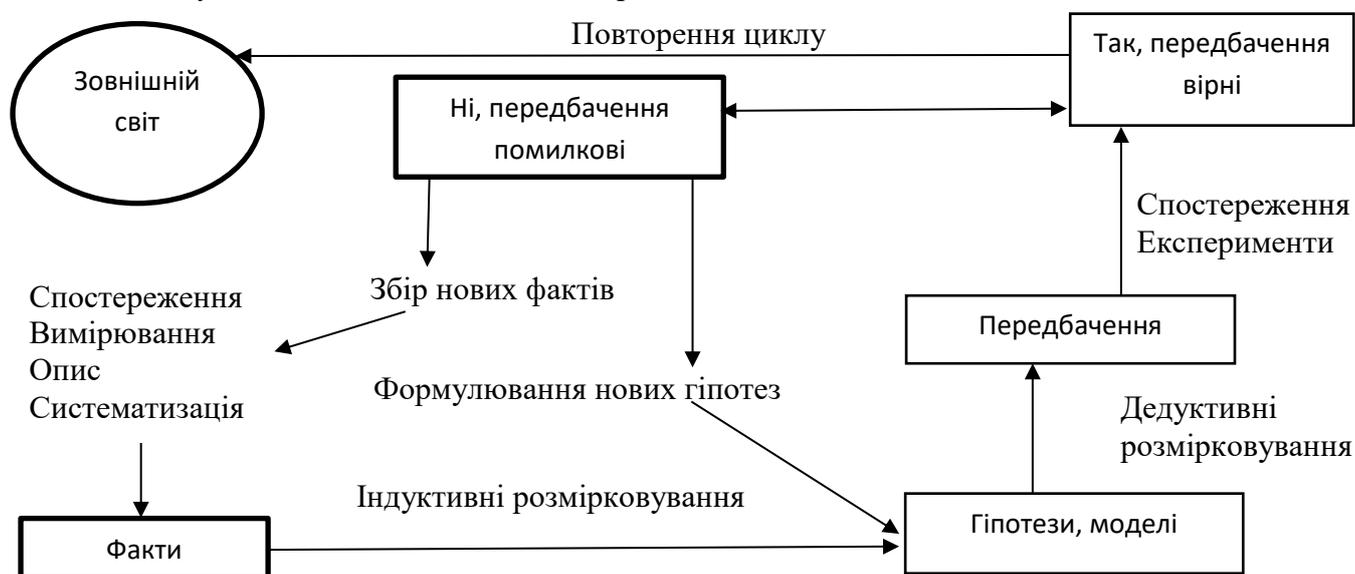


Рис. 2.1 Структура наукового методу [124].

З'ясуємо, що включає в себе поняття «наукове пізнання».

«Процес наукового пізнання (ПНП) – це специфічна форма цілеспрямованої активної діяльності людства, скерованої на ідеальне відображення реальних процесів, явищ і властивостей об'єктів для їх опанування» [79]. Ключовим і інтегруючим поняттям, на нашу думку, у визначенні є слово «відображення». Вважаємо, що воно може бути розглянуте, по-перше, як відображення у знаково-символічній формі – у вигляді слів із літер, формул, математичних знаків і символів тощо. По-друге, відображення у вигляді нематеріальних ідеалізованих образів, що формуються в свідомості людини і зберігаються впродовж певного часу в його пам'яті. У першому випадку мова йде про процес отримання об'єктивно нового знання. У другому – про процес набуття індивідуального особистісного досвіду.

С. У. Гончаренко та Н. В. Пастернак виокремлено універсальні риси процесу наукового пізнання [79].

По-перше, існування об'єктивного джерела та критерію істинності результатів наукового пізнання. Саме науковий факт, який отриманий шляхом спостережень та експериментів, є джерелом пізнання.

По-друге, застосування двох рівнів пізнання – теоретичного та емпіричного.

По-третє, застосування, за визначенням науковців, елементів наукового пізнання – формально-логічних операцій, висунення гіпотез, моделювання тощо.

По-четверте, схематичний характер наукового пізнання, складність теоретичних моделей, застосування різних типів моделей до однієї предметної області чи об'єкту, застосування ідеалізації та абстрагування як засобів моделювання.

По-п'яте, створення та існування системи наукових понять, яка виконує роль мови відповідної науки.

По-шосте, до складу системи наукових понять входять різноманітні елементи, а саме:

- поняття про реальні об'єкти, їх властивості, явища, процеси;
- абстрактні поняття та моделі;
- характеристики об'єктів, властивостей, явищ, процесів;
- поняття про природничо-наукову картину світу, фізичну картину світу, процес наукового пізнання тощо.

По-сьоме, складна структура наукових понять: об'єктивна основа, якісна визначеність, кількісні характеристики з відповідними способами вимірювань; одиницями вимірювань, межі застосовності.

По-восьме, розвиток понять, моделей, теорій відбувається через розв'язання суперечностей між результатами експериментальних і теоретичних досліджень. Крім того, шлях розвитку наукових понять є складним: загальні уявлення – означення – встановлення зв'язку з іншими поняттями – поглиблення і розширення змісту на основі теоретичних уявлень.

По-дев'яте, циклічність процесу наукового пізнання.

Оскільки основним джерелом змісту навчального предмету є базова наука, припускаємо, що перелічені особливості наукового пізнання мають відбиватися у навчальному пізнанні. Проведений нами аналіз досліджень з проблеми взаємозв'язку особливостей наукового та навчального пізнання у галузі методики навчання біології засвідчив, що це питання потребує ґрунтовної подальшої розробки. Так, деякі аспекти проблеми знайшли відображення у працях Б. Д. Комісарова [186; 187], Т. В. Коршевнік [190], М. М. Сидорович [335; 336; 337; 338; 339; 340; 341], А. В. Степанюк [349; 350; 351], а також працях автора [142; 144; 146; 152 та ін.].

У процесі наукового пізнання формуються елементи природничо-наукової картини світу, основою якої становлять уявлення про «якісно різні структурні рівні реальності, пов'язані між собою в ієрархічну систему» [79].

Основними рисами ПНКС за С. У. Гончаренко та Н. В. Пастернак є:

- структурна і системна організація матерії, існування її в просторово-часових масштабах, численних ієрархічно взаємопов'язаних системах;
- різноякісність і специфічність матеріальних об'єктів на різних рівнях розвитку, що результує в існуванні принципової відмінності характерів законів їх існування та відповідних наукових дисциплінах;

- наявність фундаментальних властивостей, притаманних усім природним об'єктам і явищам: збереженість і взаємна перетворюваність певних характеристик, симетрія, закономірність зв'язків, єдність зміни і збереження;
- існування двох типів зв'язків: однозначних (класичних) і неоднозначних (імовірних);
- розвиток, еволюція матеріальних систем.

Як відмічає С. У. Гончаренко та Н. В. Пастернак, «структура навчального предмета повинна відбивати сучасні погляди наукової теорії» [79]. Підхід, висловлений вченими, стосовно сутності побудованої теорії є дуалістичним. З одного боку – це модель фрагмента реальності. З іншого – теоретичний метод дослідження, система взаємоузгоджених теоретичних прийомів, які застосовуються певним чином і взаємопов'язано.

Вченими виділено риси наукової теорії. Перелічимо їх нижче, спираючись на першоджерело [79].

Отже, основними рисами сучасної наукової теорії є:

- нерозривний зв'язок її понять з об'єктивними законами;
- використання прийому моделювання як одного з основних методів побудови теорії;
- застосування кількісних оцінок (характеристик) і відповідного математичного апарату до розглядуваних явищ;
- існування меж застосовності моделі, теорії і одночасне визначення загального, що виходить за ці межі;
- несуперечливість теорії, тобто узгодженість висновків, одержаних різними способами;
- виконання теорією систематизуючої, узагальнюючої, пояснюючої, передбачуваної, методологічної і практичної функцій.

Продовжуючи ідею циклічності, висловлену С. У. Гончаренко, у процесі наукового та відповідно навчального пізнання, слід зосередити увагу на проблемі парадигмальності в науці. Адже, як було описано вище, розвиток будь-якої науки відбувається через призму зміни парадигм, що прийняті науковою спільнотою.

Підсумовуючи вищесказане, зазначимо, що завдяки працям і дослідженням Т. Куна категорія «парадигма» вперше була використана на теренах педагогічної науки, зокрема, при визначенні її методологічних орієнтирів. Подальший розвиток ідей Т. Куна в галузі освіти можна побачити у вигляді так званого «поліпарадигмального підходу» як методологічного базису педагогічних і методичних досліджень. Про нього було сказано вище.

2.5 Взаємозв'язок науки і навчального предмета як джерело системності знань школярів

Аналіз джерельної бази дослідження довів, що науковцями розрізняються біологічна картина світу [350], природничо-наукова картина світу [77], суспільно-наукова картина світу [10], наукова картина світу [50].

Г. О. Васьківською проаналізовано існуючі підходи до розуміння взаємозв'язку навчального та наукового пізнання [50] і виокремлено наступні три:

1. Визнання ідентичності процесів навчання і наукового пізнання (С. Е. Райков, Дж. Брунер та ін.).
2. Розведення цих процесів як неподібних, різних (П. Н. Груздев, Р. Г. Ламберг, Луї де Бройль, К. П. Ягодовський та ін.).
3. Ствердження єдності обох процесів із зазначенням їх відмінностей (М. М. Алексєєв, Л. П. Арістова, Д. В. Вількеєв, М. А. Данілов, В. М. Єсіпов, М. І. Махмутов, І. Т. Огородніков, В. О. Онищук, М. М. Скаткін, Т. І. Шамова, С. А. Шапоринський та ін.) .

Порівняльний аналіз літератури щодо співвідношення та взаємозв'язку наукового та навчального пізнання довів, що їх характерні риси можна узагальнити у наступному:

- в обох процесах відбувається взаємодія активного суб'єкта на пасивного об'єкта пізнання. У науковому пізнанні суб'єктом виступає людина, об'єктом – суспільно-історичний

досвід. У навчальному пізнанні суб'єктом є учень, об'єктом – педагогічно адаптована та трансформована система наукових знань.

- під час наукового пізнання здійснюється отримання об'єктивно нового знання про навколишній світ та місце людини у ньому. У навчальному пізнанні учень отримує суб'єктивно нове знання, знання що має особистісне значення.

- в обох процесах засобом пізнання виступає особлива форма пізнання світу, притаманна тільки людини – мислення.

Вище у роботі було проаналізовано підходи до розуміння співвідношення наукового та навчального фундаментального знання у методиці навчання фізики (на матеріалі праць Б. Є. Будного, В. І. Кульчицького, С. М. Похлебаєва).

Так, зокрема, В. І. Кульчицький [209; 210] на матеріалі курсу фізики старшої школи доводить, що:

- не можна перенести методологію фізики на навчальний процес. Потрібно трансформувати її так, щоб можна було використовувати у педагогічних цілях;

- відбір навчального матеріалу і його вивчення будують відповідно до виділеної структури фізичної теорії (основа, ядро, висновки), а при формуванні мислення – до схеми циклу пізнання і методичного принципу циклічності.

Вважаємо, що останнє може бути однією з причин неякісного засвоєння наукової теорії як елементу системи біологічних знань старшокласників. На це неодноразово наголошувалося у методичній літературі, а саме підкреслювалося, що зміст навчальної дисципліни будується на одних засадах (логічний або історичний підходи), а вивчається по іншій схемі (враховуючи етапи пізнавального процесу).

На матеріалі досліджень з методології фізики В. І. Кульчицьким продемонстровано, що у фізиці «суттєвим для всякої заміни теорій є те, що нова теорія веде до зміни всієї «понятійної сітки», всього концептуального апарату старої теорії» [209, с. 2]. Автор зазначає, що мета фізичних досліджень і мета навчання фізики відрізняються, тому є потреба формування навчальної сітки ФФП (фундаментальних фізичних понять). На основі виділеної з науки системи ФФП конструюється матриця навчальної системи ФФП [209].

І. В. Малафіїк виділив три рівні ієрархії знань – науку як систему знань, навчальний предмет як систему знань, систему знань як власне надбання учня [229; 230].

Про вплив розвитку базової науки на зміст навчального предмету вказувала у своїх дослідженнях Т. В. Коршевнік: «Залучення фактичної та методологічної бази природничих наук є важливою умовою розкриття ряду біологічних тем» [190].

Т. В. Коршевнік зазначає, що «змістове наповнення та послідовність вивчення положень науки в системі шкільної біологічної освіти детермінуються визначенням об'єкта біологічної науки в цілому та її структурних складових, а також їхньої значущості у формуванні світогляду учнів» [190]. Так, дійсно, вивчення генетики в шкільному курсі біології старшої школи має передувати вивченню еволюційних ідей, положень еволюційних теорій. Пояснення цьому знаходимо в історії розвитку біології як науки, зокрема, в історії біології середини 20 століття. «...у 30-40-х рр. ХХ ст. у СРСР ставлення до генетики як науки...було настороженим. Водночас, підвищена увага до неї пояснювалась необхідністю розв'язання практичних завдань...Між тим, генетична наука інтенсивно розвивалась і поповнювалась новими відкриттями, формувались уявлення про популяцію як одиницю еволюції виду, виявлялась залежність між зміною генетичної структури популяції та процесами видоутворення». За дослідженням Т. В. Коршевнік, аналіз шкільних підручників з біології для середньої школи та навчально-методичної літератури, дозволяє зробити висновок, що «особливим був вплив на формування змісту біологічної освіти в середині ХХ явища «лисенківщини». Заперечувалися закони Менделя та хромосомна теорія спадковості. Як результат, «структуру біологічної науки визначали «єдино правильні наукові лінії». До них відносились мічурінські ідеї про можливість зміни спадковості, вплив на генетичний апарат організмів і перетворення одних видів на інші; «вчення про живу речовину», у якому заперечувалась клітина як одиниця живого і ідеї І. П. Павлова. Врешті-решт до 60-х років ХХ століття «вивчення псевдонаукових теорій, спотворення фактів і висновків теоретичних і практичних досліджень, включених до змісту освіти, стали причиною формування помилкових

уявлень про живу природу» [190]. У другій половині ХХ століття ситуація докорінно змінилася, лисенківські ідеї було вилучено із змісту біологічної освіти, натомість включено сучасні наукові погляди на спадковість, еволюцію та екологію.

Т. В. Коршевніук підкреслює, що фундаментальною ідеєю біологічної науки є ідея системної організації живої природи та її рівневої організації. У змісті шкільної біологічної освіти ця ідея отримала розвиток у 80-ті рр. Як зазначає дослідниця, вивчення біологічних систем – клітина, організм, популяція, вид, біогеоценоз, біосфера до цього часу не пов'язувалося із відповідними рівнями організації життя. Термін «рівні організації живих систем» з'явився у навчальній програмі з біології, введеної у 1988 році, у курсі «Загальна біологія», 9 клас.

На думку Т. В. Коршевніук, існує два способи впливу біологічної науки на формування змісту освіти. Перший полягає у відображенні теоретичних положень науки у змісті освіти. Другий – у розкритті практичного використання досягнень базової науки у різних сферах діяльності людини.

Цікавою і перспективною для подальшого дослідження є думка про те, що «зростання ціннісного потенціалу шкільної біологічної освіти в ХХІ ст. зумовлює необхідність відбору і структурування наукових положень біологічної науки з дотриманням аксіологічного принципу» [190].

Ідея гуманізації для біологічної освіти полягає у «посиленні ціннісної направленості змісту, збагаченні його гуманістичними і моральними ідеями про життя і природу як найвищі цінності, унікальність людини і недоторканість її життя і здоров'я, цінність біологічної науки і біологічної освіти, неприпустимість використання результатів наукових досліджень, що завдають школи живому, особисту відповідальність за наслідки своєї діяльності в біосфері» [190].

Як підкреслюють С. У Гончаренко та Н. В. Пастернак, «структура навчального предмета повинна відбивати сучасні погляди наукової теорії» [79].

Аналізуючи деякі підходи до розуміння структури навчальних предметів [79], можна дійти висновку, що системи знань, які мають засвоїтися учнями при опануванні ними навчальним матеріалом дисципліни є варіативними. Підкреслюючи роль структурно-логічних схем (СЛС) в опануванні змістом навчального матеріалу з фізики, відмічається, що «в методології науки немає готових СЛС, придатних для дидактичної мети. Звідси варіативність підходів і велика кількість різноманітних СЛС, пропорованих для вивчення одного й того самого матеріалу». Подальше дослідження проблеми визначення сутності поняття «система знань» потребує з'ясування меж взаємодії таких якостей знань як систематичність та системність.

Г. О. Васьківська [47] відмічає, що зміст освіти, як відомо, реалізується через навчальний предмет, який, у свою чергу, є еквівалентом певної науки. Формою фіксації змісту освіти, а отже, і відповідної науки, є навчальна книга. Будь-яка наука має логічну структуру, що складається із взаємопов'язаних компонентів, а саме:

основ науки – положень, що визначають статус відповідної системи знань і окреслюють специфіку певної науки;

теорії – основні міркування про сутність різних явищ, їх специфіку і розвиток;

законів і закономірностей – причинно-наслідкових зв'язків між характерними явищами і фактами певної науки;

категорій, понять, термінів – специфічного мовленнєвого і змістового виразу певних явищ;

принципів, правил, постулатів – нормативної функції певної науки, її роз'яснення для розуміння явищ, фактів і відповідних видів діяльності щодо пізнання і використання їх;

методів – застосовуються певною наукою для одержання нових фактів, їх теоретичного обґрунтування;

ідей і гіпотез – не зовсім доведених в науці положень, які визначають тенденції розвитку певної науки;

фактів – емпіричної бази науки, що передбачає експериментально-дослідницьку перевірку і фіксує відкриття в певній науці.

Навчальні предмети, відповідно до відображених у них науках, також мають свою логічну структуру, свої дидактичні і методичні основи, теорії, закони, закономірності, категорії,

принципи, правила, поняття, терміни, факти. Найзміннішим компонентом наукового знання є факти, які через масивність призводять до перевантаження змісту освіти, а головне – до нагромадження зайвої інформації, що унеможливує ефективне засвоєння навчального матеріалу [47].

Такі складові науки як її основи, теорії, закони, категорійний апарат – стабільніші. Введення їх до шкільної початкової книги, на думку Г. О. Васьківської, сприятиме ущільненню навчального матеріалу, який орієнтуватиметься не лише на запам'ятовування, а й на усвідомлення і пізнання сутності явищ, що вивчаються [47].

Цікавим є підхід Г. О. Васьківської до визначення цілей предмету. Так, дослідник виділяє дві їх групи: цілі – інтенції та цілі, що описують результат [49, с. 8-9].

«Цілі-інтенції – цілі, що визначають напрям руху... Це цілі формування ціннісних орієнтацій, світоглядних установок, розвитку інтересів, формування потреб і досягнення інших особистісних результатів, які залежать від безлічі різних чинників, у тому числі й «позашкільних».

Цілі, що визначають результат, дослідниця поділяє на групи, а саме:

- цілі, що моделюють метапредметні результати, яких можна досягти за взаємодії низки предметів (наприклад, формування загальнонавчальних умінь і навичок, комунікативних та інших ключових навичок, деяких функціональних навичок);
- цілі, що визначають метапредметні результати, яких можна досягти у рамках предмета, але можна використовувати при вивченні інших предметів або в інших видах діяльності (наприклад, формування читача як ціль вивчення літератури);
- цілі, орієнтовані на засвоєння знань і вмінь, що забезпечують загальнокультурну компетентність учнів, їхню здатність розумітися на певних проблемах і пояснювати певні явища дійсності;
- цілі, орієнтовані на засвоєння знань і вмінь, що мають опорне значення для освіти певного профілю [49, с. 9].

Взаємозв'язок метапредметного підходу у навчанні із проблемою формування системи знань учнів з біології, зокрема системи методологічних знань, реалізується через метапредметні результати навчання, якими, серед інших, можуть бути: «розуміння відмінностей між вихідними фактами й гіпотезами для їх пояснення, теоретичними моделями й реальними об'єктами, оволодіння універсальними навчальними діями на прикладах гіпотез для пояснення відомих фактів і експериментальної перевірки висунутих гіпотез, розробки теоретичних моделей процесів або явищ» [49, с. 9].

Г. О. Васьківська зазначає, що цінність знань полягає не в їх науковій цінності, а в цінностях, за допомогою яких залучають дитину до цих знань [50]. Автор вказує на дослідницьку компетентність, яка поділяється на загальнонаукову та спеціально-наукову. Автором вводиться нове поняття методологічної компетентності, що має спрямовуватиме підростаюче покоління на розвиток внутрішньої потреби формувати власну цілісну картину світу [50, с. 2]. Пропонується впровадження факультативного курсу "Наукове пізнання", метою якого є введення «учнів у складний і захоплюючий світ наукового пізнання, розкриття еволюційних шляхів його становлення й розвитку, формування вміння визначати своє місце у суспільному житті і роль у процесі формування системи знань про людину; формувати в учнів навички методологічно грамотного осмислення конкретно-наукових проблем та умінь їх розглядати у світоглядному контексті історії науки» [50, с. 6].

С. А. Владимирцева, характеризуючи особливості методики навчання як наукової галузі, вказує на те, що оскільки в змісті освіти на сьогодні відбуваються кардинальні зміни, а, як відомо, наукові факти знаходять своє відображення в навчальному процесі через 40-50 років після їх отримання, то на даний момент в методиках навчання спостерігається розпливчастість їх методологічних основ [57]. Одночасно підкреслюється, що, по-перше, становлення методичної науки відбувається за тими ж законами, за якими розвивається будь-яке наукове знання. По-друге, методичні теорії мають структуру, подібну до структури інших наукових теорій, а саме включають [57]:

1) Методологічні положення, які використовуються у побудові методичних концепцій і які відносять до зовнішнього по відношенню до конкретної предметної галузі середовища.

2) Теоретичні знання, представлені методологічними положеннями, які описують структуру і дії з основними об'єктами теорії, і методичною концепцією та її обґрунтуванням.

3) Емпіричні знання, які представлені методичними рекомендаціями по застосуванню відповідної методичної концепції.

За В. С. Біблером, автором вчення філософії діалогу культур, біологія – це один з елементів системи культури, галузь знання, що необхідна для побудови синтетичної картини світу. «Біології відводиться важлива роль у розвитку духовного життя і формування екологічної культури особистості, що в значній мірі визначає особливу актуальність проблем оновлення змісту біологічної освіти як одного з факторів забезпечення культурної наступності» [7]. Важливого значення для реалізації цієї мети набуває, з одного боку, привнесення цінностей гуманітарної культури, з іншого боку, збереження системності і цілісності змісту біологічної освіти, уникнення його перевантаження додатковою інформацією. Н. Д. Андрєєва та І. Ю. Азізова зазначають, що одним із можливих шляхів є представлення біологічних знань у контексті культури, розгляд наукових досягнень у галузі біології як сукупності матеріального та духовного багатства людства. Іншими словами, зміст біологічної освіти має бути спрямованим на «роз'яснення актуальних проблем біології, представлених у контексті культури». Основними напрямками, що дозволяють реалізувати цей підхід є:

1) знайомство учнів із роллю вчених у розвитку біологічних законів і теорій;

2) висвітлення історико-наукового матеріалу з акцентом на соціальну історію біології. Це дозволить учням зрозуміти взаємозв'язок сфер існування культурної спадщини, взаємовплив наукового і соціального розвитку у певну історичну епоху;

3) формування суб'єктної позиції та особистісного сенсу при вивченні біології. Виробленню особистісного сенсу при засвоєнні змісту матеріалу буде сприяти перенос акценту від факту до сенсу, цінності, тобто перевід наукових знань на мову цілей, емоційно-ціннісних орієнтацій людини. Як тут не згадати компоненти змісту освіти за І. Я. Лернером, за яким одним з них (компонентів) є досвід емоційно-цінного ставлення до світу. Н. Д. Андрєєва та І. Ю. Азізова пропонують використовувати для учнів завдання на усвідомлення авторської позиції вченого, на пошук додаткової інформації культурно-історичного характеру; на встановлення і розвиток асоціативних зв'язків з іншими творами науки або мистецтва;

4) розгляд етичної цінності наукового знання, демонстрування учням того, що цінності, яких притримується вчений, здійснюють вплив на наукову діяльність, є заборонені з точки зору людської моралі, гуманістичного світогляду, екологічної етики напрямки наукових досліджень;

5) важливим напрямком гуманітаризації біологічної освіти є розкриття естетичного боку науки – краси стрункості її законів і теорій;

6) біологічна освіта, яка ґрунтується на досягненнях базової науки, що в свою чергу є узагальненим віддзеркаленням всіх форм руху матерії – від механічної до соціальної – має практично необмежені можливості для впливу на сучасні політичні події, зокрема, пояснення необхідності міжкультурної толерантності, нетерпимого ставлення до расизму, націоналізму, фашизму тощо. Шкільна біологія, як ніяка інша навчальна дисципліна, має можливості для реалізації ідеї діалогу (полілогу) культур у підростаючого покоління [27].

Взаємозв'язок науки біології та шкільної дисципліни «Біологія» О. Богдановою [36] розглядається у порівнянні діалектичного (наукового) шляху пізнання та учнівського. Підкреслюється, що спільність процесів полягає у здійснюваних етапах пізнавальної діяльності. Відмінностями ж є дві основні: по-перше, учень отримує суб'єктивно нове знання, тобто засвоює готові, відомі науці істини. По-друге, учнівське пізнання є керованим ззовні процесом. Характеризуючи засвоювані в навчальному процесі форми знань, О. Богданова підкреслює, що на етапі споглядання засвоюються конкретні знання у формі відчуттів та уявлень. Конкретними знаннями є уявлення, які «формується на основі чуття і відчуття, а також слова – живого слова вчителя і друкованого – підручника» [36, с. 17]. На другому етапі – етапі абстрактного мислення – формуються узагальнені знання. «Узагальнені знання – це поняття, закономірності, закони, які формуються на основі відчуття та уявлення і відтворюють загальне і чуттєве і в предметі та явищі в їх взаємозв'язках та взаємозумовленості» [36, с. 17].

С. У. Гончаренко, характеризуючи зв'язок базової науки та методики навчання наголошує на тому, що базова наука індиферентна до відбору змісту навчальної дисципліни, і тим більше до її логічної структури. Це є суто методичними проблемами [76, с. 17]. Характеризуючи зміст освіти на рівні навчального предмету, наголошується, що для навчальних дисциплін з основ наук система знань включає основи відповідних теорій і окремих знань, що не оформлені в науці в систему. С. У. Гончаренко підкреслює, що основи наукової теорії, яка є «органічною системою наукових знань, не можуть бути засвоєні без методологічних знань, без розкриття структурно-функціональних зв'язків» [76, с. 17]. Наголошуючи на нерозривному зв'язку базової науки та навчального предмету, вчений підкреслює на прикладі фізики як науки та шкільної дисципліни, що «опрацювання курсу фізики, природно, має бути узгоджене з наукою фізикою. Проте його зміст і структура з однієї лише фізики не впливають. Методика фізики розв'язує цю проблему з урахуванням мети навчання, вікових особливостей учнів, системи міжпредметних зв'язків тощо» [76, с. 18].

С. У. Гончаренко та Т. М. Фролова [75] розробили модель процесу трансформації наукових знань в навчальні (на прикладі фізичних теорій). Згідно неї виділяють чотири рівні структурності цілісно поданого навчального матеріалу.

Перший рівень характеризується сукупністю доз навчального матеріалу, які об'єднані функціональними, семантичними, логічними і генетичними зв'язками.

Другий рівень охоплює фрагменти теорій, тобто складається з елементів першого рівня і окремих компонентів теорій.

Третій рівень складають цілісні теорії, крім того рівень включає підрівні, представлені фундаментальними і супідрядними до них теоріями.

Четвертий рівень представлений фізичною картиною світу. Вчені зазначають, що до складу рівнів окрім змістового наповнення входять і різнотипні зв'язки між елементами – генетичні, логічні, функціональні. За результатами проведеного С. У. Гончаренко та Т. М. Фроловою дослідження в учнів відсутнє чітке уявлення про місце фактів, законів у теорії та її межі застосування. Причиною виявлених недоліків, на думку вчених, є недостатнє структурування навчального матеріалу та недооцінка ролі методології для формування цілісного уявлення про фізичні знання.

Є. С. Цикало відмічає, що у сучасній системі біологічної освіти існує протиріччя між потенційним змістом науки біологія, можливостями шкільного курсу біології, рівнем його засвоєння в рамках навчального процесу [406, с. 45]. Іншими словами, існує розрив між біологічною культурою та умовами засвоєння її багатства. Розвиваючий потенціал біологічної освіти полягає у її гуманізації, що передбачає посилення культуротранслюючих функцій. У сучасних умовах біологічна освіта є синтезом природничо-наукової та гуманітарної картини світу [406, с. 45]. Біологічна культура є кінцевою метою трансформації біологічної освіти на засадах культуровідповідності. Під біологічною культурою розуміється система життєвих цінностей, що спираються на знання про сутність життя, здоров'я, живої природи та їх функцій у біосфері [406, с. 47]. На думку Є. С. Цикало, до складу біологічної картини світу необхідно включити такі елементи: філософські ідеї та поняття; біологічні теорії з притаманними їм характеристиками, систему взаємозв'язків між ними у вигляді методологічних фундаментальних біологічних ідей та принципів.

Трансформацію змісту шкільної біології Є. С. Цикало пропонується будувати на основі задалегідь спланованих «точок здивування», у яких загострюються різні кути зору, погляди, теорії походження життя, природи, людини.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ У СТАРШОКЛАСНИКІВ СИСТЕМИ ЗНАНЬ ІЗ ЗАГАЛЬНОЇ БІОЛОГІЇ

3.1 Обґрунтування поняття «система знань старшокласників із загальної біології»

Ефективність процесу навчання оцінюється за кінцевим результатом, тобто сформованістю в учнів системи знань і вмінь її використовувати для вирішення теоретичних і прикладних задач.

Б. В. Всесвятський [64, с. 40], характеризуючи критерії відбору біологічних знань для середньої освіти, підкреслював, що, зокрема, ними є такі:

1. Відповідність системи біологічних знань завданням середньої освіти.
2. Побудова системи знань основ наук з врахуванням вікових особливостей учнів.
3. Забезпечення наукового, світоглядного і практичного значення знань.
4. Забезпечення вимог науковості і доступності знань на кожному ступені навчання.
5. Переважна увага до процесів життєдіяльності об'єктів та їх індивідуальному і історичному розвитку.
6. Послідовне поглиблення та розширення біологічних уявлень, понять, категорій на всіх ступенях навчання учнів.
7. Дотримання оптимальної міри знань.

Л. М. Рибалко [314; 315] підкреслюється, що еколого-еволюційний підхід є сучасним напрямком у методології пізнання природи та її об'єктів як цілісних систем із поясненням їх екологічних зв'язків, еволюції та прогнозуванням перспектив їх збалансованого розвитку. Зазначається, що цей підхід є визначальним для модернізації шкільної природничо-наукової освіти. «Зміст еколого-еволюційного підходу визначають концептуальні ідеї еволюції, або розвитку, та екоцентризму» [315, с. 65]. Це передбачає «екологізацію змісту природничих предметів завдяки включенню в навчальні програми з природничих предметів наскрізних змістових ліній, що містять елементи екологічних знань; та фундаменталізацію – на основі концептуальних ідей еволюції й екологічного реалізму» [315, с. 66].

Одним із завдань нашого дослідження в рамках розробки теоретичних і методичних основ формування системи знань старшокласників із загальної біології була дефініція самого ключового поняття.

На основі проаналізованих літературних джерел філософсько-методологічного, дидактичного та конкретно-методичного змісту, навчальних програм нами було сформульоване як робоче наступне визначення поняття «система знань старшокласників із загальної біології» – це педагогічно адаптована система сучасних наукових знань про основні і загальні для всіх організмів закономірності життєвих явищ.

При характеристиці систем знань характеризуються критеріями їх оцінки. У відповідній літературі дані детальні характеристики деяких з них [44, с. 123; 229; 230].

Яке значення мають критерії оцінки системи наукового знання для методики навчання біології? Відповіддю є те, що ці критерії в повному обсязі є якостями і критеріями оцінки системи знань учнів, але не обмежується ними. Стверджуємо, що відповідність системи навчального знання цим критеріям є доказом її науковості, свідченням адекватного відображення зв'язку наука – навчальний предмет.

Нами виділено такі якості системи знань старшокласників із загальної біології: 1. Автономність елементів. 2. Аксиологічність. 3. Багаторівневність. 4. Відкритість. 5. Генералізованість. 6. Еволюція. 7. Емерджентність. 8. Керованість. 9. Структурованість. 10. Фундаментальність. 11. Цілісність цілого.

Автономність елементів системи ґрунтується на тому, що кожен з елементів системи є таким складником системи, формування якого відбувається на основі пізнання суб'єктом об'єктивно незалежного феномену існування того чи іншого фрагменту біологічної реальності. Стверджуємо, що існує наступна закономірність – чим нижче рівень узагальненості елемента системи знань, тим більш автономним він є в межах системи, тим в менш жорстких зв'язках з іншими елементами системи він знаходиться.

Аксиологічність системи знань ґрунтується на тому, що на сучасному етапі суспільно-історичного розвитку біологічна наука набуває першочергового значення для здійснення полілогу культур, а одним із засобів його реалізації стає біологічна освіта населення. Поділяємо думку А. Степанюк і В. Грубінко [349] про те, що «важливим регулятором методології науки стає ціннісний аспект, що концентрується навколо метапроблеми «навіщо пізнавати»». Вище у роботі неодноразово підкреслювалося, що методистами все більше звертається уваги на ціннісний аспект біологічних знань [1, 7, 115, 124, 142, 144, 349, 401, 406]. Причиною цього є не тільки необхідність формування такого елемента змісту освіти як досвід емоційно-ціннісного ставлення до світу (за І. Я. Лернером) як необхідного та обов'язкового компоненту змісту освіти, не тільки необхідність розкриття перед учнями історичного та логічного шляхів формування тих чи інших форм знання (за С. У. Гончаренко, Б. Д. Комісаровим) через асиміляцію їх з етапами пізнавальної діяльності школярів, а заради зміщення акцентів від антропоцентричної спрямованості біологічної освіти на природоцентричну, на формування розуміння людиною себе як складової Природи, її дітища, що функціонує і розвивається за єдиними природничими законами (за А. В. Степанюк, М. М. Сидорович), які й визначають стратегію поведінки людини на планеті. Стверджуємо, що існує наступна закономірність – чим вище рівень узагальненості елемента системи знань, тим більш аксиологічним він є в межах системи, більш ціннісним змістом для розуміння стратегії поведінки людини в біосфері він характеризується.

Багаторівневність – система знань із загальної біології є ієрархічно побудованим комплексом взаємопов'язаних вертикальними зв'язками елементів, одні з яких створюють фундамент системи – інші надбудовуються над ними і представляють більш узагальнену форму свідомого відображення біологічної реальності (існування конкретних біологічних об'єктів, протікання біологічних процесів, реалізації різнотипних зв'язків між складовими реальності – генетичних, родо-видових, функціональних, історичних, причинно-наслідкових тощо). Якість багаторівневності тісно пов'язана з етапами навчально-пізнавальної діяльності школярів, що визначаються віковими особливостями пізнавальних процесів, насамперед мислення. Вважаємо, що формування фундаментальних елементів системи знань із загальної біології (фундаментальних із позиції їх місця в структурі системи знань із загальної біології, а не з точки зору їх узагальненості і значимості) відбувається не тільки в основній школі, при вивченні ботаніки, зоології, біології людини, в той час, коли мислення учнів трансформується з наочно-образного у понятійне, і накопичується обсяг фактуального знання, але й у старшій школі, паралельно із формуванням теоретичних знань, елементів системи вищого рівня. Багаторівневність системи знань із загальної біології представлена фактуальним, понятійним, теоретичним знанням, при цьому перше є найнижчим рівнем системи, останнє – найвищим.

Таким чином, у системі знань старшокласників із загальної біології при переході від фактуального до теоретичного знання знижується автономність елементів, але зростає їх аксиологічність.

Відкритість – система знань із загальної біології є динамічною, оскільки навчальний процес спрямований на збільшення кількості елементів системи знань та зв'язків між ними.

Кожного уроку школярами засвоюється новий навчальний матеріал, що збагачує змістом певний рівень системи, веде до зростання обсягу та кількості елементів знання. Стверджуємо, що існує наступна закономірність – чим вище рівень узагальненості системи знань, тим повільніше здійснюється зростання його обсягу, і навпаки, чим нижче рівень узагальненості, тим швидше зростає його обсяг. Загальна тенденція у реалізації якості відкритості системи знань із загальної біології полягає у постійному збільшенні кількості її елементів та встановленні різноякісних зв'язків між ними.

Генералізованість – у процесі навчання обсяг навчальної інформації, що засвоюється старшокласниками і трансформується у систему знань, невинно зростає. При цьому відбувається ущільнення та укрупнення її елементів із виділенням сутнісних якісних характеристик елементів системи на певному рівні останньої. Відбувається генералізація знань. Вважаємо, що генералізація, як якість системи знань, результує у усвідомленні учнями якісної специфічності елементів кожного із рівнів. Відбувається це в ході накопичення певної сукупності елементів окремих рівнів, виокремлення істотних їх характеристик із одночасним нехтуванням їх індивідуальними особливостями.

Виділення якості генералізованості системи знання ґрунтується на існуючих у педагогіці підходах до визначення процесу генералізації знання, а саме: генералізація – процес узагальнення, який полягає у встановленні істотних спільних властивостей явищ і предметів, що вивчаються, з одночасним нехтуванням неістотних [74, с. 65].

Стверджуємо, що процес генералізації знання відбувається, по-перше, за умови накопичення достатньої кількості елементів для виділення їх сутніх характеристик в межах одного рівня; по-друге, процес генералізації відбувається одночасно, паралельно на різних рівнях системи знань – фактуальному, понятійному, теоретичному.

Еволюція – еволюція системи знання відбувається постійно як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. *Горизонтальна еволюція*, або назвемо її *мікроеволюція системи знання*, здійснюється в межах одного рівня системи, полягає у зростанні кількості її елементів і пов'язана з генералізацією знань. *Вертикальна еволюція*, або *макроеволюція системи знання*, відбувається внаслідок реалізації якості відкритості та багаторівневості системи, в результаті чого здійснюється перехід від фактуального до теоретичного рівня системи знань.

Емерджентність – ця якість ґрунтується на тому, що властивість системи знань як цілого не зводиться до сукупності якостей елементів системи. Так, кожний елемент системи фактуального, понятійного та теоретичного рівнів характеризується своїм змістовим наповненням, місцем в структурі системи знань певного рівня та системи в цілому, пов'язаний з іншими елементами системи різнотипними зв'язками. Так, наприклад, елементам знань фактуального рівня притаманний високий рівень автономності та низький рівень аксіологічності, елементам теоретичного рівня притаманний високий рівень аксіологічності та низький рівень автономності, елементи системи знань в межах кожного з рівнів пов'язані між собою горизонтальними зв'язками, а при організації в систему, включаються у вертикальні зв'язки з елементами системи сусідніх рівнів. При цьому кожний з елементів системи, як було зазначено вище, представляє собою відображений у свідомості учнів окремих фрагмент об'єктивної реальності існування життя, а система знань, як впорядкована сукупність таких елементів, представляє собою сформовану в свідомості школярів цілісну картину біологічної реальності. Цілісна біологічна реальність незвідна до окремих її проявів, а, значить, система знань про біологічну реальність незвідна до знань про окремі її прояви.

Керованість – ця якість ґрунтується на тому, що система знань учнів із загальної біології є штучною системою, формування якої відбувається з певною метою, за чітко поставленими завданнями, згідно визначених етапів, із застосуванням спеціальних методів, прийомів, засобів навчання. Керівником формування системи знань учнів є вчитель, а керівником процесу функціонування, застосування її для вирішення навчальних завдань є сам учень. Отже, система

знань школярів із загальної біології є безпосередньо та опосередковано керованим утворенням у свідомості старшокласників. Стверджуємо, що безпосереднє керівництво процесом функціонування системи знань можливе за умови здійснення попереднього опосередкованого процесу формування її елементів та встановлення зв'язків між ними. Іншими словами, спочатку система знань формується під керівництвом вчителя, а потім використовується учнями для розв'язання різноманітних навчальних та життєвих ситуацій.

Структурованість – система знань із загальної біології, як будь-яка система, має внутрішню побудову. «Структура – будова і внутрішня форма організації системи, що виступає як єдність стійких взаємозв'язків між її елементами, а також законів даних взаємозв'язків» [381, с. 462]; «структура – взаємозв'язок або відношення між елементами матеріальної або концептуальної системи» [383, с. 543]. Якість структурованості виявляється в тому, що система знань із загальної біології, по-перше, складається з окремих елементів (фактів, понять, законів, закономірностей, теорій). По-друге, кожний елемент системи характеризується конкретним змістовим наповненням. По-третє, елементи пов'язані між собою горизонтальними та вертикальними зв'язками. По-четверте, елементи утворюють рівні організації системи. По-п'яте, рівні організації системи організовані певним чином.

Фундаментальність – якість ґрунтується на групуванні елементів системи навколо стрижневих, основних ідей, що визначають якісну специфічність рівня системи знання. Фундаментальні елементи системи знань є акумуляторами суттєвих характеристик інших елементів того ж рівня, представляють собою основу, навколо якої групується навчальний матеріал при засвоєнні змісту певного рівня.

Цілісність – система знань із загальної біології є, з однієї сторони, віддиференційованою від зовнішнього середовища інтелектуальною системою, з іншої сторони, унікальною, специфічною сукупністю елементів, пов'язаних між собою і внутрішньо структурованих. «Цілісність – внутрішня єдність об'єкта, його віддиференційованість від навколишнього середовища, а також сам об'єкт, що має такі властивості» [381, с. 533; 383, с. 645]. Слід зазначити, що під зовнішнім середовищем розуміється сукупність систем знань з інших навчальних предметів, а також сукупність систем знань з ботаніки, зоології та біології людини. Так, вважаємо, що з вищеназваними останніми системами система знань із загальної біології перекриваються частково, зокрема на рівні фактуального та понятійного знання. Водночас, її якісна специфічність полягає у наявності теоретичного рівня, відсутнього в системах знань школярів з курсів біології основної школи.

У науці існує думка, що формування цілісної біологічної картини світу можливе за умови розкриття логічної послідовності зв'язків між системами різних рівнів. Так, зазначається, що врахування закономірностей наукового пізнання, системного підходу до реалізації внутрішньопредметної інтеграції та основних положень теорії змістовного узагальнення дає можливість визначити наступну структуру навчального матеріалу шкільного курсу «Біологія»: «цілісне первинне ознайомлення з живою природою – диференційоване вивчення систем різного рівня організації, починаючи від системи нижчого порядку – узагальнення знань про цілісність живої природи» [349].

3.2 Принципи побудови системи знань старшокласників із загальної біології

Аналіз філософської, дидактичної та методичної джерельної бази дослідження засвідчив, що наукова теорія є фундаментальною одиницею системи знання, а терміни, що її складають, поділяються на вихідні та похідні. Вихідні терміни визначаються через терміни, що не належать даній теорії. Похідними є терміни, що визначаються через терміни, що належать даній теорії [284; 285].

Характеризуючи структуру наукової теорії, виділяють, насамперед, власні основи теорії, представлені вихідними термінами і реченнями, а також зовнішні основи [284, с. 93]. До останніх належать логічні, семантичні, методологічні та прототеоретичні, метатеоретичні та філософські основи [284, с. 96]. Найбільш цінними з точки зору методики навчання біології, а саме побудови системи знань учнів із загальної біології та її подальшого аналізу, нам видаються методологічні та прототеоретичні основи.

До перших (методологічних) відносять методи побудови, розвитку і обґрунтування теорій. Серед них виділяють часткові та загальні.

До прототеоретичних належать окремі часткові теорії, що використовуються для побудови даної теорії. У літературі зазначається, що гносеологічні основи відношення теорії та прототеорії вивчені не повністю [284, с. 96].

У контексті даного питання актуальними є ті підходи до конструювання змісту та структури заключного курсу біології, в основу яких покладені наукові теорії (Б. Д. Комісаров, М. М. Сидорович, Л. М. Сухорукова). Ця теза спирається на положення про те, що наука є джерелом і фактором, що формує зміст освіти. У своєму дослідженні, наприклад, Л. М. Сухорукова [357] зазначає, що фундаментальні теорії в шкільній біологічній освіті будуються на основі їх історичного та логічного зв'язку. При цьому широко застосовуються методологічні знання про:

- зв'язок емпіричних та теоретичних знань;
- логічну структуру наукової теорії та її функції;
- типи біологічних теорій, їх концептуальний апарат;
- методологічні принципи біологічного пізнання.

У світлі сказаного вище у розділі 1 про функції методологічних знань, а саме розгляду їх як фундаментального елемента системи знань учнів старшої школи, цілком погоджуємось із тим, що «методологічні знання дозволяють по-новому поглянути на теорію як структурну одиницю змісту освіти, визначити послідовність вивчення біологічних теорій, їх внесок у наукову картину світу» [357, с. 27].

За одним із існуючих підходів, запропоновано здійснювати конструювання змісту шкільної біологічної освіти в старшій школі на основі принципів науковості, наступності, системності, еволюціонізму, генералізації, діяльності, для яких виділено змістові елементи. Вважаємо за доцільне навести нижче характеристики перелічених вище принципів, їх змістового та цільового наповнення [357, с. 28]).

Таблиця 3.1

Змістове та цільове наповнення принципів конструювання змісту шкільної біологічної освіти в старшій школі (за Л. М. Сухоруковою, [357])

Принцип	Елемент змісту	Педагогічна задача
Науковості	1. Відбір наукових теорій і концепцій, що відповідають сучасному рівню розвитку теоретичної біології. 2. Ознайомлення з методами і принципами наукового пізнання. 3. Відображення процесу гуманізації біологічної науки. 4. Врахування тенденцій розвитку наукового знання – диференціація і інтеграція при визначенні послідовності вивчення теоретичних конструкцій.	Приведення знань у відповідність з рівнем розвитку біологічної науки
Наступності	1. Розвиток знань про біологічні системи і рівні організації живої природи, отриманих у основній школі. 2. Поглиблення знань про класичні теорії – клітинну та еволюційну, ознайомлення на їх основі із сучасними теоретичними побудовами біологічної науки.	Розвиток теоретичних понять, отриманих в основній школі

Системності	<ol style="list-style-type: none"> 1 Ознайомлення з методологією системного підходу визначення понять «система», «елемент», «структура», «організація», «структурний рівень». 2. Формування цілісного уявлення про біосистему. 3. Відбір інформації про біосистеми з урахуванням принципу поліцентризму. 4. Вивчення клітини як елементарної живої системи. 5. Узагальнення знань про організм як систему. 6. Системний опис популяції і виду. 7. Розгляд біогеоценозів і біосфери як екологічних систем. 8 Побудова змісту на основі розкриття зв'язків між системами різних рівнів. 	Формування системного мислення
Еволюціонізму	<ol style="list-style-type: none"> 1 Відбір і структурування змісту з урахуванням зв'язку дарвінізму з іншими класичними теоріями біології. 2. Розгляд еволюційних закономірностей на молекулярному рівні організації життя. 3. Вивчення основних напрямків еволюції на клітинному та організменному рівні. 4. Розкриття факторів і результатів еволюції видів у світлі сучасної еволюційної теорії. 5. Розгляд надвидової еволюції і на її основі сучасної класифікації організмів. 6. Відображення історичних змін на біогеоценотичному рівні. 7. Розкриття основних тенденцій еволюції біосфери, її зв'язку з еволюцією видів. 8. Вивчення проблем виникнення життя, антропогенезу, переходу цивілізації до сталого розвитку на основі знань про закономірності еволюції на всіх рівнях еволюції живої природи. 	Формування біоцентричних уявлень про місце людини в природних системах, про причини, форми і результати взаємодії суспільства на живу природу, про її еволюцію під впливом природних і антропогенних причин
Генералізації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Організація змісту курсу на базі історичної і логічної наступності різних основ наук. 2. Структурування розділів курсу з урахуванням розвитку теоретичних понять (цитологічних, генетичних, екологічних, еволюційних) на основі руху від абстрактного до конкретного. 3. Систематизація навчального матеріалу через розкриття логічної структури теорії. 4. Доповнення логічного викладу теорій короткою історією їх становлення та розвитку. 5. Ознайомлення з методологічними поняттями, необхідними для засвоєння теоретичного змісту (теорія, закономірність, закон, гіпотеза, факт, фактор та ін.). 6. Вивчення прикладних проблем науки на основі розгляду теоретичних положень. 	Формування системності знань

Діяльності	1. Визначення способів діяльності, спрямованих на організацію систематизуючої, пояснювальної та інших функцій теоретичного знання; усвідомлення внеску біологічних теорій у сучасну культуру. 2. Продукування змістом діяльнісного спілкування – побудова навчального матеріалу у формі діалогу. 3. Орієнтація змісту на участь школярів у науковому пошуку – проблемний виклад навчальної інформації.	Усвідомлення школярами власної пізнавальної діяльності. Виховання культури спілкування. Формування творчої особистості.
------------	--	---

У методичній науці існує думка, що згідно з одним із положень принципу генералізації, взаємозв'язок розділів курсу може бути досягнутий тоді, коли «структурними одиницями теоретичного змісту стануть не основи наук..., а основи наукових теорій, побудовані із врахуванням історії їх виникнення і логіки розвитку теоретичних понять» [357, с. 30]. Наголошується на тому, що доцільною є така логіка розгортання теоретичних понять: «генетичні поняття базуються на цитологічних, екологічні – на генетичних, еволюційні – на взаємозв'язку генетичних і екологічних» [357, с. 30].

Підкреслюється, що, по-перше, у процесі наукового пізнання вихідні теоретичні положення у класичних теоріях розвиваються, наповнюються змістом. По-друге, при формуванні у школярів уявлень про наукові теорії, потрібно дотримуватися принципу наступності у розкритті перед учнями логіки розгортання уявлень, наприклад, про ген.

Цікавими і цінними для методистів-біологів є існуючі в методиці навчання біології позиції щодо структурування генетичного та еволюційного матеріалу в старшій школі [356; 357; 358]. Так, зокрема, наголошується на тому, що теоретичний матеріал про ген має будуватися на наступних положеннях [358]:

1. Конкретизація про ген відбувається у ході зміни теорій, що розкривають його сутність: формальна логіка – хромосомна теорія спадковості – молекулярна теорія гена – мутаційна теорія.

2. Кожна теорія розглядається як система взаємопов'язаних фактів, принципів, понять, законів.

3. Логічне викладення теорії доповнюється розглядом шляху наукового пошуку, з'ясуванням вкладу теорії у сучасну наукову картину світу.

4. На основі фундаментальних теорій генетики вивчаються генетичні основи онтогенезу, найбільш важливі напрямки її прикладних галузей – генної інженерії та селекції.

Зазначимо, що описаний вище підхід до структурування змісту курсу біології старшої школи, зокрема послідовності вивчення генетичного матеріалу, є протилежним тій думці, що логічна послідовність побудови курсу має відповідати історичному шляху розвитку науки в рамках відображення в змісті біологічної освіти поліпарадигмального шляху розвитку науки.

Водночас, оригінальною є думка про те, що принцип діяльності, що має реалізовуватися в змісті курсу загальної біології старшої школи, повинен спрямовуватися на подолання традиції відображати в змісті освіти тільки ідей, що вкладаються в межі пануючої наукової парадигми. Іншими словами, в предметний зміст слід включати альтернативні концепції та гіпотези [357, с. 32]. Втілення такого підходу, на нашу думку, було б яскравим прикладом реалізації принципу поліпарадигмальності в змісті біологічної освіти, про сутність якого було сказано вище.

3.3 Елементи системи знань школярів та способи їх включення у процес вивчення загальної біології

В історії розвитку дидактики існують три способи логічної побудови початкового матеріалу [79].

Перший спосіб передбачає єдність онто- і філогенезу наукових знань. Іншими словами, логіка побудови навчального матеріалу, послідовність його розгортання відповідає історичному шляху становлення наукових знань.

Другий спосіб спрямований на відображення в навчальному матеріалі логіки сучасної науки та стилю мислення.

Третій спосіб ґрунтується на гуманістичному підході до організації навчання, а саме передбачає побудову логіки навчального предмета на основі врахування закономірностей формування пізнавальних можливостей учнів.

Вченими проведений аналіз існуючих підходів [79], виділено проблеми, які виникають при застосуванні кожного з них. Так, застосування першого підходу пов'язано з великими часовими витратами. Другий підхід нівелює психологічні закони розвитку людської психіки. Третій підхід унеможливує реалізацію суміщення онто- і філогенезу наукового знання у навчальному процесі.

Досить поширеною є думка про те, що компромісним варіантом у побудові логіки навчального предмету є концепція формування теоретичного мислення В. В. Давидова, суть якої полягає у здійсненні учнем теоретичних узагальнень на основі типового навчального матеріалу. С. У. Гончаренко та Н. В. Пастернак стверджують, що дана концепція узгоджується з ідеєю про те, що система методологічних знань є основою для структурування змісту навчального матеріалу, якщо врахувати принцип циклічності, а наукові знання, що засвоюються учнями, інтегрувати на засадах принципу ієрархії.

На прикладі навчального предмета «Фізика» вищеназваними вченими розкрито етапи засвоєння наукових теорій і вказано, що по суті структурування навчального матеріалу відбувається на трьох рівнях: загальнонауковому, загально-фізичному та конкретно-фізичному. Так, спочатку на базі попередньо вивченого матеріалу конструюють загальну модель наукової і конкретно-наукової картини світу, процесу наукового пізнання, структури і функцій конкретно-наукових теорій. У кінці курсів модель доповнюють, уточнюють, узагальнюють. На початку вивчення кожної окремої теорії з'ясовують передумови її виникнення (факти, ідеї, мету, предмет, основні задачі), а потім на основі сформульованих завдань – логіку і структуру ядра теорії. Наступним кроком є розгортання логіки і пояснення структури ядра теорії, при цьому вивчення навчального матеріалу (онтогенез учнівського знання) розгортається відповідно до філогенезу наукового знання в моментах теоретичних узагальнень (врахування принципу історичного шляху отримання наукових знань). Наступним кроком є з'ясування функцій теорії, використання при цьому цікавого і корисного прикладного та історичного матеріалу (врахування принципу гуманізації). Наприкінці здійснюється підбиття підсумків, узагальнення, виконання системи вправ та завдань методологічного характеру.

Проблема розробки методологічних, теоретичних та методичних основ навчання та виховання старшокласників при вивченні природничих навчальних дисциплін, а також підготовки вчителів біології до педагогічної діяльності, була і залишається об'єктом уваги науковців, про що свідчать захищені в Україні дисертації [89; 126; 127; 206; 215; 225; 240; 320; 361; 371; 403; 411]. Водночас, що ж стосується шкільного курсу біології, зокрема біології в старших класах, то методистами [375] зазначається, що багато задач шкільного курсу загальної біології, наприклад, генетики залишаються невиконаними. Причинами є те, що:

по-перше, генетичні поняття вводяться не системно, сили учнів спрямовуються на оволодіння термінологією, а не на усвідомлення закономірностей;

по-друге, генетичні завдання виконують ілюстративну функцію, недооцінюється їх роль в усвідомленні законів генетики;

по-третє, у змісті навчального матеріалу відсутня чітко структурована інформація щодо основних генетичних теорій, не виявляється логіка виникнення теорій та системні зв'язки всередині них.

М. М. Сидорович [337] розроблено методичну систему формування теоретичних біологічних знань. Вона містить такі структурні елементи:

- науковість, системність і послідовність змісту;
- стержневі і системотвірні поняття;
- цілісність, взаємопов'язаність і генералізацію знань;
- взаємодію з інформаційним середовищем;
- застосування знань й умінь у різноманітних ситуаціях;
- узагальнені способи мислення і діяльності.

Вченим підкреслюється, що «основною педагогічною умовою організації пізнавальної діяльності учнів були узагальнення й систематизація знань учнів у процесі поетапної їх генералізації на сонові розгортання структури основного ТУзБ» [337].

Однією з основних ідей розробленої М. М. Сидорович методики є те, що було виокремлено чотири етапи формування теоретичних знань учнів із біології. Перші два спрямовані на формування конкретно-біологічної генералізації знань, третій – на загальнобіологічну генералізацію (під час вивчення цитології і біології розвитку – ТБЗ¹, генетики – ТБЗ², еволюціонізму – ТБЗ³, екології – ТБЗ⁴). На четвертому етапі формується природничо-наукова картина світу (ПНКС) з локальних картин світу.

Враховуючи виділені та описані нами у підрозділі 3.1 якості системи знань старшокласників із загальної біології, вважаємо, що елементами її є біологічні наукові факти, біологічні поняття, гіпотези, теорії, закони. Нижче у роботі буде розглянуто їх місце та особливості методики формування при вивченні загальної біології.

3.4 Науковий факт як елемент системи знань у шкільному курсі біології

Наукові факти – це відносно самостійні фрагменти вивчаємих об'єктів, які відкриваються, вивчаються, перевіряються і описуються за допомогою засобів і методів науки [286].

«Науковий...факт – це не явище само по собі, а певна пізнавальна конструкція, що акцентує нашу увагу на окремих сторонах об'єкту, часто таких, знаходження яких потребує максимального напруження і спеціальної підготовки наших здібностей сприймати» [71, с. 15].

Факт – «це судження, яке фіксує події, що відбуваються об'єктивно, незалежно від свідомості» [74], або це «емпіричне знання про властивості, зв'язки об'єктів чи явищ, отримане на основі індукції, в результаті обробки матеріалів спостережень чи експериментів» [187].

Критерії виділення і перевірки фактів [67]:

1. Наукові факти відтворювані при заданих умовах.
2. Твердження про наукові факти можна емпірично перевіряти і уточнювати за допомогою різних методів пізнання.
3. Наукові факти можна однозначно використовувати практично з метою подальшого вивчення об'єктів, створення нових матеріальних засобів пізнання, знарядь праці та ін..
4. Наукові факти передбачають розмежування об'єктивного (реального) змісту і засобів його опису. В науці можливий опис одних і тих же фактів за допомогою різних термінів і

тверджень. Однак зміна термінів і тверджень не створює самих фактів. Таке розмежування необхідно проводити між чуттєвими даними і фактами.

5. Факти, встановлені у вивченні конкретних предметів дослідження, повинні зберігати силу для всієї предметної галузі (при заданих умовах).

Однією з центральних проблем методики навчання біології є формування системи біологічних знань, основу яких становлять методологічні знання. Останні можна розглядати як єдність процесуального та змістового блоків системи знань. До процесуального відносяться знання про об'єкт, предмет, гіпотезу, методи дослідження. Змістовий блок складається з таких категорій як біологічний факт, наукове поняття, теорія, закон.

Аналіз методичних джерел з окресленої проблеми дозволяє стверджувати наступне:

- змістовий блок є базисом методологічних знань учнів;
- найбільш дослідженою є проблема формування в учнів біологічних понять як елемента змістового блоку методологічних знань (С. П. Бруновт, І. Д. Зверев, Б. Д. Комісаров, А. М. Мягкова, Є. О. Неведомська, О. І. Нікішов, В. М. Пакулова, О. М. Риков, А. М. Цузмер, О. А. Цуруль, К. П. Ягодовський);
- у методиці навчання біології малодослідженою є проблема засвоєння процесуального блоку методологічних знань, а також таких елементів змістового блоку як теорія та закон;
- практично нерозробленим є питання щодо класифікації, значення та методики використання наукових фактів у шкільній біологічній освіті.

Нижче наведено результати роботи по створенню класифікації наукових фактів, що засвоюються засобами навчального предмета «Біологія».

Розробка класифікації біологічних фактів ґрунтувалася на вищенаведених дефініціях цієї категорії.

Факт – «це судження, яке фіксує події, що відбуваються об'єктивно, незалежно від свідомості» [74]; це «емпіричне знання про властивості, зв'язки об'єктів чи явищ, отримане на основі індукції, в результаті обробки матеріалів спостережень чи експериментів» [187]; це відносно самостійні фрагменти вивчаємих об'єктів, які відкриваються, вивчаються, перевіряються і описуються за допомогою засобів і методів науки [286]; «це не явище само по собі, а певна пізнавальна конструкція, що акцентує нашу увагу на окремих сторонах об'єкту, часто таких, знаходження яких потребує максимального напруження і спеціальної підготовки наших здібностей сприймати» [71].

За характером представлення в навчальному процесі пропонуємо біологічні факти класифікувати так:

- за формою: у словесній, табличній, графічній формі;
- за змістом: 1) результати експериментів та спостережень (кількісні та якісні), 2) висловлювання вчених (цитати та непряма мова), 3) відомості про історію біологічних досліджень, 4) кількісні дані про чисельність біологічних об'єктів, 5) відомості про будову, особливості життєдіяльності, поширення біологічних об'єктів, які є науково підтвердженими.

Насамперед, із запропонованої класифікації біологічних фактів за змістом в окрему групу виділяються факти – 1) результати експериментів та спостережень; 2) висловлювання вчених; 3) відомості про історію біологічних досліджень. Це пояснюється тим, що закладена в них інформація має яскравий історико-методологічний характер, аксіологічний характер і, як наслідок, в багатьох випадках характеризується неоднозначністю, суб'єктивністю і поліваріантністю пояснення.

Роль фактів у становленні біологічних теорій проаналізована у окремих методичних джерелах. Так, наприклад, розглянемо хромосомну теорію. За одним із джерел [135] суть хромосомної теорії зводиться до трьох основних положень і полягає у наступному – всі ознаки та

властивості організмів визначаються генами, які розташовуються в хромосомах у лінійному порядку. Положення хромосомної теорії формулюються так [135]:

1. Ознаки та властивості організмів визначаються генами.
2. Гени знаходяться в хромосомах.
3. Гени розташовуються у хромосомах у лінійному порядку в певних місцях – локусах.

Оскільки побудова будь-якої теорії ґрунтується на великій кількості фактів, об'єктивність яких підтверджена експериментально, багаторазово, і які є доказами науковості теорії, то доказами наведених вище положень слугують наступні факти.

Фактичними доказами першого положення можуть бути наступні [135].

1. Точний паралелізм поведінки ознак і генів, що демонструється канонічними законами менделізму.
2. Генетичні ефекти хромосомних перебудов, спонтанні та індуковані мутації
3. Сучасними доказами того, що ознаки контролюються генами є отримання трансгенних організмів.

Доказами другого положення первинно слугував паралелізм у поведінці хромосом в мейозі та розщеплення генів у потомстві. Із класичних доказів – дані по хромосомному визначенню статі у різних організмів, зчеплене із статтю успадкування, нерозходження статевих хромосом та кросинговер між генами. Серед сучасних доказів наводяться дані з молекулярної гібридизації нуклеїнових кислот. При цьому молекули ДНК – носії спадкової інформації – можуть розташовуватися як у складі ядерних хромосом, так і спадкових структур у цитоплазматичних органелах, наприклад мітохондріях і хлоропластах.

Ще одним доказом може слугувати явище зчепленого успадкування, при якому зчеплені гени складають одну групу зчеплення в межах однієї хромосоми, а кількість груп збігається з числом хромосом галлоїдного набору. Крім того, у якості фактичних підтверджуючих доказів слугують приклади взаємодій алельних та неалельних генів.

У якості доказів третього положення наводяться результати дослідів А. Стертеванта, що відкрив явище адитивності величин кросинговеру між сусідніми генами [135]. Явище можливе лише за умови лінійного розташування генів. Величина кросинговеру корелює з фізичною відстанню між генами і слугує для його вимірювання. Це відкриття дозволяє визначати послідовність розташування генів у хромосомі та будувати генетичні карти хромосом.

Пізніше було доведено, що порядок розташування генів у генетичних, цитологічних та фізичних картах хромосом однаковий, хоча відстань між ними на трьох картах може не співпадати.

Подальший розвиток хромосомної теорії пов'язаний з розвитком уявлень на будову гену та структуру геному. Більш детально про фактологічне підґрунті хромосомної теорії спадковості можна знайти у методичній літературі [135].

3.5 Біологічні теорії та закони в шкільному курсі біології

Здійснений нами аналіз психолого-педагогічної та методичної літератури з проблеми формування системи знань учнів із біології в старших класах довів, що основна теза щодо мети навчання біології старшокласників була сформульована в узагальненому вигляді Б. Д. Комісаровим: «...методологічна умова досягнення системних знань старшокласників полягає в тому, щоб відобразити в змісті навчальних предметів, особливо в старших класах, ту цілісність, у якій всі елементи наукового знання (факти, принципи, закони та ін..) живуть і діють. Цій умові відповідає наукова теорія – концентрат знання, зв'язуюча ланка між методологією, світоглядом, картиною світу і практикою» [186; 187, с. 42]. Вченим проаналізовано існування двох підходів до розгортання наукової теорії у шкільному курсі – історичний і логічний, їх недоліки та переваги, сформульовано висновок, що обидва не виключають, а взаємодоповнюють один одного. Отже, Б. Д. Комісаровим запропоновано послідовність вивчення біологічних теорій у соціокультурному контексті. Вона включає ряд етапів: загальна характеристика картини світу до виникнення теорії – виявлення витоків і сутності методологічного принципу – основи теорії – демонстрування шляхів

розгортання принципу у змістовну ідею, дослідницьку програму – визначення логічної структури теорії, механізму «зняття та розв'язання» протиріч, зафіксованих у її предметній галузі – використання теорії для пояснення, передбачення та систематизації фактів, для планування та здійснення експериментів, а саме: 1) виявлення вкладу теорії в наукову картину світу, вплив теорії на розвиток світогляду; 2) показ причин і наслідків зміни теорії або обмеження її предметної галузі; 3) показ процесу трансформації фундаментальної теорії в прикладну.

Розглянемо існуючі в методиці навчання біології підходи до розуміння сутності біологічних теорій.

Клітинна теорія.

Класичне розуміння значення створення клітинної теорії звучить так: «Це відкриття не тільки переконало нас, що розвиток та ріст вищих організмів здійснюється по одному загальному закону, але, продемонструвавши здатність клітин до змін, воно намітило також шлях, що веде до видових змін організмів, змін, внаслідок яких організми можуть здійснювати процес розвитку, який представляє собою щось більше, ніж розвиток тільки індивідуальний» [226, с. 349].

Клітинна теорія

Б. Д. Комісаровим наведено ідеї Т. Шванна та Р. Вірхова, що становлять суть *класичної клітинної теорії*:

1. «Усі організми складаються з однакових у сутності частин, саме з клітин, клітини ці утворюються і ростуть за однаковими в сутності законами».

2. «Загальний принцип розвитку для ... елементарних частин організму – клітиноутворення. Спочатку є безструктурна субстанція, яка лежить або всередині вже існуючих клітин або між ними. У цій субстанції за певними законами утворюються клітини».

3. «Кожна клітина у певних межах є індивідуум, певне самостійне ціле... Але ці індивідууми діють сумісно так, що виникає гармонічне ціле». «Усі тканини складаються із клітин або різними способами утворюються з клітин».

4. «Процеси, що відбуваються в клітинах... можуть бути зведені до наступного: 1) виникнення нових клітин; 2) збільшення в розмірах наявних клітин; 3) перетворення клітинного вмісту; 4) вихідні з клітин виділення та резорбція».

5. «Для пояснення клітиноутворення важливі явища, що стосуються групування молекул у клітину, їх можна назвати пластичними явищами... по-друге, що відносяться до хімічних змін... їх можна назвати метаболічними».

6. «Кожна клітина походить від іншої клітини... Там, де виникає клітина, повинна була передувати клітина...» [187, с. 45–46].

Н. Й. Міщук та А. В. Степанюк наводяться положення *клітинної теорії Т. Шванна* у такому формулюванні:

1. Усі організми складаються з однакових частин – клітин; вони утворюються й ростуть за тими самими законами.

2. Загальний принцип розвитку для елементарних частин організму – утворення клітин. Спершу є безструктурна субстанція, яка лежить або всередині вже існуючих клітин, або між ними. У цій субстанції за певними законами утворюються клітини.

3. Кожна клітина в певних межах є індивідуумом, певним самостійним цілим. Однак ці індивідууми діють разом так, що виникає гармонійне ціле. Усі тканини складаються з клітин.

4. Процеси, що виникають у клітинах, зводяться до таких: а) виникнення нових клітин; б) збільшення розмірів наявних клітин; в) перетворення клітинного вмісту [249].

У шкільних підручниках [241, с. 190; 359, с. 168] наводяться різні формулювання положень класичної клітинної теорії. Так, наприклад, у підручнику О. В. Тагліної, вони збігаються із

наведеними вище. У підручнику з біології 10 класу для профільного рівня наводяться наступні положення:

1. Усі живі організми побудовані з однієї або більшої кількості клітин.
2. Клітина – це основна одиниця життя.
3. Кожна клітина виникає із клітини.
4. Клітина одиниця структури функціонування й організації живих істот.
5. Клітина існує як самостійна структура і разом з тим є частиною всього організму

[241].

Сучасна клітинна теорія:

1. Клітина – елементарна жива система, основа будови, життєдіяльності, розмноження та індивідуального розвитку прокариот та еукариот.
2. Нові клітини виникають тільки шляхом поділу раніше існуючих клітин.
3. Клітини можуть бути самостійними організмами, що здійснюють всю повноту процесів життєдіяльності. Усі багатоклітинні організми складаються із клітин та їх продуктів. Ріст та розвиток багатоклітинного організму – наслідок розмноження однієї чи декількох вихідних клітин.

4. У клітинах здійснюються: 1) повторювальні, обернені процеси: а) обмін речовин – хімічні реакції; б) надходження і виділення речовин, подразливість, рух; 2) незворотній процес розвитку і пов'язане з ним диференціювання.

5. Клітинна організація виникла на світанку життя і пройшла тривалий шлях еволюції від без'ядерних форм до ядерних – одноклітинних, колоніальних та багатоклітинних [187, с. 47].

Деякі по-іншому формулювання положень *сучасної клітинної теорії* наводять Н. Міщук та А. Степанюк [249]:

1. Клітина – елементарна жива система, основа будови, життєдіяльності, розмноження та індивідуального розвитку прокариот і еукариот. Поза клітиною життя немає.

2. Клітини усіх одно- й багатоклітинних організмів подібні (гомологічні) за своєю будовою, хімічним складом, основними виявами життєдіяльності та обміном речовин.

3. Розмноження клітин відбувається шляхом їх поділу, і кожна нова клітина утворюється в результаті поділу вихідної (материнської) клітини.

4. У багатоклітинних організмах клітини спеціалізуються на виконанні певних функцій і утворюють тканини; з тканин утворюються органи, які взаємозв'язані й підпорядковані нейрогуморальним та імунним системам регуляції.

5. Клітинна будова організмів засвідчує, що все живе має єдине походження.

У діючих шкільних підручниках з біології сучасна клітинна теорія формулюється у наступних положеннях [19].

1. Усі організми складаються з однієї або багатьох клітин. Отже, клітина – елементарна одиниця будови живих істот. Клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за походженням, будовою, хімічним складом, основними процесами життєдіяльності.

2. Кожна нова клітина утворюється виключно в результаті розмноження материнської, тобто клітина – елементарна одиниця розмноження.

3. Багатоклітинні організми розвиваються з однієї клітини, тобто клітина – елементарна одиниця розвитку.

4. Клітини містять спадкову інформацію, необхідну для здійснення життєвих циклів і забезпечення зміни поколінь певного виду організмів.

5. Клітинам притаманна подразливість: вони здатні сприймати різні впливи і певним чином на них відповідати.

6. У більшості багатоклітинних різні типи клітин формуються внаслідок спеціалізації протягом індивідуального розвитку особини.

7. У більшості багатоклітинних тварин і вищих рослин з клітин, подібних за будовою та функціями, формуються тканини.

8. З тканин формуються органи, які тісно пов'язані між собою в системи органів та

функціональні системи і підпорядковані нервовій та гуморальній регуляції.

У підручнику О. В. Тагліної [359, с. 168], наведено наступні положення сучасної клітинної теорії:

1. Клітина – основна одиниця будови й розвитку всіх живих організмів, найменша одиниця живого.
2. Клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за своєю будовою, хімічним складом, основними проявами життєдіяльності й обміну речовин.
3. Розмноження клітин відбувається шляхом їх поділу, і кожна нова клітина утворюється в результаті поділу материнської клітини.
4. У складних багатоклітинних організмах клітини спеціалізовані за виконуваними функціями і утворюють тканини; із тканин складаються органи, які нерозривно взаємопов'язані й підпорядковані нервовим і гуморальним системам регуляції.

С. В. Межжерін з колективом вчених визначає такі положення сучасної клітинної теорії [241, с. 191]:

1. Клітина – елементарна одиниця живого: поза клітиною життя не існує.
2. Клітина – єдина система, що складається із багатьох взаємопов'язаних елементів, які являють собою певне цілісне утворення, що складається із функціональних одиниць – органел.
3. Клітини подібні – гомологічні – за будовою та за основними характеристиками.
4. Кожна клітина походить від клітини: кількість клітин збільшується шляхом їх поділу.
5. Багатоклітинний організм являє собою складний ансамбль з багатьох клітин, які об'єднані в тканини і органи, що пов'язані між собою й підпорядковані нервовій і гуморальній регуляції.
6. Клітини багатоклітинних організмів рівнозначні за генетичною інформацією, але відрізняються одна від одної різними функціями різних генів, що приводить до їх морфологічного та функціонального різноманіття.

На думку Л. М. Сухорукової серед біологічних теорій слід окремо виділити теорію Г. Менделя, основні положення якої становлять закони Менделя та гіпотеза чистоти гамет [358]. Вченим вказується на те, що саме в останній знайшов логічне завершення принцип дискретної природи спадковості. Гіпотеза дозволила в умовах відсутності знань про механізми мітозу та мейозу пояснити встановлені Г. Менделем закони.

Л. М. Сухоруковою наводяться положення цієї гіпотези:

- розвиток кожної ознаки контролюється двома факторами спадковості, отриманими від батьківської та материнської форм;
- при утворенні гамет у кожному з них потрапляє один фактор із даної пари;
- при злитті гамет домінуючий та рецесивний фактори виявляються в одній клітині і співіснують, не змішуючись і не розбавляючись.

У шкільних підручниках закон чистоти гамет формулюється так:

- Під час утворення статевих клітин у кожному гамету потрапляє тільки один алель з пари алелів даного гена [241, с. 42];
- Гамети диплоїдного гібридного (гетерозиготного) організму «чисті», тобто кожна з його гамет має лише один алель певного гена і не може одночасно нести два чи більшу кількість його алелів [19, с. 37].

Л. М. Сухоруковою підкреслюється, що перш ніж розглядати цитологічні основи законів Г. Менделя, слід коротко викласти історію розвитку хромосомної теорії та її основних положень, оскільки гіпотеза чистоти гамет цитологічно була обґрунтована з позицій хромосомної теорії спадковості. Вказується, що вже до кінця 19 ст. були описані процеси мітозу та мейозу, запліднення, розкрито їх біологічне значення. Це дозволило сформулювати наступні важливі узагальнення:

1. Усі клітини організму будь-якого виду містять строго визначену кількість хромосом. Хромосоми соматичних клітин представлені парами морфологічно різних типів.

2. При поділі соматичних клітин шляхом мітозу хромосоми розподіляються порівну між дочірніми клітинами, внаслідок чого їх ядра містять по дві хромосоми кожного типу.

3. У процесі утворення статевих клітин відбувається редукційний поділ (мейоз), що приводить до зменшення кількості хромосом вдвічі: гамети несуть тільки по одній хромосомі кожного типу.

4. Завдяки заплідненню у зиготі відновлюється подвійний набір хромосом [358].

Хромосомна теорія спадковості

На думку Б. Д. Комісарова, «хромосомна теорія – чудова модель для демонстрування взаємодії ідей і фактів у біологічному пізнанні» [187, с. 59]. У своїй праці [187], вчений перелічує основи хромосомної теорії, сформульовані Т. Бовері та У. Сеттоном, 1902 – 1903 рр.:

- у зиготі та соматичних клітинах, що виникли з неї, одна половина хромосом материнського походження (від яйцеклітини), інша – батьківського (від сперматозоїда). У результаті ядро соматичних клітин містить пари схожих, гомологічних хромосом – батьківських і материнських. Кількість пар дорівнює гаплоїдній кількості хромосом.

- хромосоми зберігають структурну і генетичну індивідуальність у життєвому циклі організмів.

- у мейозі гомологічні хромосоми попарно кон'югують, а потім розходяться, потрапляючи у різні зародкові клітини.

- кожна хромосома відіграє певну роль у розвитку особини.

Положення самої хромосомної теорії вченим формулюються так [200, с. 60]:

1. Гени знаходяться у хромосомах і в межах однієї хромосоми утворюють одну групу зчеплення. Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдній кількості хромосом.

2. У хромосомі гени розташовані лінійно.

3. Частота кросинговеру, що відбувається у мейозі, пропорційна відстані між генами.

В іншому формулюванні наведено положення хромосомної теорії спадковості Н. Й. Міщук та А. В. Степанюк [249]:

1. Спадкові особливості організму визначаються генами, їх розміщенням у хромосомах; гени, локалізовані в одній хромосомі, становлять одну групу зчеплення і передаються спадково разом.

2. Число груп зчеплення відповідає гаплоїдному числу хромосом, постійному для кожного виду організмів;

3. У хромосомі гени розміщені лінійно.

4. Зчеплене успадкування ознак може порушуватися внаслідок кросинговеру, що приводить до перерозподілу під час мейозу генетичного матеріалу між гомологічними хромосомами; частота кросинговеру між генами пропорційна відстані між ними.

Л. М. Сухорукова [356] та Н. В. Федоркова [375] у своїх працях концентруються на таких положеннях хромосомної теорії:

1. Спадкові особливості організму визначаються генами, розташованими в хромосомі лінійно у вигляді груп зчеплення.

2. Кожен ген представлений у клітині двічі – у двох гомологічних хромосомах.

3. У процесі мейозу гомологічні хромосоми потрапляють у різні статеві клітини, значить, і парні (алельні) гени виявляються в різних гаметах (пояснення закону Менделя про розщеплення ознак у гібридів другого покоління).

4. Різні пари алельних генів знаходяться в різних парах гомологічних хромосом, тому пари ознак успадковуються незалежно одна від одної (підтвердження закону незалежного успадкування Г. Менделя);

5. Гени, розташовані в одній хромосомі, успадковуються разом, зчеплено.

6.Зчеплення генів, що знаходяться в одній хромосомі, може порушуватися через кон'югацію і перехрест гомологічних хромосом в процесі мейозу; в результаті цього виникають якісно нові хромосоми.

Існують й інші підходи до визначення основних положень хромосомної теорії [135].

Розглянемо суть хромосомної теорії через призму шкільних підручників 11 класу:

- матеріальною основою спадковості є хромосоми, в яких локалізовані гени [242, с. 30];
- у підручнику [18] хромосомна теорія постулюється так:
 - Гени розташовані в хромосомах у лінійному порядку.
 - Різні хромосоми мають неоднакові набори генів, тобто кожна з негомологічних хромосом має свій унікальний набір генів.
 - Кожний ген розташований у хромосомі у певному місці – локусі; алельні гени займають у гомологічних хромосомах однакові локуси.
 - Усі гени однієї хромосоми утворюють групу зчеплення, завдяки чому відбувається зчеплене успадкування деяких ознак.
 - Сила зчеплення між двома генами, розташованими в одній хромосомі, обернено пропорційна відстані між ними.
 - Зчеплення між генами однієї групи порушується внаслідок обміну ділянками гомологічних хромосом у профазі першого мейотичного поділу (процес кросинговеру).

Генна теорія (молекулярна теорія гена)

Характеризуючи розвиток уявлень про ген, Б. Д. Комісаров акцентує увагу на порівнянні класичних уявлень про ген та уявлень про ген в світлі молекулярної генетики. Наведемо нижче без змін таке співставлення [187, с. 61], цілком підтримуючи твердження Б. Д. Комісарова про те, що в ході вивчення генетики доцільно продемонструвати учням історію становлення ідей про природу гена. Це, по-перше, підтверджує висловлене вище у роботі твердження, що розвиток науки відбувається шляхом зміни наукових парадигм. По-друге, дозволяє пояснити учням історичний шлях становлення наукових теорій, підґрунтям яких є наукові факти. По-третє, демонструє такі властивості системи знань із загальної біології, як аксіологічність, відкритість, еволюція, структурованість, фундаментальність.

Таблиця 3.2

Порівняння класичних та сучасних поглядів на природу гена

(за Б. Д. Комісаровим, 1991)

Класичні ідеї про природу гена	Ген у світлі молекулярної генетики
Ген – морфологічний об'єкт, ділянка хромосоми	Ген – фізико-хімічний об'єкт, ділянка молекули ДНК
Ген – одиниця мутації, функції і рекомбінації	Ген – одиниця функції, мутаціям і рекомбінаціям піддаються більш дрібні одиниці
Ген – неподільна одиниця	Ген подільний, має складну структуру
Ген здійснює свою функцію автономно, ізольовано від інших генів	Гени взаємодіють, їх ефект залежить від положення в хромосомах
Ген – стійка структура, здатна мутувати під впливом переважно внутрішніх факторів	Мутації відбуваються під впливом як зовнішніх, так і внутрішніх факторів
Гени розташовані виключно в хромосомах	Окрім хромосомних генів, є позахромосомні, що знаходяться в хлоропластах і мітохондріях (еукаріоти) і плазмідах (прокаріоти)

Положення генної теорії за Л. М. Сухоруковою, Н. Й. Міщук та А. В. Степанюк є такими [249; 358]:

1. Ген – ділянка молекули ДНК, яка локалізована в певному місці відносно інших генів, здатна до редуплікації та кодування одного ланцюга білка.

2. Закодована в генах спадкова інформація реалізується на основі матричного принципу (комплементарної взаємодії нуклеотидів і генетичного коду через процеси редуплікації, транскрипції і трансляції).

3. Потік генетичної інформації в клітині здійснюється детерміновано на основі широкої взаємодії в системі прямих і зворотних зв'язків між молекулами від ДНК і РНК до білків. Білок не може бути матрицею для ДНК і РНК.

4. Гени обмежені термінаторами – спеціальними триплетами, які виконують роль розділових знаків. Більшість генів еукаріот має складну структуру, що утворена з таких елементів: регуляторна зона, промотор, структурна частина.

5. Гени прокаріот в основному унікальні і безперервні, гени еукаріот представлені значним числом копій, мають екзон-інтронну структуру.

Мутаційна теорія

Положеннями мутаційної теорії є наступні [358]:

1. Мутації – це зміни генотипу, що стосуються всього геному, цілих хромосом, їх частин або окремих генів.

2. Мутації – рідкісні події.

3. Мутації виникають неспрямовано (спонтанно), стрибкоподібно, у окремих особин виду і не мають пристосувального значення.

4. Мутації можуть бути шкідливими, нейтральними, корисними.

5. Мутації, які не викликають серйозних порушень у функціонуванні організму, можуть стабільно передаватися з покоління в покоління.

6. Споріднені роди і види характеризуються можливістю виникнення схожих мутацій.

У шкільних підручниках мутаційна теорія Гуго де Фріза розкривається так. У підручнику [242, с. 76] зазначається, що ряд істотних положень належить відомому російському ботаніку С. І. Коржинському, а основні положення мутаційної теорії у сучасному трактуванні такі:

- мутації виникають раптово, стрибкоподібно й проявляються у вигляді дискретних ознак.

- мутації не втрачаються і передаються з покоління в покоління.

- мутації проявляються по-різному й можуть бути домінантними або рецесивними, корисними й шкідливими, відрізнятися силою свого впливу на організм, викликати незначні зміни в роботі організму або зачіпати життєво важливі ознаки й бути летальними.

- ймовірність виявлення мутацій залежить від кількості досліджених особин.

- ті самі мутації можуть виникати повторно.

- мутації можна викликати впливами на організм сильнодіючих фізичних або хімічних агентів, але при цьому поява тієї або іншої мутації не пов'язана з видом агента. Мутації завжди спонтанні, незалежні одна від одної, не мають групової спрямованості. Мутувати може будь-яка ділянка хромосоми.

Еволюційна теорія

Б. Д. Комісаровим схарактеризовано логічну структуру вчення Ч. Дарвіна, яке представлено у вигляді постулатів і наслідків з них [187, с. 52]:

Постулати:

1. Спадковість.

2. Мінливість.

3. Інтенсивність розмноження (геометрична прогресія).

4. Обмеженість місця та ресурсів для життя.

Наслідки:

1. Пристосованість організмів до середовища існування.
2. Різноманіття органічного світу.
3. Співіснування вищих та нижчих форм.

Вчений підкреслює, що перші два постулати є властивостями, притаманними всім живим організмам, а третя властивість розкриває потенційні можливості. «Передбачаючи геометричну прогресію розмноження, можна дійти до висновку про боротьбу за існування як механізму розв'язання протиріч між третім і четвертим постулатами і про існування природного добору як сили, що перешкоджає реалізації третього постулату» [187, с. 52].

У шкільних підручниках еволюційний матеріал розглядаються у світлі наступних теорій.

Так, у підручнику [242, с. 221] вчення Ж. Б. Ламарка розкривається через низку положень:

- Усі рослини і тварини — справжнє надбання природи; вони не існували споконвіку, а виникли свого часу з неорганічної природи.
- Види змінювані, але утворення нових видів відбувається вкрай повільно, а тому непомітно.
- Головною рисою історичного розвитку живого є процес сходження від простого до складного.
- Кожний клас живих організмів на східцях драбини істот (табл. 16) — це наступний етап розвитку — нова, більш висока організація. У межах класів відсутній поділ на прості й складно організовані види, а відмінності між видами пов'язані з особливостями їх пристосування до різних умов існування.

Теорія Ч. Дарвіна постулюється так [242, с. 224]:

- Організми розмножуються в геометричній прогресії, проте до дорослого стану доживає дуже незначна їх частина. Отже, більшість особин гинуть у боротьбі за існування, яка проявляється, головним чином, у конкуренції особин одного виду між собою за кращі місця проживання, їжу, ресурси; у тварин самці, до того ж, змагаються за самку.
- Для природи характерна загальна мінливість. Кожний організм має певні індивідуальні особливості, що відрізняють його від інших. У природі мають місце неспадкова групова й спадкова індивідуальна мінливість. Саме остання форма мінливості відіграє ключову роль в еволюції, постачає для неї матеріал.
- Особини одного виду відрізняються одна від одної, а тому мають різні шанси вижити й залишити потомство. Частіше виживають і відповідно залишають потомство більш пристосовані до умов середовища життя організми, які володіють особливо корисними у боротьбі за існування ознаками чи властивостями. Саме це виживання найбільш пристосованих у боротьбі за існування організмів і є природним добором.
- Оскільки середовище життя організмів постійно змінюється, то щоразу у боротьбі за існування перевагу мають особини з новими ознаками, які спадково закріплюються. Ці зміни, що накопичуються під дією природного добору, поширюються в ряді поколінь і неминуче ведуть до істотних змін будови тіла й особливостей функціонування груп особин. У результаті утворюється новий вид.

Основними положеннями концепції хімічної еволюції є такі:

- Життя на Землі виникло природним шляхом з неорганічних речовин з витратою енергії, яка надходила іззовні.
- Виникнення життя – це процес появи дедалі нових хімічних сполук та хімічних реакцій.
- Хімічна еволюція – процес, який протікав протягом мільярдів років у дуже специфічних умовах під впливом потужних зовнішніх джерел енергії.

- Важливу роль у хімічній еволюції відіграв передбіологічний добір, що сприяв виникненню, насамперед, складних сполук, у яких здатність до обміну речовин поєднувалася зі здатністю до самовідтворення.
- Ключовим у процесі хімічної еволюції був фактор самоорганізації, властивий усім складним системам, до яких відносяться й органічні молекули.

У підручнику проаналізовано концепцію Г. Е. Ріхтера, Сванте Августа Арреніуса, згідно якої життя на Землі має космічне походження.

У підручнику [18] розкрито сутність еволюційних поглядів Ж. Б. Ламарка – еволюція – це безперервний процес набуття корисних пристосувань живими організмами, які успадковуються нащадками; Ч. Дарвіна – еволюція полягає в безперервних пристосувальних змінах видів. У підручнику наведено сучасні еволюційні гіпотези, такі як гіпотеза катастроф, гіпотеза нейтальності молекулярної еволюції, гіпотеза перерваної рівноваги, гіпотеза сальтаціонізму, гіпотеза адаптивного компромісу О. П. Расніцина.

Синтетична теорія еволюції

Синтетична теорія еволюції є синтезом кількох біологічних дисциплін – класичного дарвінізму, генетики, систематики, палеонтології, екології. У літературі відмічається, що донедавна не було зроблено спроб сформулювати основні положення синтетичної теорії еволюції. Лише у 1978 – 1980 рр. М. М. Воронцовим виділено 11 постулатів синтетичної теорії еволюції [249]:

1. Матеріалом для еволюції є, як правило, дуже дрібні, але дискретні зміни спадковості – мутації. Мутаційна мінливість – постачальник матеріалу для природного добору – має випадковий характер.
2. Основним або навіть єдиним рушійним чинником еволюції є природний добір.
3. Найменша еволюційна одиниця еволюції – популяція, а не особина.
4. Еволюція має дивергентний характер, тобто один таксон може стати предком кількох дочірніх таксонів, але один вид має єдиний предковий тип, а у кінцевому підсумку – і єдину предкову популяцію.
5. Еволюція має поступовий (градуалістичний) і тривалий характер.
6. Вид складається з багатьох підпорядкованих, морфологічно, фізіологічно та генетично відмінних, але репродуктивно не ізольованих одиниць – підвидів, популяцій.
7. Обмін алелями, «потік генів» можливий лише всередині виду. Звідси, вид – генетично цілісна і замкнута система. Цілісність виду забезпечується можливістю схрещуватися і потоком генів між різними популяціями всередині виду. Замкнутість виду забезпечується складною системою бар'єрів, що ізолюють механізми еволюції та перешкоджають обміну генів між генофондами різних видів.
8. Оскільки критерієм так званого біологічного виду є його репродуктивна відмежованість, то цей критерій виду не притаманний формам нестатевого процесу, агамним, партеногенетичним формам.
9. Отже, поза концепцією біологічного виду СТЕ опинилась велика кількість видів прокаріот, нижчих еукаріот, що розмножуються нестатево, а також деякі спеціальні форми вищих еукаріот, які повторно втратили статевий процес. Поза біологічною концепцією виду залишаються всі викопні форми.
10. Будь-який реальний, а не збірний таксон має однокорінне, монофілетичне походження.
11. Еволюція непередбачувана, має неспрямований до деякої кінцевої мети, тобто нефіналістичний, характер.

Положення синтетичної теорії еволюції в іншому формулюванні наведено нижче:

1. Найменша еволюційна одиниця, в якій проходять мікроеволюційні процеси, – популяція.

2. Матеріалом для природного відбору служать, як правило, дуже дрібні, дискретні одиниці спадковості – мутації.

3. На популяцію тиснуть еволюційні чинники: мутаційний процес, хвилі чисельності, ізоляція, природний відбір.

4. Мутаційний процес, хвилі чисельності – фактори, що постачають матеріал для еволюції – носять випадковий і неспрямований характер.

5. Ізоляція посилює дію чинників – постачальників еволюційного матеріалу, її тиск на популяцію теж спрямований.

6. Єдиний спрямовуючий чинник еволюції – природний відбір.

7. Еволюція носить поступовий, дивергентний і тривалий характер, результатом якої є видоутворення.

8. Вид складається з безлічі підвидів і популяцій.

9. Обмін алелями, «потік» генів можливі лише всередині виду: вид – генетично цілісна і замкнена система.

10. Еволюція непередбачувана [358].

Сучасною еволюційною біологією внесено доповнення і поправки до синтетичної теорії еволюції:

1. У невеликих ізольованих популяціях важливий фактор еволюції – дрейф генів.

2. Еволюція носить не тільки поступовий, але і раптовий характер.

3. Еволюція може бути передбачувана. Оцінюючи минулу історію, генотипне оточення і можливий вплив середовища, можна передбачити загальний напрям еволюції.

У шкільному підручнику [18] синтетична теорія, авторами якої названі С. С. Четвериков, Ф. Г. Добржанський, О. М. Северцов, розкрита через наступні положення:

1. Єдиним джерелом спадкової мінливості є мутація.

2. Усі еволюційні перетворення відбуваються в популяціях.

3. Елементарними факторами еволюції є боротьба за існування, хвилі життя, ізоляція, дрейф генів.

4. Існують три види еволюційного процесу: мікроеволюція, видоутворення та макроеволюція.

5. Рушійною силою еволюції є природний добір.

6. Процес еволюції необоротний.

У підручнику [242] синтетична теорія еволюції включає такі положення:

1. Природний добір — головний фактор і рушійна сила еволюції, причина розвитку історичного пристосування організмів до навколишнього світу.

2. Матеріалом для еволюції слугує мутаційна й рекомбінаційна мінливість.

3. Одиницею еволюції є не окрема особина, а популяція.

4. Ключовою еволюційною подією є процес утворення видів.

5. Еволюційні механізми, що ведуть до утворення нових видів, цілком придатні до утворення таксонів більш високого рівня. Іншими словами: нові роди, родини, ряди, порядки,

класи утворюються за допомогою тих самих еволюційних факторів, що й види. При цьому слід урахувати: чим вищий рівень таксономічної ієрархії, тим більш давньою є еволюційна подія.

Еволюційна теорія є одним із системотвірних елементів системи знань старшокласників з біології. Основою її побудови є закон Харді – Вайнберга. Справедливо підкреслюється [356], що «закон Харді – Вайнберга організує весь навчальний матеріал про фактори і результати еволюції, дає можливість звернутися до історії створення синтетичної теорії еволюції, усвідомлено підходити до розуміння її основних положень». Основні положення синтетичної теорії еволюції виводяться як наслідки із закону рівноваги генних концентрацій. Хоча, слід визнати, засвоєння математичного апарату закону, опис біологічних процесів, що відбуваються у популяції, формалізованою мовою даються учням надзвичайно важко. Як наслідок, старшокласниками слабо або взагалі не розуміється значення закону рівноваги генних концентрацій як проміжної зв'язуючої ланки між положеннями генної, мутаційної теорій та синтетичної теорії еволюції.

Найважливіші біологічні теорії, що розглядаються у шкільному курсі біології старшої школи, нами проаналізовані вище. Нижче у розділі 4 зупинимося на питанні висвітлення основних біологічних законів, що складають зміст шкільної біології 10-11 класів.

Стосовно підсистеми екологічних знань у старших класах, то на особливу увагу, з нашої точки зору, заслуговує думка Б. Д. Комісарова про те, що екологічні концепції в старших класах повинні розглядати на новому рівні узагальнення, ніж у основній школі.

Так, зокрема, до числа найбільш загальних, глобальних екологічних положень відносять наступні закони за М. Ф. Реймерсом [187, с. 71], які коротко схарактеризовано нижче:

1. *Закон внутрішньої динамічної рівноваги.* Відкриті системи, такі як біологічні та соціальні, обмінюючись із зовнішнім середовищем речовинами, поглинаючи енергію та інформацію, існують у стані динамічної рівноваги. Будь-який зовнішній вплив викликає в системі процеси, які прагнуть ослабити цю дію і звести до мінімуму відхилення системи від стану рівноваги. Зміни одного з показників викликають відповідні зміни інших показників, які компенсують викликані відхилення.

2. *Закон просторово-часової визначеності систем.* Структура системи, взаємодія елементів у ній настільки впорядковані, що саморегуляція відбувається оптимально, «доцільно», з мінімальною «боротьбою за існування» між елементами.

3. *Закон оптимальності.* Еволюція системи відбувається тим швидше, чим з більшої кількості елементів вона складається. Швидкість еволюції зростає доти, доки не відбувається перевищення можливостей тієї форми управління, яка властива цій системі. При цьому розвиток системи або гальмується, або відбуваються збої в керуванні системою, система втрачає свою організацію. Існування її в первинному варіанті стає проблематичним.

4. *Закон періодичності будови систем.* На різних рівнях організації систем, що складають ієрархію, відтворюються схожі принципи взаємодії елементів, аналогічні структури.

5. *Системогенетичний закон.* Індивідуальний розвиток природних систем у скороченій та видозміненій формі повторює еволюцію своєї системної структури.

6. *Закон суцесійного гальмування.* У зрілих рівноважних стійких системах процеси, пов'язані з їх зміною, протікають повільніше.

7. *Закон різночасовості змін підсистем у великих багаторівневих системах.* Підсистеми характеризуються різною інерційністю: одні переходять у нову якість, інші знаходяться ще на початковій фазі руху. У результаті система підтримується у певному середньому для неї динамічному стані.

8. *Закон системної доповнювальності (принцип «слабкої ланки»).* Одні підсистеми створюють передумови для успішного розвитку і саморегуляції інших і забезпечують, узгоджуючи свої функції, можливості динамічного розвитку всієї системи. Зовнішні впливи руйнують саму слабку ланку, що виводить з ладу всю систему в цілому.

9. *Закономірне чергування різних типів самокерування в ієрархії систем – централізоване, змішане та децентралізоване.*

Б. Д. Комісаровим підкреслюється, що «методологічна основа вивчення екології полягає в

ідеї В. І. Вернадського про планетно-космічну організованість біосфери, про життя як явище космічного масштабу, що співвідносне з такими властивостями матерії як простір, час, рух» [187, с. 72].

3.6 Методологічні орієнтири на формування системи знань старшокласників у фаховій підготовці майбутніх учителів біології

Питання реалізації мети та розробки механізмів фундаменталізації змісту освіти взагалі, і природничої зокрема, в останній час є нагальною проблемою методик навчання різних шкільних дисциплін, у тому числі й біології. Аналіз останніх публікацій з цієї теми засвідчує, що фундаменталізація освіти передбачає перехід від фактологічно- репродуктивного рівня навчання до методологічно-творчого. Однією із ключових умов при цьому є засвоєння учнями елементів методологічних знань з біології в основній школі та зведення їх у систему в старших класах. Вважаємо, що створення методики реалізації вищеописаного є актуальною проблемою методики навчання біології. Таке твердження ґрунтується на тому, що, з одного боку, стрімко зростає обсяг природничо-наукового знання, що має відобразитися на рівні навчального природничо-наукового знання. Це, в свою чергу, потребує «фільтрування» наукової інформації з метою відбору фундаментальних одиниць змісту шкільної освіти взагалі і біологічної зокрема, а методологічні знання якраз і є одними з них. З іншого боку, у шкільній практиці навчання біології на даний час існують фактори, які уповільнюють процес фундаменталізації природничо-наукової освіти.

З метою вивчення стану проблеми формування в учнів системи методологічних знань з біології як елементів фундаментальних природничо-наукових знань нами було проведено анкетування вчителів біології м. Кривий Ріг. Розкриттю мети сприяло вирішення наступних завдань:

- з'ясування розуміння вчителями сутності поняття «методологічні знання з біології», їх функцій та співвіднесеності з іншими видами навчального біологічного знання;
- вивчення ставлення вчителів до необхідності формування в навчальному процесі елементів методологічних знань з біології;
- вивчення думки респондентів щодо повноти представлення системи методологічних знань у змістових частинах державних нормативних документів, що регулюють навчальний процес з біології;
- виявлення проблем, з якими стикаються вчителі при формуванні у школярів системи методологічних знань;
- аналіз думки респондентів щодо найбільш ефективних форм та методів формування елементів системи методологічних знань учнів з біології;
- визначення найбільш ефективних, на думку вчителів, способів включення методологічних знань в програмовий матеріал з біології.

В опитуванні взяло участь 38 вчителів міста Кривий Ріг. Нижче наведено результати анкетування та їх аналіз.

Питання 1. Яке із визначень поняття «методологічні знання з біології», на вашу думку, є найбільш повним: А) це знання про види наукових знань та методи наукового пізнання в біології; Б) це знання про методи експериментальних досліджень в біології; В) це знання про теоретичні та емпіричні методи пізнання біологічних об'єктів.

Отримані результати: А – 27%, Б – 0%; В – 70%, відповідь відсутня – 3%.

Питання 2. Перелічіть види знань, які вам відомі.

Отримані результати: узагальнені, системні, міжпредметні – 15%, релігійні, інтуїтивні, теоретичні, емпіричні) – 25%, відповідь відсутня – 60%.

Питання 3. Перелічіть види знань з біології, які, на вашу думку, є основою для формування в учнів наукової картини світу.

Отримані результати: діалектичні – 3%, системні – 24%, міжпредметні – 10 %, узагальнені – 16%, усвідомлені – 3%, декілька комбінацій – 18%, відповідь відсутня – 26%.

Питання 4. Чи використовуєте ви в своїй роботі схеми опису різних видів знань: А) так; Б) ні; В) не розумію питання.

Отримані результати: А – 53%, Б – 34%, В – 5%, відповідь відсутня – 8%.

Питання 5. Як, на вашу думку, співвідносяться між собою поняття «методологічні знання» і «знання про методи пізнання»: А) поняття тотожні; Б) як загальне та часткове; В) обсяг понять не перекривається.

Отримані результати: А – 24%, Б – 63%, В – 8%, відповідь відсутня – 5%.

Питання 6. Як, на вашу думку, відображені у змісті Державного стандарту базової та повної середньої освіти та шкільній програмі з біології методологічні знання: А) органічно включені в зміст навчального матеріалу; Б) не включені взагалі; В) включені фрагментарно.

Отримані результати: А – 26%, Б – 3%, В – 66%, відповідь відсутня – 5%.

Питання 7. Чи вважаєте ви необхідним формувати в учнів методологічні знання: А) так; Б) важко відповісти; В) ні.

Отримані результати: А – 82%, Б – 13%, В – 5%.

Питання 8. Яка роль, на вашу думку, навчального біологічного експерименту у формуванні методологічних знань з біології порівняно з теоретичними методами пізнання: А) провідна; Б) допоміжна; В) рівноцінна.

Отримані результати: А – 16%, Б – 68%, В – 16%.

Питання 9. До якого блоку знань з біології, на вашу думку, належать методологічні знання: А) змістового; Б) процесуального; В) вони є елементом і змістового, і процесуального блоків.

Отримані результати: А – 16%, Б – 18%, В – 61%, відповідь відсутня – 5%.

Питання 10. Ефективними способами включення методологічних знань в програмовий матеріал з біології, на вашу думку, є: А) винесення методологічних знань в окремі розділи та параграфи; Б) фрагментарне включення; В) комбінація винесення в окремі розділи й параграфи, а також фрагментарного включення.

Отримані результати: А – 9%, Б – 27%, В – 55%, відповідь відсутня – 9%.

Питання 11. Які організаційні форми навчання біології є найбільш ефективними для формування методологічних знань учнів: А) урок; Б) позаурочна робота; В) позакласна робота; Г) екскурсії; Д) домашня робота; Е) робота на НДД.

Отримані результати: А – 81%, Б – 30%, В – 26%, Г – 19%, Д – 7%, Е – 30%.

Питання 12. З яких проблем ви відчуваєте потребу у методичній літературі: А) з питань історії біології; Б) з питань розв'язання різнотипних біологічних задач; В) з навчального біологічного експериментування; Г) з використання прийомів моделювання біологічних процесів; Д) з формування наукового світогляду учнів засобами шкільної біології; Е) інші.

Отримані результати: А – 9%, Б – 45%, В – 73%, Г – 55%, Д – 9%, Е – відповіді відсутні.

Питання 13. Чи відчуваєте ви нестачу методичної літератури з проблеми формування методологічних знань учнів: А) так; Б) ні.

Отримані результати: А – 82%, Б – 18%.

Питання 14. Наведіть приклади методологічних знань з біології, формування яких в учнів викликає найбільші труднощі.

Отримані результати: відповіді респондентів відсутні.

Питання 15. Як ви вважаєте, методологічні знання – це об'єкт пізнання чи інструментарій для процесу пізнання: А) об'єкт пізнання; Б) інструментарій для процесу пізнання; В) об'єкт і інструментарій для пізнання одночасно; Г) важко відповісти.

Отримані результати: А – 21%, Б – 50%, В – 23%, Г) – 3%, відповідь відсутня – 3%.

Питання 16. Як, на вашу думку, співвідносяться методологічні знання та світоглядні знання: А) ці поняття тотожні; Б) методологічні знання включають в себе світоглядні знання; В) світоглядні знання включають в себе методологічні знання.

Отримані результати: А – 8%, Б – 21%, В – 66%, відповідь відсутня – 5%.

Питання 17. Як, на вашу думку, співвідносяться методологічні знання та міжпредметні знання: А) ці поняття тотожні; Б) методологічні знання включають в себе міжпредметні знання; В) міжпредметні знання включають в себе методологічні знання.

Отримані результати: А – 4%, Б – 96%, В – відповіді відсутні.

Аналіз кількісних результатів анкетування дає підстави зробити наступні висновки. У цілому вчителі біології не зовсім чітко розрізняють поняття «методологічні знання» та «знання про методи пізнання» (питання 1, 5, 9). Серед основних видів знань (питання 2), в тому числі й тих, що є основою для формування наукового світогляду учнів, жоден з респондентів не назвав методологічні знання (питання 3). Одночасно із цим, вчителі зазначають, що методологічні знання є елементами і змістового, і процесуального блоків навчання біології (питання 9), хоча на дублююче питання 15 думки респондентів рівномірно розділилися. Це може свідчити про те, що вчителям бракує загальнотеоретичних знань із методики навчання біології з окресленого питання. Разом з тим переважна більшість опитаних вважає за необхідне формувати у школярів методологічні знання (питання 7), але відчуває нестачу відповідної методичної літератури (питання 12, 13).

На питання щодо співвіднесеності світоглядних, методологічних та міжпредметних знань переважна більшість респондентів відмітили, підпорядкованість їх наступна – від міжпредметних через методологічні до світоглядних знань (питання 16, 17).

На думку більшості респондентів, методологічні знання включені фрагментарно у змістові частини державних нормативних документів, що регулюють навчальний процес з біології (питання 6), одночасно більшість вказує, що ефективним способом включення методологічних знань в програмовий матеріал з біології є комбінація винесення його в окремі розділи й параграфи, а також фрагментарне включення (питання 10). Звичайно, до таких результатів слід поставитися надзвичайно уважно, дослухатися до такої думки, оскільки саме вчителі є «посередниками» між вимогами Державного стандарту та шкільної програми з одного боку та реальним навчальним процесом у школі з іншого. Методистам-науковцям слід замислитись на питаннями про те, по-перше, наскільки об'єктивною і відповідною реальному стану речей є така позиція респондентів, по-друге, чи дійсно в повній мірі використані можливості шкільного курсу біології для формування системи методологічних знань учнів?

Щодо ролі біологічного експериментування у формуванні методологічних знань з біології, то переважна більшість опитаних вказала, що вона є допоміжною порівняно з теоретичними методами пізнання (питання 8). Разом з тим, більшість респондентів відмітила, що відчувають потребу у методичній літературі саме з методики навчального біологічного експерименту (питання 12). На жаль, жоден з опитаних не навів прикладів методологічних знань з біології, при формуванні яких в учнів виникають труднощі. Припускаємо, що такий результат може пояснюватися або повною відсутністю будь-яких труднощів, що, відверто кажучи, малоймовірно, або знову ж таки недостатнім розумінням респондентами самої сутності поняття «методологічні знання». Досить несподіваними є позиція вчителів щодо основних організаційних форм навчання

біології для формування методологічних знань учнів, а саме недооцінювання ролі екскурсій та домашніх робіт у цьому (питання 11).

Як відомо, одним із джерел конструювання змісту освіти є базова наука. Досягнення та новації певної наукової галузі неодмінно закономірно відображаються на рівні змісту шкільної навчальної дисципліни. У XXI столітті, в умовах невідомого зростання обсягу наукової інформації з різних галузей знань, в тому числі природничо-наукової, як ніколи актуальним є питання взаємозв'язку базової науки та шкільної навчальної дисципліни. В останній час такий зв'язок реалізується не на рівні простого віддзеркалення досягнень науки в шкільній практиці, а на рівні процесів генералізації та фундаменталізації змісту навчання. На сьогодні в педагогічній науці склалися різні погляди на сутність цих процесів, але однозначним є те, що вони ведуть до, по-перше, так званого згортання змісту навчальної інформації, її ущільнення, по-друге, до її концентрування навколо основних фундаментальних принципів, ідей, положень, навколо, так би мовити, стрижня, який представлений взаємопов'язаними структурно-змістовними елементами. Особливого значення процеси генералізації та фундаменталізації змісту освіти в межах шкільної біології набувають в старших класах, і це пояснюється декількома причинами. Перш за все, в основній школі навчальна інформація засвоюється переважно на фактологічному та понятійному рівнях, що створює підґрунтя для формування таких узагальнених елементів знань, як наукова теорія та закон у старших класах. По-друге, вікові особливості психічних процесів старшокласників, зростаюча здатність до абстрактно-логічного мислення, дозволяють переходити до формування теоретичних знань, елементів високого рівня узагальненості – наукових принципів, законів, теорій. А саме останні складають ядро наукового знання. Отже, одним із основних завдань навчання біології в старших класах є формування системи знань на основі встановлення взаємозв'язку між її елементами, перехід від фактологічного до теоретичного рівня змісту освіти. Вчитель, як один із суб'єктів навчального процесу, є керуючою ланкою у процесі засвоєння учнями системи наукових знань, її елементів на різних ступенях. За цієї причини підготовка майбутнього вчителя біології до професійної діяльності має включати не тільки фундаментальну, психолого-педагогічну, методичну підготовку, а й ґрунтовну філософську, частина якої спрямована на набуття методологічної компетентності, розуміння методологічних орієнтирів педагогічної діяльності, закономірностей історичного шляху розвитку наукового знання, усвідомлення сутності еволюційного та революційного шляхів його отримання, орієнтування в загальних тенденціях приросту наукових знань, врахування його парадигмального, точніше поліпарадигмального характеру. У захищених в Україні дисертаційних дослідженнях питання підготовки вчителя біології до педагогічної діяльності висвітлювалося з різних точок зору, а саме: розроблялись системи методичної підготовки студентів до педагогічної діяльності [89; 127; 361], обґрунтовувались механізми здійснення виховних впливів на старшокласників [371; 411], характеризувались особливості роботи вчителя біології в умовах профільного навчання [215; 225], досліджувалась історія розвитку шкільної біологічної освіти в цілому [240] та окремих методичних питань, наприклад формування наукової картини світу [206].

Обговорюючи на практичних заняттях з дисципліни «Методика навчання біології» способи відображення науки в змісті освіти, нами наголошується на тому, що принцип науковості отримав статус дидактичного з 1950 року, коли він був сформульований і обґрунтований М. М. Скаткіним у статті «О принципах обучения в советской школе» [363, с. 105]. На основі багаточисельних теоретичних та прикладних досліджень всі вимоги, що складають зміст принципу науковості, можна представити у вигляді трьох ієрархічно взаємопов'язаних положень, а саме, зміст освіти повинен [363]: 1) відповідати рівню сучасної науки; 2) включати зміст, що необхідний для створення в учнів уявлення про спеціальні та загальнонаукові методи пізнання; 3) демонструвати учням найважливіші закономірності процесу пізнання.

Як же наука проникає в галузь навчального предмета? По-перше, безпосередньо – оскільки вона є безпосереднім джерелом, з якого зміст освіти формується на рівні конкретного навчального предмету. По-друге, опосередковано. Як саме? Для цього необхідно встановити, по-перше, шляхи

проникнення науки в зміст освіти; по-друге, з'ясувати специфіку відображення науки в змісті освіти.

Передусім слід мати на увазі, що наука одночасно є і логічною системою знань, і формою людської діяльності, і соціальним інститутом.

У структурі кожної науки прийнято виділяти три галузі знань: власне предметні знання, знання про специфічні методи пізнання та історико-наукові знання [363, с. 107].

Власне предметне знання фіксується в певних формах – поняттях, фактах, законах, теоріях, гіпотезах, науковій картині світу. Специфічні методи пізнання – це методи, притаманні даній науці або групі споріднених наук. Історико-наукові знання – це знання, що демонструють суспільне пізнання або пізнання вченого, знання про виникнення та розвиток проблем, понять, теорій та знання про творчість того або іншого вченого.

Л. Я. Зоріна відмічає, що знання про методи пізнання та історико-наукові знання в змісті освіти ще не досягли того статусу, який визначається цілями освіти [118; 363, с. 107]. Водночас у такому компоненті змісту освіти як знання знаходять відображення всі структурні компоненти науки, але в залежності від провідної функції (компоненту) навчального предмета вони різні. В тих навчальних предметах, де ведучим компонентом є предметні наукові знання – основи наук (фізика, хімія, біологія, астрономія, історія, географія) чітко виражені всі структурні елементи науки – від понять до теорій [363].

Структурні елементи науки в змісті освіти на рівні навчальних дисциплін відіграють роль дидактичних одиниць змісту та процесу навчання, тобто того об'єкта, який повинен бути засвоєний повністю. На початковому етапі такими одиницями змісту є поняття і системи понять, на проміжному етапі – системи понять, закони, в старшій школі – закони та теорії. Найкрупнішою дидактичною одиницею є теорія. Аналіз теорії, її відображення в навчальному процесі і процес засвоєння її учнями як цілісного системного об'єкта привів до розуміння необхідності, по-перше, певного відбору і розподілу навчального матеріалу, по-друге, необхідності включення в зміст освіти допоміжних методологічних знань [363].

Таким чином, за В. Краєвським, І. Лернером [363]: 1) наука, як система знань відображається у всіх елементах змісту освіти; 2) всі елементи науки, у яких фіксується наукове знання, входять до змісту освіти, але їх відображення диференційоване в залежності від типу навчального предмету; 3) основні структурні елементи науки є дидактичними одиницями змісту освіти, тобто тими об'єктами, які повинні бути засвоєні цілісно із внутрішніми зв'язками; 4) дидактичні одиниці визначають процес навчання ним: предметний та внутріпредметний зміст, спосіб організації матеріалу; 5) наука впливає на формування особистості, однак виховні функції науки використовуються у школі недостатньо.

Наука як діяльність відображається в змісті освіти через: 1) включення методологічних знань (знань про процес та загальні й спеціальні методи пізнання); 2) пошукову діяльність, що відповідає етапам та логіці наукового дослідження (постановка проблеми, формулювання гіпотез, вибір засобів розв'язку і перевірка його доказовості, оформлення результатів); 3) прийоми навчання, що відповідають методам науки (наприклад, використання експерименту, спостереження для отримання нового знання); 4) таку логіку організації пізнання, яка відповідає руху думки від явища до сутності і від сутності до явища.

При підготовці до практичного заняття з теми «Методика навчання біології як галузь педагогічної науки» студентам пропонується відшукати відповідь на питання:

1. Назвіть на розкрийте вимоги, що складають зміст принципу науковості. 2. Якими шляхами проникає наука в галузь навчального предмета? Наведіть конкретні приклади із шкільного курсу біології. 3. Які галузі знань виділяють у структурі будь-якої науки? 4. В яких

формах фіксується власне предметне знання? Наведіть конкретні приклади із шкільного курсу біології. 5. Які методи належать до специфічних для даної наукової галузі методів пізнання? Наведіть приклади суто біологічних методів дослідження. 6. Поясніть, що таке історико-наукові знання. Наведіть конкретні приклади із шкільного курсу біології, скористайтесь програмою з біології для шкільними підручниками. 7. Від чого, на думку Л.Я. Зоріної, залежить відображення в змісті освіти структурних компонентів науки? Наведіть приклади. 8. Що таке дидактична одиниця змісту та процесу навчання? Які структурні елементи науки виступають в ролі дидактичних одиниць. 9. Поясніть, як у змісті освіти розкривається логіка наукової діяльності. 10. Що розуміють під загальними та спеціальними методами наукового пізнання? Наведіть приклади. 11. Опишіть, як теоретичний метод дослідження може відображатися в змісті освіти. 12. Перелічіть та розкрийте основні тенденції розвитку сучасного природничо-наукового знання.

Після колективного обговорення вищенаведених питань, організовується дискусія (завдання, позначені *, характеризуються підвищеним рівнем складності):

1. Як ви думаєте, з чим пов'язане обґрунтування принципу науковості як дидактичного саме в середині ХХ століття? 2. Подумайте, з чим пов'язані труднощі відображення основ науки у відповідній навчальній дисципліні, зокрема в біології? 3. Опишіть вплив біологічної науки як системи знань на склад та структуру змісту освіти.* 4. Опишіть вплив біологічної науки як виду діяльності на склад та структуру змісту освіти.* 5. Складіть схему впливу біологічної науки на зміст та структуру навчального предмету «Біологія»*.

Вивчення студентами природничих спеціальностей теми «Біологія як навчальний предмет» відбувається з обговоренням кола наступних питань: 1. Дайте визначення поняття «навчальний предмет». 2. Поясніть, чим навчальний предмет відрізняється від сукупності знань з основ відповідної науки. 3. Які блоки входять до складу навчального предмета? 4. Чим визначається зміст основного блоку? 5. Чим визначається виділення ведучого компонента навчального предмета? 6. Дайте означення основним елементам предметних наукових знань шкільної біології. 7. Охарактеризуйте знання, які входять до складу допоміжних знань процесуального блоку. 8. Охарактеризуйте способи введення допоміжних знань до змісту програмного матеріалу навчального предмета «Біологія».

З метою організації дискусії пропонуємо студентам наступні питання: 1. Поясніть, у чому полягає єдність і взаємозв'язок основного і процесуального блоку навчального предмета. 2. Обґрунтуйте віднесення біології до навчального предмету, в якому ведучим компонентом є предметні наукові знання. 3. Поміркуйте, чому комплекс логічних, методологічних та філософських знань належить до міжнаукових. 4. Обґрунтуйте переваги та недоліки кожного з трьох способів введення комплексу допоміжних знань до змісту програмного матеріалу навчального предмета.

У процесі вивчення теми «Історичні концепції шкільного природознавства» студенти опрацьовують нижченаведені питання: 1. Що таке концепція? 2. Що, на думку Б. Д. Комісарова, визначає цілі та зміст освіти та виховання? 3. Під впливом чіх ідей відбувалося формування шкільної освіти в цілому та біологічної зокрема у ХХ столітті? 4. Перелічіть та поясніть основні ідеї методології Ф. Бекона. 5. З чого, на думку Я. А. Каменського повинно починатися учнівське пізнання? 6. Яке значення для розвитку шкільного природознавства мало створення першого підручника В. Ф. Зуєвим? 7. Який вклад у розвиток методики навчання природничих дисциплін зробив А. Любен? 8. Оцініть внесок Ч. Дарвіна у розвиток методичної думки. Перелічте основні постулати позитивістської концепції пізнання. Які дефініції терміну «парадигма» вам відомі? 9. Що розуміє Т. Кун під терміном «парадигма»? 10. Розкрийте сутність тих аспектів, в яких Т. Кун розглядає наукову парадигму. 11. Опишіть шлях, за яким, згідно Т.Куна, відбувається розвиток нового наукового знання. 12. Як розглядається термін «парадигма» у педагогічній науці з 90-х років ХХ століття? 13. Назвіть та охарактеризуйте основні положення поліпарадигмального

підходу як методологічної основи педагогічного процесу. 14. З яких трьох позицій розуміється термін «парадигма» у дослідницькій та педагогічній практиці?

Дискусію пропонуємо організувати за такими питаннями: 1. Користуючись додатковою літературою з історії педагогіки та історії методики навчання біології, обґрунтуйте тезу Б. Д. Комісарова про те, що стан суспільного та культурного життя в певну історичну епоху визначає структуру і напрямки наукового пошуку в цілому, і цілі та зміст освіти й виховання зокрема. 2. Поясніть, який вплив для розвитку наукової думки взагалі і природничої науки зокрема, здійснила беконівська методологія пізнання. 3. Користуючись додатковою літературою з історії методики навчання біології, спробуйте дати оцінку тому, наскільки методологічно вірно побудовано підручник В. Ф. Зуєва. 4. Користуючись додатковою літературою з історії методики навчання біології, спробуйте дати оцінку тому, наскільки методологічно вірно побудовано підручник А. Любена. 5. Розкрийте основні відмінності у поглядах О. Я. Герда та В. В. Половцова на включення у шкільний курс біології відомостей еволюційного характеру. Поясніть причини цих відмінностей. 6. Чим можна пояснити бурхливий розвиток методики навчання природничих дисциплін, зокрема біології у радянський час? 7. Користуючись додатковою літературою, поясніть, які докази наводять П. Дюгем, О. О. Любищев, Т. Кун та П. Фейєрабенд для спростування позитивістської концепції пізнання як методологічного базису педагогічних досліджень. 8. Поясніть, чому причини та факт наукової революції часто маскується в освітянській галузі? 9. Обґрунтуйте, як з позиції парадигмального підходу до розвитку наукового знання можна пояснити недостатню усвідомленість учнями механізму історичного розвитку базисної науки? 10. Запропонуйте шляхи введення до змісту шкільної біології історико-методологічних знань.* 11. Поясніть причини непримиренної боротьби між прихильниками різноманітних парадигмальних настанов у педагогічній науці, користуючись знаннями з курсу історії педагогіки. 12. З чим, на вашу думку, пов'язане існування різноманітних парадигмальних підходів у сучасній педагогічній галузі? 13. Наведіть обґрунтування висловлюванню В. В. Краєвського про «парад парадигм» як про негативне явище у педагогічній науці.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАТЬ ІЗ БІОЛОГІЇ В УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ

4.1 Методи і прийоми формування системи знань із біології в учнів 10-класу

4.1.1 Клітинна теорія як фундаментальний системотвірний елемент знань учнів 10 класу.

Проблема визначення елементів змісту шкільної біологічної освіти та їх реалізація в навчальному процесі завжди була, є і буде однією з актуальних проблем методики навчання біології. Як було зазначено вище, за одним із існуючих підходів, всі елементи змісту освіти взагалі і біологічної зокрема поділяються на факти, поняття, закони та теорії. У філософській та методичній науці вчені по-різному підходять до визначення сутності наукових теорій, їх класифікації та структури. Про це йшла мова вище.

Підсумуємо, що «теорія» розглядається як форма наукового достовірного знання, знакова модель [187; 407], як система знань про дійсність, що має описову, пояснювальну та передбачувальну функцію [387], як система основних тверджень, яка узагальнює досвід і відображає закономірності природи, суспільства та людського мислення [291]. Всі наукові теорії поділяються на дві групи: математичні та емпіричні. Останні – на описові, математизовані та дедуктивні [407]. Наукові теорії, що вивчаються в шкільному курсі біології (клітинна, генна, мутаційна, хромосомна, синтетична теорія еволюції) належать до описових емпіричних теорій. Характерними їх рисами є обширна емпірична база, тому такі теорії виконують, насамперед, функцію її впорядкування. Крім того, описові теорії мають якісний характер. Це обумовлює їх обмеженість, пов'язану з неможливістю кількісно охарактеризувати те чи інше явище [407].

Оскільки наукові теорії є одним з елементів змісту біологічної освіти школярів, то в методиці навчання біології склалося два підходи до їх вивчення – логічний та історичний [187; 356]. Згідно першого підходу вивчення наукових теорій базується на засвоєнні основних її складових елементів – фактів, постулатів та висновків. Згідно другого перед учнями необхідно розкривати історичний шлях становлення наукових теорій і тим самим сприяти формуванню знань про історію біологічної науки. Окреслені два підходи не суперечать, а органічно доповнюють один одного, оскільки перший переважає в основній школі, а другий – в старшій.

Клітинна теорія є стрижнем, який цементує знання з анатомії, фізіології, систематики, еволюції [187]. На думку деяких методистів при вивченні цитології «створюються передумови для вивчення в наступних темах походження життя, індивідуального розвитку і спадковості» [253].

Спробуємо, по-перше, розкрити зв'язок клітинної теорії з змістовими лініями шкільного курсу біології і на основі цього визначити зв'язки, що існують між змістовими лініями шкільного курсу біології.

По-друге, розробити класифікацію завдань на засвоєння знань про клітинну теорію, яка ґрунтується на типології зв'язків між змістовими лініями шкільного курсу біології.

Перш за все, визначимося із змістом поняття «клітинна теорія».

За робоче визначення цього елемента системи знань учнів 10-го класу візьмемо таке: «клітинна теорія – система наукових уявлень про суборганізмову будову будь-якого живого організму».

Зазначимо, що у розділі 3 було подано формулювання положень клітинної теорії у діючих підручниках з біології [19; 241; 359].

Наступним кроком є визначення поняття «змістова лінія». Пропонуємо за робоче використовувати наступне: змістова лінія – система елементів змісту шкільної біологічної освіти, формування якої носить наскрізний характер з основної до старшої школи і результує у формуванні біологічного світогляду учнів.

Наукова теорія є елементом змісту біологічної освіти, а саме біологічних знань, поряд з фактами, поняттями, законами. Зв'язок змістових ліній шкільної біології та наукових біологічних

теорій існує як зв'язок цілого та його частин. Відомо, що досліджуючи ціле, можна здобути нові знання про його частини. Ґрунтуючись на цьому, нами було визначено зв'язки між змістовими лініями шкільної біології, визначено послідовність розгортання клітинної теорії в шкільній біології та розроблено класифікацію завдань на засвоєння знань про клітинну теорію.

Розгортання клітинної теорії здійснюється в світлі таких змістових ліній шкільної біології [294]: рівні та форми організації живої і неживої природи (молекулярно-клітинний рівень (МКР), організмний рівень (ОР), закони і закономірності природи (ЗЗП), методи наукового пізнання (МНП). Нижче у таблиці подано зміст вищевказаних змістових ліній, що сприяє формуванню уявлень про клітинну теорію.

Таблиця 4.1

Змістові лінії у формуванні уявлень про клітинну теорію

Змістова лінія	Навчальний зміст
МКР (6-й клас)	Будова та процеси життєдіяльності рослинної клітини. Будова та процеси життєдіяльності тваринної клітини
МКР (7-й клас)	Будова та процеси життєдіяльності тваринної клітини
МКР (8-й класи)	Клітинна будова організму людини, хімічний склад клітин
МКР (9-й, 10-й клас)	Хімічний склад живого, органели клітин та їх функції
МКР (9-й, 11-й клас)	Хромосома, ген, алель, мутації, молекулярна теорія гена, хромосомна теорія, мутаційна теорія, закони Г. Менделя
ОР (6-й клас)	Структура рослинного організму, тканини рослин, їх будова та функції, розмноження рослин. Подвійне запліднення
ОР (7-й клас)	Структура тваринного організму, тканини тварин, їх будова та функції, розмноження тварин
ОР (8-й класи)	Рівні організації організму людини. Обмін речовин. Розмноження людини
ОР (9-й, 10-й клас)	Рівні організації живої матерії. Мітоз, мейоз. Обмін речовин.
ОР (11-й клас)	Розмноження організмів. Подвійне запліднення. Спадковість і мінливість. Генотип
ЗЗП (6-й клас)	Різноманітність рослинних організмів (одно-, багатоклітинні). Диференціювання функцій клітин. Поняття про клітинну теорію
ЗЗП (7-й клас)	Різноманітність тваринних організмів. Диференціювання функцій клітин
ЗЗП (8-й клас)	Єдність клітинної будови тваринного та людського організмів
ЗЗП (9-й, 10-й клас)	Єдність хімічного складу організмів – доказ еволюції органічного світу. Постулати класичної та сучасної клітинної теорії.
ЗЗП (9-й, 11-й клас)	Спільність мітозу, мейозу, у живих організмів. Закон Харді-Вайнберга, еволюційні гіпотези

МНП клас)	(6-й	Емпіричні: мікроскопіювання, спостереження, розпізнавання, визначення, експеримент. Діалектичні: порівняння, абстрагування, аналіз, синтез, узагальнення, класифікація, систематизація, конкретизація
МНП клас)	(7-й	Емпіричні: мікроскопіювання, спостереження, розпізнавання, визначення, експеримент. Діалектичні: порівняння, абстрагування, аналіз, синтез, узагальнення, класифікація, систематизація, конкретизація
МНП клас)	(8-й	Емпіричні: мікроскопіювання, спостереження, розпізнавання, визначення, експеримент. Діалектичні: порівняння, абстрагування, аналіз, синтез, узагальнення, класифікація, систематизація, конкретизація
МНП (9-й, 10-й клас)		Емпіричні: мікроскопіювання, спостереження, розпізнавання, визначення, експеримент. Теоретичні: формалізація, ідеалізація. Діалектичні: порівняння, абстрагування, аналіз, синтез, узагальнення, класифікація, систематизація, конкретизація
МНП клас)	(11-й	Емпіричні: спостереження, розпізнавання, визначення, методи математичної статистики, експеримент. Теоретичні: формалізація, ідеалізація. Діалектичні: порівняння, абстрагування, аналіз, синтез, узагальнення, класифікація, систематизація, конкретизація, моделювання

Аналіз наведеної таблиці дозволяє стверджувати наступне:

1. У межах курсів біології 6-8 класів розвиток змістових ліній щодо уявлень про клітинну будову живих організмів відбувається лінійним шляхом, тобто між ними існує послідовний вертикальний зв'язок.

2. У межах кожного навчального курсу змістові лінії МКР, ОР, ЗЗП знаходяться між собою у послідовних горизонтальних зв'язках.

3. Розкриття змістової лінії МНП (методи наукового пізнання) дещо не вписується в загальну тенденцію засвоєння знань про клітинну будову живого. Ця змістова лінія є методологічною основою для засвоєння біологічних знань учнями взагалі і клітинної теорії зокрема. Вона розкривається одночасно з розгортанням змістових ліній МКР, ОР, ЗЗП. Зв'язок, що існує між методами наукового пізнання та іншими змістовими лініями названий нами паралельним горизонтальним зв'язком.

Отже, існує три основні види зв'язків між змістовими лініями шкільної біології (на прикладі розвитку уявлень про клітинну теорію):

- горизонтальний послідовний (в межах одного навчального курсу між різними змістовими лініями – МКР – ОР – ЗЗП);
- вертикальний послідовний (між різними навчальними курсами в межах однієї змістової лінії – МКР (6-й клас) – МКР (7-й клас) –...);
- горизонтальний паралельний (в межах одного навчального курсу між змістовою лінією «методи наукового пізнання» та іншими змістовими лініями – МНП – МКР; МНП – ОР; МНП – ЗЗП).

Наведена вище класифікація зв'язків є спрощеною, оскільки не враховує узагальнюючий характер розгортання уявлень про клітинну будову живих організмів. При переході від одного навчального курсу до іншого, від одного розділу до іншого в старших класах не тільки збільшується обсяг основних понять клітинної теорії, але й поглиблюється їх зміст, розширюється їх обсяг. Вищеназване потребує введення такого типу зв'язку як узагальнюючий вертикальний (для кожної змістової лінії в межах різних навчальних курсів та розділів для старшої школи). За

напрямок він повністю співпадає з вертикальним послідовним, але останній демонструє збільшення обсягу понять, а перший – змісту.

Грунтуючись на розробленій класифікації зв'язків між змістовими лініями шкільного курсу біології, нами розроблено класифікацію завдань на засвоєння учнями знань про клітинну теорію.

1. Завдання на засвоєння горизонтальних послідовних зв'язків.
2. Завдання на засвоєння паралельних горизонтальних зв'язків.
3. Завдання на засвоєння вертикальних послідовних зв'язків.
4. Завдання на засвоєння узагальнюючих вертикальних зв'язків.

Нижче наведемо приклади завдань згідно розробленої класифікації.

Завдання на засвоєння горизонтальних послідовних зв'язків:

6-й клас, тема «Рослини»: Дайте визначення поняття «тканини рослин». Які тканини рослин вам відомі? В чому їх спільність? З яких елементів складаються тканини? Чим пояснюється різниця в будові та функціях різних тканин рослин?

Запропоноване завдання сприяє розкриттю зв'язку між змістовими лініями МКР (молекулярно-клітинний рівень) – ОР (організмний рівень) в межах курсу біології рослин, оскільки зорієнтоване на оперування учнями такими поняттями, як «рослинна клітина», «тканини рослин, їх будова та різноманітність».

6-й клас, тема «Різноманітність рослин»: У яких груп рослин у процесі еволюції вперше виникають тканини? Які саме тканини виникають в процесі еволюції? Яке це має значення для рослин? Сформулюйте загальний висновок про те, з чим пов'язано виникнення саме цих видів тканин у рослин.

Завдання спрямоване на розкриття зв'язку між змістовою лінією ОР (організмний рівень) біології 6-го класу та змістовою лінією ЗЗП (закони та закономірності природи) цього ж курсу.

Завдання на засвоєння паралельних горизонтальних зв'язків:

6-й клас, тема «Рослини» – якими методами можна вивчати будову клітин рослин? Чому саме такими? Чим це пояснюється? Якими методами можна вивчати основні процеси життєдіяльності рослин (фотосинтез, дихання, транспірація)?

Завдання спрямоване на розкриття зв'язку між змістовими лініями МКР (молекулярно-клітинний рівень) – МНП (методи наукового пізнання) та ОР (організмний рівень) – МНП (методи наукового пізнання). Під час відповіді на запитання учні мають назвати такі емпіричні методи наукового пізнання: мікроскопіювання, спостереження, експеримент. Завдання ґрунтується на першому постулаті клітинної теорії.

Завдання на засвоєння вертикальних послідовних зв'язків:

7-й клас, тема «Процеси життєдіяльності тварин» – 1) Дайте визначення поняття «тваринна клітина», ґрунтуючись на відомому вам визначенні поняття «рослинна клітина»; 2) Дайте визначення поняття «тканини тварин», ґрунтуючись на відомому вам визначенні поняття «тканини рослин».

Перше завдання розкриває зв'язок між змістовою лінією МКР «молекулярно-клітинний рівень» курсу біології рослин та цією ж лінією курсу біології тварин. Друге завдання розкриває зв'язок між змістовою лінією ОР (організмний рівень) 6-го класу та цією ж лінією у 7-му класі.

11-й клас, тема «Розмноження організмів» – 1) Які види розмноження організмів вам відомі? 2) Завдяки якому типу поділу клітин можливим є нестатеве та вегетативне розмноження; статеве розмноження?

Завдання ґрунтуються на зв'язках між змістовою лінією ОР (організмний рівень) для розділу «Організмний рівень життя» для 10-го та 11-го класу.

Завдання на засвоєння узагальнюючих вертикальних зв'язків:

6-й клас, тема «Клітина» – 1) У чому подібність та відмінність між клітинами рослин і тварин. Відповідь оформіть у вигляді порівняльної таблиці; 2) У чому подібність будови і функцій тканин рослин і тварин? Чим це пояснюється? У чому відмінність будови та функцій тканин рослин і тварин? Чим це пояснюється?

Перше завдання ґрунтується на узагальнюючому зв'язку між змістовими лініями МКР (молекулярно-клітинний рівень) 6-го класу та 7-го класу. Друге завдання сприяє реалізації узагальнюючих зв'язків між змістовими лініями ОР (організмний рівень) для цих же курсів.

6-й клас, тема «Одноклітинні організми», 7-й клас, тема «Різноманітність тварин» – Що спільного в будові хламідомонади й інфузорії-туфельки? Що спільного в будові водорості спірогири та гідри звичайної?

Завдання сприяє реалізації узагальнюючих зв'язків між змістовими лініями МКР, ОР (організмівий рівень) 6-го класу та курсом 7-го класу. Завдання ґрунтується на першому та другому постулаті клітинної теорії.

10-й клас, розділ «Клітинний рівень організації живої природи» - Порівняйте класичне та сучасне тлумачення клітинної теорії. Відповідь оформіть у вигляді таблиці, самостійно визначивши ознаки для порівняння. Поясніть вплив суспільно-історичних процесів на розвиток уявлень про фундаментальну теорію біології.

Порівняльна характеристика класичного та сучасного тлумачення клітинної теорії

Ознаки	Класична клітинна теорія	Сучасна клітинна теорія

Завдання сприяє реалізації узагальнюючих зв'язків між змістовою лінією ЗЗП 6-го класу та 10-го класу.

11-й клас, тема «Розмноження організмів» – 1) Охарактеризуйте явища спадковості та мінливості організмів, використовуючи терміни «мітоз», «мейоз». 2) Охарактеризуйте процес подвійного запліднення, використовуючи терміни «мітоз», «мейоз», «гаплоїдна клітина», «диплоїдна клітина», «триплоїдна клітина». 3) Поясніть сутність процесу клонування організмів з погляду сучасної клітинної теорії.

Завдання дозволяють розкрити узагальнюючий зв'язок між змістовою лінією ОР (організмівий рівень) для 10-го та 11-го класу.

Наведені вище приклади свідчать про те, що формування уявлень про клітинну теорію починається з 6-го класу і продовжується в 11-му, хоча її постулати за програмою засвоюються в 10-му класі в розділі «Клітинний рівень організації живої природи».

У світлі досліджуваної проблеми необхідно вказати на взаємозв'язок клітинної теорії з іншими біологічними теоріями, що вивчаються в шкільному курсі біології: генної, мутаційної, хромосомної теорії та еволюційних гіпотез. Клітинна теорія є основою для їх засвоєння. Так, наприклад, під час вивчення закону Харді – Вайнберга в 11-му класі учні мають оперувати такими поняттями, як «ген», «мутація», «хромосома», «алель», «генотип», «кросинговер», «обмін генами», «група зчеплення», «гетерозигота», «гомозигота». Вищевказані поняття позначають біологічні об'єкти та процеси, що стосуються суборганізмівого рівня організації живого: клітинного та молекулярного. Їх засвоєння можливе на основі понять, що складають зміст клітинної теорії, а саме: «статеві клітини», «статеве розмноження», «мейоз», «ядро, його будова та функції». Ознайомлення з математичним виразом закону Харді – Вайнберга дає можливість формувати уявлення школярів про такі методи наукового пізнання, як ідеалізація та формалізація. При цьому реалізується паралельний горизонтальний зв'язок між змістовими лініями 11-го класу ЗЗП та МПН (методи наукового пізнання). Більш детально про це буде йти мова нижче.

Таким чином, клітинна теорія є фундаментальним системотвірним елементом, на якому ґрунтуються інші біологічні теорії шкільного курсу біології. Її вивчення починається з формування елементарних уявлень про клітинну будову організмів (6-8-й класи), продовжується в 9-му, 10-му класі під час засвоєння положень сучасної клітинної теорії та результує у створенні підґрунтя для засвоєння генної, хромосомної, мутаційної та синтетичної теорії еволюції в 11-му класі.

Аналіз змістових ліній шкільної біології з метою виділення елементів знань, на основі яких здійснюється засвоєння учнями уявлень про клітинну теорію, дає можливість:

- зробити процес засвоєння знань про клітинну теорію цілеспрямованим та поетапним;
- розробити класифікацію навчальних завдань для учнів основної та старшої школи на засвоєння знань про клітинну теорію;
- розробити методикку вивчення біологічних теорій в шкільному курсі біології взагалі, і клітинної теорії зокрема.

4.1.2 Формування елементів системи знань про клітинний рівень організації життя на лабораторних роботах та під час проведення експериментальних досліджень. Проблема проведення експериментальних досліджень при організації навчального процесу з біології, зокрема на лабораторному практикумі, не є новою у вітчизняній методиці навчання цієї шкільної дисципліни [235; 236; 259; 260; 427 та ін.]. У періодичній пресі розглядалися загальні питання організації лабораторних та практичних робіт з біології [235], методика проведення лабораторних робіт у курсі «Біологія людини» [236; 259; 260], методика формування на лабораторному практикумі навчально-дослідницьких умінь в учнів 10 класу [261], методика виготовлення цитологічних препаратів [223] та застосування комп'ютерної програми в 10 класі [139]. На жаль, недостатньо уваги, на нашу думку, приділено особливостям організації експериментальних досліджень не тільки на уроках, але й у позаурочній та позакласній роботі. Автором були розкриті окремі питання методики організації експериментальних досліджень в 11 класах [173]. Було порушено питання співвідношення предметного та нормативного (методологічного) знання під час вивчення біології, зокрема методика формування предметних знань учнів на лабораторних та практичних роботах в 11 класі. Нижче зупинимося на висвітленні окремих питань методики проведення в старших класах експериментальних досліджень мікробіологічного змісту. Об'єктом нашої уваги є процес ознайомлення учнів з методами мікробіологічних досліджень, тобто процес формування методологічних знань учнів. Пропонуємо для розгляду дві роботи, метою яких є ознайомлення учнів з методами мікробіологічних досліджень. Перша робота «Розведення культури сінної палички та інфузорії туфельки», друга робота – «Виявлення мікроорганізмів у повітрі». Розглянемо детальніше особливості їх проведення.

Між роботами є такі спільні риси.

По-перше, об'єктами учнівського дослідження є мікроскопічні організми, які належать до різних царств живої природи (в першій роботі – представники дроб'янок та одноклітинних тварин, в другій роботі – тільки представники дроб'янок).

По-друге, роботи характеризуються наявністю обов'язкового етапу попередньої підготовки (приблизно 2-3 дні).

По-третє, попередня підготовка полягає у підготовці поживних середовищ для культивування мікроорганізмів.

Чим же відрізняються роботи? Принципова відмінність їх, на нашу думку, в тому, що вони переслідують різні цілі. Перша має на меті ознайомлення з елементарними методами розведення (культивування) мікроскопічних організмів, а друга – ознайомлення з методами мікробіологічного дослідження конкретного середовища існування в діагностичних цілях.

Виходячи із вищезазначеного, слід детальніше зупинитися на таких особливостях роботи «Виявлення мікроорганізмів у повітрі», які логічно впливають одна з одної.

- дослідження вимагає дотримання таких умов як постановку досліду в декількох варіантах та обов'язкову наявність контрольного варіанту досліду;

- школярі мають здійснити кількісний аналіз результатів дослідження, а саме скористатися математичними методами обробки отриманих результатів;

- у зв'язку з використанням математичних методів обробки кількісних результатів дослідження друге дослідження набуває міжпредметного характеру. Останній можна реалізувати двома шляхами, про які буде сказано нижче.

Експериментальне дослідження 1. Розведення культури сінної палички та інфузорії туфельки.

Мета: оволодіти методами розведення в лабораторних умовах культури сінної палички та інфузорії туфельки.

Обладнання: конічні колби, сіно, шматочки крейди, чашки Петрі, предметні та накривні скельця, фільтрувальний папір, мікроскопи.

Робота виконується груповим методом.

Хід роботи:

Отримання культури сінної палички

Культура готується за 2-3 дні до заняття.

1. Для одержання культури сінної палички у конічну колбу (об'ємом 0,3 – 0,5 л) вміщують 10 г свіжого сіна, наливають 200 мл води, додають грудочку крейди (для нейтралізації) і кип'ятять протягом 20–30 хв. За цей час в розчин переходять поживні речовини, і водночас гинуть майже всі неспороздатні та переважна більшість спороздатних бактерій. Спори сінної палички витримують кип'ятіння протягом 2 годин. Одержаний сінний настій розливають у стерильні колби шаром 1–2 см, щоб краще відбувалася аерація, колби закривають ватою і розміщують у термостаті за температури 30⁰С на 2–3 доби. На поверхні настою повинна утворитися добре помітна тоненька бактерійна плівка. З неї виготовляють тимчасові мікропрепарати.

2. Приготуйте тимчасовий препарат сінної палички методом роздавненої краплі. Замалуйте побачене під мікроскопом. У полі зору повинні бути добре помітні поодинокі та з'єднані у нитки (стрептобактерії) клітини сінної палички.

Отримання культури інфузорії-туфельки

Культура готується за 2–3 тижні до використання на занятті. Для неї готується поживне середовище за одним із способів [53; 116].

1. Підготовлене середовище на декілька днів залишають відкритим для того, щоб у ньому розвелися бактерії, якими харчуються інфузорії.

2. Для зараження середовища інфузоріями необхідно додати до підготовленого середовища близько стакана води, взятої з придонного шару із певною кількістю мулу з водойми (ставок, калюжа), багатої на гниючі рослинні залишки.

3. Приготуйте тимчасовий препарат інфузорії туфельки. Замалуйте побачене піз мікроскопом.

У висновку виділіть та поясніть спільність і відмінність застосованих методів культивування бактерій та найпростіших у лабораторних умовах. Висновок можна оформити у вигляді таблиці:

	Представники Царства Дроб'янки	Представники Царства Тварини	Представники Підцарства Одноклітинні
Спільність у застосованих методах культивування			
Відмінність у застосованих методах культивування			

Підбиваючи підсумки дослідження, вчителю доцільно буде звернути увагу учнів на тому, що мікробіологія вивчає мікроорганізми, які належать до різних таксонів: бактерії, ціанобактерії, актиноміцети, рикетсії, мікроскопічні гриби та найпростіші. Однак все ж основним предметом вивчення мікробіології є бактерії.

Метою наступного дослідження є ознайомлення учнів із найпростішим і найдоступнішим методом вивчення мікрофлори повітря – методом Р.Коха. Перед проведенням роботи вчитель пояснює учням, що всі методи дослідження мікрофлори повітря об'єднують у дві групи [53]:

1. Методи, які ґрунтуються на безпосередньому аналізі та підрахунку мікроорганізмів у повітрі.

2. Методи, пов'язані із вирощуванням мікробів на поживних середовищах із наступним аналізом їх колоній.

Використання першої групи методів у навчальному процесі практично неможливе, тому що пов'язане із застосуванням спеціального лабораторного обладнання.

Метод Р. Коха, який називають седиментаційним (лат. *sedimentum* - осідання), відноситься до другої групи методів. Він є найбільш доступним у шкільних умовах, але дає тільки приблизні дані про кількість мікробів та їх спор у повітрі.

Експериментальне дослідження 2. Виявлення мікроорганізмів у повітрі.

Мета. Ознайомитися з методами бактеріологічного дослідження повітря, з санітарним значенням цього дослідження.

Обладнання: заздалегідь приготовлений м'ясо-пептонний желатин, 5 чашок Петрі.

Робота виконується демонстраційно або груповим методом.

Хід роботи:

1. Заздалегідь необхідно підготувати стерильний м'ясо-пептонний желатин.
2. Дослід ставиться у класній кімнаті та коридорі. Відкривайте чашки (робота по групам) на 5–7 хв. у такій послідовності:
 - 1 чашка – у класі після прибирання віником;
 - 2 чашка – у класі після вологого прибирання;
 - 3 чашка – у коридорі після прибирання віником;
 - 4 чашка – у коридорі після вологого прибирання;
 - 5 чашка – контроль (не відкривається).
3. На кришках нанесіть помітки про умови взяття проб і поставте чашки у термостат на 1–2 доби.
4. Результати досліду занесіть до таблиці:

Номер досліду	1	2	3	4	5
Умови досліду					
Кількість колоній мікроорганізмів					
Якісна характеристика колоній (колір, розміри)					
Кількість мікроорганізмів у повітрі (в м ³)*					

*Кількість мікроорганізмів у повітрі (в 1 м³) визначають так. По-перше, визначають площу поживного середовища з колоніями в чашці Петрі за формулою $S = \pi r^2$. По-друге, роблять перерахунок колоній, які утворились на чашці, на площу 100 см. По-третє, одержаний результат перераховують на 1 м³ повітря.

Приклад. На площі чашки Петрі (78,5 см²) за 48 год. утворилося 17 колоній. Відповідно на площі 100 см² колоній буде більше:

$$78,5 \text{ см}^2 - 17 \text{ колоній,}$$

$$100 \text{ см}^2 - x, \quad x = 100 \times 17 / 78,5 = 21,6.$$

Перерахунок кількості колоній на площу 100 см² доцільно проводити тому, що за приблизними даними на цю площу за 5 хв. осідають мікроорганізми та їхні спори, які містяться в 10 л повітря. Цей показник дає можливість підрахувати кількість мікроорганізмів у 1 м³ повітря досліджуваного приміщення:

$$21,6 \text{ колоній} - 10 \text{ л,}$$

$$x - 1000 \text{ л,} \quad x = 21,6 \times 1000 / 10 = 2160.$$

Отже, в 1 м³ повітря приміщення, де проводився дослід, міститься 2160 мікробних тілець та їхніх спор.

У висновку поясніть, у чому різниця між одержаними результатами, чим її можна пояснити? Яке санітарне значення вологого прибирання приміщення? Запропонуйте та обґрунтуйте заходи зменшення кількості мікроорганізмів у приміщенні.

В останній роботі обчислення кількості мікроорганізмів у повітрі за формулою не є обов'язковим, але є бажаним, на нашу думку, тому що:

- кількісні методи є одними з основних та обов'язкових серед методів мікробіологічного дослідження;
- обчислення кількості мікроорганізмів в 1 м³ сприятиме кращому унаочненню отриманих результатів досліджень;

- надасть можливість для міжпредметного переносу знань та вмій учнів з галузі математики в галузь біології, зокрема мікробіології.

Наведений вище в роботі хід розрахунку можна запропонувати учням як готовий приклад, в який необхідно механічно підставити експериментальні кількісні дані. Але в такому випадку наскільки усвідомлено школярі здійснять перенос знань та вмій і чи здійснять його взагалі?

З метою підведення учнів до усвідомленого міжпредметного переносу необхідних знань та вмій, вчителю, на нашу думку, слід притримуватися приблизно такої схеми.

1. Після виконання учнями експериментальних дій та заповнення першого та другого стовпчиків таблиці, вчитель повідомляє, що за приблизними даними на площу 100 см^2 за 5 хв. осідають мікроорганізми та їхні спори, які містяться в 10 л повітря. Запитання вчителя: як обчислити кількість мікроорганізмів та їх спор у 1 м^3 повітря? Відповідь учнів: необхідно цю кількість (в 10 л) помножити на 100.

2. Запитання вчителя: чи можемо ми, маючи експериментальні кількісні дані, обчислити кількість мікроорганізмів у 1 м^3 ? Чому? Відповідь учнів: не можемо, тому що не знаємо кількості мікроорганізмів, що знаходиться в 10 л повітря, тобто їх кількість на 100 см^2 поверхні.

3. Запитання вчителя: чи можна здійснити перерахунок кількості мікроорганізмів, що знаходяться в чашці Петрі на 100 см^2 ? Відповідь учнів: можна, за допомогою пропорції, але треба знати площу чашки Петрі.

4. Запитання вчителя: за якою формулою можна обчислити площу чашки Петрі? Відповідь учнів: пригадують математичну формулу обчислення площі кола – $S = \pi r^2$ (можна повідомити учням, що площа чашки Петрі – $78,5 \text{ см}^2$).

5. Далі школярі використовують прийом складання математичної пропорції – обчислюють кількість мікроорганізмів на 100 см^2 (10 л повітря), а потім знаходять кількість мікроорганізмів у 1000 л повітря.

Повертаючись до розпочатої розмови про мету описаного дослідження, слід підкреслити, що застосування в ній кількісних методів обробки результатів дає можливість учням діагностувати наявність різниці в ступені забрудненості повітря шкільних приміщень, а у зв'язку з цим пов'язати її (різницю) із наявністю чи відсутністю вологого прибирання та обґрунтувати його санітарне значення.

Отже, під час виконання вказаних досліджень школярі ознайомлюються з такими методами мікробіологічних досліджень як культивування мікроорганізмів та седиментаційний метод мікробіологічного дослідження повітряного середовища. Перспективи подальшої розробки порушеного питання про методологічні та методичні основи формування елементів системи знань старшокласників ми вбачаємо у визначенні структури методологічних знань з біології школярів старших класів, з'ясуванні можливостей різних організаційних форм вивчення біології для засвоєння учнями нормативних знань і подальшій розробці методики їх формування у старшій школі.

Нижче розглянемо методологічні та методичні особливості формування поняття про клітину як одиницю життя під час проведення лабораторної роботи «Будова клітин прокариотів і еукаріотів» [303; 304].

Лабораторна робота. Будова клітин прокариотів і еукаріотів

Мета: вивчити клітинну будову різних організмів, порівняти її у представників різних таксономічних груп, виділити загальні риси подібності та відмінності між клітинами про- та еукаріотів, навчитися розпізнавати організми, які належать до про- та еукаріотів.

Обладнання: мікроскоп, готові препарати рослинних і тваринних клітин, предметні і покривні скельця, склянки з водою, препарувальні голки, піпетки, цибуля, елодея, пліснява на хлібі, овочах.

Роботу виконують парами.

Хід роботи:

Завдання 1.

Дослід 1. На предметне скло у краплину води помістіть невелику кількість зубного нальоту, взяту сірником з поверхні ясен, змішайте з водою та накрийте покривним склом. Розгляньте препарат при малому та великому збільшенні, замалюйте побачене під мікроскопом.

Дослід 2. Зберіть цвіль білого кольору зі шматка хліба чи овочів. Помістіть її на предметне скло у краплину води і накрийте покривним склом. Розгляньте препарат при великому збільшенні. Знайдіть міцелій – розгалужену багатоядерну клітину. Замалюйте препарат. Позначте на малюнку клітинну стінку, ядро, цитоплазму.

Дослід 3. Приготуйте тимчасовий препарат рослинної клітини (лусочки цибулі, шкірочки елодеї). Розгляньте препарат при малому та великому збільшенні. Замалюйте одну – дві клітини. Позначте на малюнку клітинну стінку, ядро, цитоплазму, пластиди, вакуолі.

Дослід 4. Розгляньте під мікроскопом постійні мікропрепарати тканин тварин (наприклад, печінки). Замалюйте клітини багатокутної форми, ядро, позначте цитоплазму.

Результати досліджень занесіть до таблиці:

	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4
Розміри клітин				
Форма клітин				
Наявність ядра в клітинах				
Наявність вакуолі				
Наявність клітинної стінки				

Завдання 2. Заповніть таблицю «Порівняльна характеристика клітин прокаріот та еукаріот».

Характеристика	Прокаріоти	Еукаріоти
Розміри клітин		
Форма		
Генетичний матеріал		
Рибосоми		
Пластиди		
Мітохондрії		
Клітинна стінка		
Представники		

У висновку:

- поясніть, чому прокаріот та еукаріот відносять до різних надцарств органічного світу;
- дайте відповідь на питання: які біологічні факти, вивчені вами під час проведення чотирьох дослідів, є підтвердженням положень сучасної клітинної теорії? Яких саме?

4.2 Методи і прийоми формування системи знань із біології в учнів 11 класу

4.2.1 *Методика формування підсистеми генетичних знань. Методологічні особливості задач на моногібридне схрещування.* Вважається, що задачі на моногібридне схрещування є одними з найпростіших для розв'язування школярами серед усіх задач генетичного змісту. У методичній літературі наводяться рекомендації та алгоритми їх рішення. Однак, не зважаючи на зовнішню простоту, процес розв'язку іноді пов'язаний із виникненням труднощів в учнів. Причини таких ускладнень розглянемо нижче.

Нижче зупинимося на висвітленні деяких методологічних особливостей генетичних задач, що містять кількісні результати моногібридного схрещування. Для цього, по-перше, опишемо труднощі, які виникають в учнів при розв'язуванні задач на моногібридне схрещування, що містять його кількісні результати; з'ясуємо джерела та причини таких ускладнень; сформулюємо рекомендації, спрямовані на подолання останніх.

Розглянемо просту, на перший погляд, задачу на моногібридне схрещування.

Задача № 1. У кішок коротка шерсть домінує над довгою (ангорською). Короткошерста кішка, схрещена з ангорським котом, принесла 6 короткошерстих кошенят та 2 ангорських. Які припущення можна зробити про генотипи схрещених тварин? [20, с. 6].

Алгоритм розв'язання задачі такий:

1. Запис умови задачі із введенням позначень генів.

A – алель, що зумовлює коротку шерсть, a – алель, що зумовлює довгу шерсть, A? – генотип короткошерстої кішки, aa – генотип ангорського кота.

2. Складання схеми схрещування

P: A? x aa

G: A, ?; a

F₁: Aa, ?a

3. Розрахунок імовірності утворення різних генотипів та фенотипів

Згідно умов задачі, у F₁ є як короткошерсті, так і ангорські кошенята. Кошенята із генотипом Aa за фенотипом є короткошерстими. Значить, генотип ?a відповідає довгошерстому фенотипу, а сам генотип є рецесивною гомозиготою aa. Розмірковуємо далі: один рецесивний алель гомозиготи був отриманий від ангорського кота, а інший – від короткошерстої матері. Отже, мати є гетерозиготою Aa.

Відповідь: за генотипом мати є гетерозиготою, батько є рецесивною гомозиготою.

Так виглядає правильний розв'язок задачі № 1. Відмітимо, що кількісні результати схрещування при рішенні задачі не використовувалися.

На практиці учні припускаються таких помилок:

- насамперед, обчислюють співвідношення фенотипів кошенят у потомстві (3:1);

- співставляють його з другим законом Менделя;

- формулюють висновок про те, що батьківські форми є гетерозиготами.

Спробуємо розібратися, що є джерелом та причиною таких помилок. Джерелом помилки вважатимемо той об'єкт, що включений до змісту задачі. Причиною помилки вважатимемо обставину (явище), що обумовлює виникнення іншого явища.

У наведеній задачі джерелом помилок школярів є інформація про кількісний результат схрещування. Цікаво, що при переформулюванні частини умови, наприклад, так: «Від схрещування короткошерстої кішки та ангорського кота народилися короткошерсті та ангорські кошенята», учні розв'язують задачу правильно, за наведеним вище алгоритмом.

Із рішення задачі № 1 видно, що у F₁ теоретично очікуваним є розщеплення за генотипом 1:1, за фенотипом 1:1. До учнів можна звернутися із пропозицією пояснити причину відхилень між практично отриманими та теоретично очікуваними співвідношеннями генотипів.

Інші формулювання умови: «Короткошерста кішка, схрещена з ангорським котом, принесла 1 короткошерстого та 7 ангорських кошенят (5 короткошерстих та 3 ангорських)» є

найскладнішими для розв'язання. Одинадятикласники виконують розрахунки співвідношень, результати яких не відповідають кількісним співвідношенням законів спадковості.

Однією з причин помилок учнів є недостатнє розуміння умов достовірності законів Менделя, зокрема такої, як велика кількість особин, що аналізуються у потомстві. На думку Л. Я. Зоріної, цілісні знання про закон, як елемент методологічних знань учнів, включають розуміння співвідношення закону та визначення поняття, що вводить на його основі, природи закону, меж його використання [118, с. 89]. Останньому питанню слід приділяти особливу увагу, оскільки пошук відповіді на нього систематизує знання та призводить до формування наукового світогляду школярів.

Іншою причиною помилкового рішення задачі № 1 є формальне засвоєння другого закону Менделя – на рівні кількісного співвідношення генотипів та фенотипів у потомстві. Школярами випускається з виду така умова як гетерозиготність вихідних форм. В учнів формується хибне уявлення про достатність факту кількісного співвідношення фенотипів 3:1 у потомстві для визначення генотипів батьківських форм як гетерозигот. Таке уявлення, зокрема, суперечить даним умови задачі № 1, адже батьківські форми різні за фенотипом.

У методичній літературі сформульовані правила для розв'язування задач на моногібридне схрещування. Наведемо деякі з них [73, с. 8–9]:

Правило перше. Якщо при схрещуванні двох фенотипово однакових особин у їхньому потомстві спостерігається розщеплення ознак, то ці особини гетерозиготні.

Правило друге. Якщо в результаті схрещування особин, які відрізняються фенотипово за однією парою ознак, з'являється потомство, у якого спостерігається розщеплення за цією ж парою ознак, то одна з батьківських особин була гетерозиготна, а друга – гомозиготна за рецесивною ознакою.

Що є спільним для обох правил? По-перше, наявність характеристики фенотипів батьків. По-друге, констатація факту розщеплення ознак у потомстві. По-третє, наявність характеристики генотипів батьків.

Чим відрізняються правила? По-перше, характеристикою фенотипів батьків (однакові та різні). По-друге, характеристикою генотипів батьків.

На основі вищесказаного робимо висновок, що при розв'язуванні переважної більшості задач на моногібридне схрещування, для визначення генотипів батьківських особин необхідною і достатньою є інформація про їх фенотипи та наявність чи відсутність розщеплення у потомстві.

Приклади задачі, під час розв'язування яких використовуються правила, наведені нижче.

Задача № 2. При схрещуванні двох кроликів із чорною шерстю одержано потомство: 5 чорних кроликів і 2 білих. Які генотипи батьків? [73, с. 8].

Відповідь: користуючись правилом № 1, за генотипами батьки є гетерозиготами.

Задача № 3. При схрещуванні пухнастої та гладкошерстої морських свинок одержали потомство: 2 гладкошерсті та 3 пухнасті свинки. Відомо, що гладенька шерсть – рецесивна ознака. Які генотипи батьків? [73, с. 9]

Відповідь: користуючись правилом № 2, за генотипом одна батьківська особина є рецесивною гомозиготою, а інша – гетерозиготою.

Порівняння задач № 1 та 2 демонструє, що кількісні співвідношення фенотипів у потомстві однакові і нагадують співвідношення за другим законом Менделя. Однак у першому випадку використання тільки закону Менделя призводить до помилки у визначенні генотипів батьків, а в другому варіанті може дати правильну відповідь. Іншими словами, при розв'язанні задач, подібних наведеним вище, опора тільки на кількісні співвідношення фенотипів у потомстві для визначення генотипів батьків може призвести до помилки. Для її уникнення слід оперувати інформацією про фенотипи батьків. Разом з тим, володіючи останньою, постає питання про мету введення в зміст умови задачі інформації про кількісні результати схрещування.

Розглянемо наступну задачу.

Задача № 4. У потомстві від схрещування сірої дрозофіли з чорною отримано 290 чорних та 286 сірих дрозофіл. Які генотипи батьків та потомства? А які генотипи, якщо отримано 295 чорних та 908 сірих дрозофіл? [269, с. 35]

Розв'язання задачі № 4.

Розглянемо перший варіант схрещування.

1. Запис умови задачі із введенням позначень генів.

A – алель, що зумовлює сірий колір тіла, a – алель, що зумовлює чорний колір тіла, A? – генотип дрозофіли із сірим кольором тіла, aa – генотип дрозофіли із чорним кольором тіла.

2. Складання схеми схрещування

P: A? x aa

G: A, ?; a

F₁: Aa, ?a

3. Розрахунок імовірності утворення різних генотипів та фенотипів.

Згідно умов задачі, у F₁ є як дрозофіли із сірим кольором, так і дрозофіли із чорним кольором тіла. У сірий колір будуть забарвлені нащадки з генотипом Aa. Мушки із генотипом ?a матимуть чорне забарвлення тіла і будуть рецесивними гомозиготами aa. Розмірковуємо далі: один рецесивний алель такі гомозиготи отримали від сірої батьківської особини, а інший – від чорної особини. Отже, сіра батьківська особина є гетерозиготою Aa.

Відповідь: у першому варіанті схрещування одна батьківська дрозофіла є гетерозиготою, інша – рецесивною гомозиготою, сіре потомство є гетерозиготами, чорне – рецесивними гомозиготами.

Далі розглянемо два способи пошуку рішення на друге питання задачі. Почнемо з варіанту, який частіше використовується в практиці навчання.

Обчислюємо співвідношення отриманих фенотипів, яке наближується до 3:1. Воно відповідає співвідношенню фенотипів потомства, описаного другим законом Менделя, а значить, батьківські форми є гетерозиготами Aa. Для перевірки складається відповідна схема схрещування:

P: Aa x Aa

G: A, a; A, a

F₁: AA:2Aa:aa

За генотипом розщеплення 1:2:1, за фенотипом розщеплення 3:1.

Відповідь: батьківські особини є гетерозиготами, чорне потомство – рецесивними гомозиготами, сіре потомство на 1/3 представлене домінантними гомозиготами, на 2/3 – гетерозиготами.

Нижче наведемо інший хід міркувань по рішенню другої частини задачі.

Сірі дрозофіли у F₁ теоретично можуть мати такі генотипи: одночасно AA та Aa, тільки Aa, тільки AA; чорні – тільки aa. Для утворення рецесивної гомозиготи aa необхідно, щоб один рецесивний алель був отриманий від батьківської особини, інший – від материнської. Значить, у генотипі кожного з батьків міститься рецесивний алель. Оскільки для утворення сірого потомства потрібний хоча б один домінантний алель A, можна однозначно стверджувати, що одна з батьківських особин є гетерозиготою. Щодо генотипу іншої батьківської особини можна лише припустити, що вона може бути як рецесивною гомозиготою, так і гетерозиготою.

У випадку, якщо батьківські особини є гетерозиготами, то у потомстві за умови його багаточисельності розщеплення за фенотипом буде наближатися до 3:1. При цьому сіре потомство приблизно на 1/3 буде представлене домінантними гомозиготами, на 2/3 – гетерозиготами. Кількісні результати схрещування, наведені в умові, з високим ступенем імовірності свідчать про такий варіант генотипів батьків. Однак, не можна виключати і того, що один із батьків є рецесивною гомозиготою. У такому разі все сіре потомство є гетерозиготним. Імовірність такого варіанту значно нижча, ніж попереднього, тому що за умови багаточисельності потомства слід було б очікувати розщеплення за фенотипом 1:1, а не 3:1 (як за даними умови). Проте зовсім виключати такий варіант вважаємо помилковим.

Відповідь: у другому варіанті схрещування одна батьківська особини є гетерозиготою, а інша може бути як гетерозиготою, так і рецесивною гомозиготою.

Для того, щоб подолати подібні описані вище труднощі бажано:

1. Вказувати фенотипи вихідних батьківських форм.

2. При відсутності інформації про фенотипи батьків пропонувати учням висловити припущення щодо всіх можливих генотипів батьківських форм із їх подальшим обґрунтуванням.

3. Наводити результати додаткових схрещувань, наприклад, чорного потомства із вихідними батьківськими формами.

Найбільш доречними, на наш погляд, є п. 1 та п. 2, оскільки реалізація п. 3 буде занадто громіздкою. До того ж навчальна мета подібних задач без зміни обсягу відомого буде повністю досягнутою при реалізації п. 2.

Описані способи рішення другої частини задачі № 4 відрізняються як за якісним результатом, так і за ступенем імовірності останнього. У першому варіанті відповідь однозначна. У другому демонструється, що за обсягом даних умови можна висловити лише припущення про батьківські генотипи. Перший спосіб спирається тільки на кількісні результати схрещування, другий ґрунтується на якісному аналізі фенотипів у потомстві.

Переформулювання другої частини задачі № 4, наприклад, так: «Від схрещування сірих дрозofil отримано 295 чорних та 908 сірих дрозofil. Визначте генотипи батьків» дозволило б розв'язати задачу з використанням першого правила (див. вище) і отримати однозначну відповідь.

Порівнюємо задачі № 1 та № 4.

Спільним в обох задачах є те, що:

1. Мова йде про моногібридне схрещування.
2. За наведеними даними батьківські форми мають різні фенотипи.
3. Від схрещування з'являється фенотипово різне потомство.
4. Наведені абсолютні кількісні результати схрещування.
5. Учням слід визначити генотипи батьківських форм.
6. Кількісні співвідношення фенотипів у потомстві у задачі № 1 та другій частині задачі № 4 однакові, а саме 3:1.

Відмінним є наступне:

1. У задачі № 1 вказано домінуючий та рецесивний алелі. У задачі № 4 така інформація відсутня.
2. Кількість особин у потомстві, що аналізується, значно більша у задачі № 4 порівняно з задачею № 1.
3. Форма питання задачі № 1 передбачає ймовірнісну відповідь (пропонується висловити припущення), а у задачі № 4 форма обох питань передбачає однозначну відповідь.
4. Особливістю задачі № 4 є те, що в одній задачі об'єднано дві різні умови та відповідно слід визначити два шуканих. Іншими словами, умовою задачі передбачено незалежні схрещування двох батьківських пар, при цьому фенотипи першої пари відомі, а другої невідомі. Припускаємо, що учні вважатимуть наступне: мова йде про два схрещування двох батьківських пар, фенотипи яких однакові. Останнє може стати причиною помилки при рішенні задачі.

На основі вищевикладеного закономірно виникають питання:

1. Яку роль у задачах на моногібридне схрещування* відіграють кількісні результати схрещування? Яке значення кількісних результатів, які відхиляються від теоретично очікуваних співвідношень?
2. Яким повинен бути алгоритм розв'язку задач на моногібридне схрещування, кількісні результати якого відхиляються від теоретично очікуваних співвідношень?

*Примітка – ми розглядаємо задачі на моногібридне схрещування, які розв'язують учні до вивчення ними матеріалу про взаємодію генів та зчеплене із статтю успадкування. Тому міркування та методичні рекомендації, висловлені нижче, не стосуватимуться задач із подібним змістом.

Спробуємо дати відповідь на поставлені питання.

Насамперед, усі кількісні результати схрещування, представлені у задачах, слід розбити на дві групи. Перша – результати, які співпадають із теоретично очікуваними або максимально наближаються до них. Друга – результати, які не співпадають із теоретично очікуваним співвідношенням.

Мета задач із результатами першої групи більш-менш зрозуміла. Вони спрямовані на автоматизацію навичок: 1) розпізнавання типу задачі; 2) визначення закону спадковості, за яким відбувається успадкування ознаки; 3) застосування закону для визначення генотипів батьків та потомства.

Задачі із результатами другої групи, на нашу думку, переслідують зовсім іншу мету. Вона полягає у застосуванні знань про умови достовірності законів спадковості, меж їх використання, розумінні причин відхилень теоретично очікуваних результатів від отриманих.

Умовами виявлення законів Менделя у класичній формі є [26, с. 352]:

1. Гомозиготність вихідних форм.
2. Утворення гамет усіх можливих типів у рівних співвідношеннях.
3. Нормальний хід мейозу.
4. Однакова життєздатність гамет.
5. Рівна ймовірність зустрічі гамет під час запліднення.
6. Однакова життєздатність зигот.

Закони Менделя мають універсальний характер для:

- диплоїдних організмів;
- організмів, що розмножуються статевим шляхом;
- аутосомних генів;
- генів з повною пенетрантністю та постійною експресивністю.

До умов дотримання третього закону Менделя належить відсутність зчеплення між генами, тобто їх розташування в різних хромосомах.

Методологічні правила Г. Менделя наступні [21, с. 87]:

1. Схрещувані організми повинні належати до одного виду.
2. Схрещувані організми повинні чітко відрізнятися за окремими ознаками.
3. Досліджувані ознаки повинні бути константними, тобто відтворюватися із покоління в покоління в межах лінії (батьківської форми).
4. Необхідні характеристика та кількісний облік усіх класів розщеплення, якщо воно спостерігається у гібридів першого та наступного поколінь.

Для того, щоб у різних варіантах схрещування у нащадків виявилися всі фенотипові класи у теоретично очікуваному співвідношенні, необхідним є дотримання наступних умов [269, с. 43]:

- утворення чоловічих та жіночих гамет різних генетичних типів із однаковою ймовірністю;
- здійснення всіх можливих сполучень цих гамет при утворенні зигот;
- однакова плідність та життєздатність організмів із різними генотипами;
- достатньо велика кількість особин, що аналізуються у потомстві.

Дотримання переважної більшості тих умов, які перелічені вище, перевірити учням під час рішення задач на моногібридне схрещування не представляється можливим. Закономірно виникає питання, а як же розв'язувати задачі на застосування законів спадковості, якщо невідомо, чи дотримані необхідні умови їх достовірності у кожному конкретному випадку? Вважаємо, що розв'язок переважної більшості шкільних генетичних задач можна розглядати через призму формування в учнів уміння ідеалізації, де *відоме* задачі – це набір даних для моделювання, *рішення задачі* – процес моделювання, а *шукане* – створена ідеальна модель (модель генотипів батьків або модель генотипів потомства). Чому тут має місце ідеалізація? Тому що змістом більшості задач припускається дотримання всіх умов достовірності законів спадковості. Останнє на практиці мало ймовірно, тому результати реальних схрещувань та їх кількісні співвідношення часто не співпадають з очікуваними. Отже, підходимо до висновку, що однією з причин відхилень практично отриманих результатів від теоретично очікуваних є недотримання умов достовірності законів спадковості. Усвідомлення цього факту – недотримання умов – важливий і необхідний крок для успішного розв'язання задачі. Чому? Тому що наступним кроком є пошук тієї самої умови або комплексу умов, які відсутні. Умовами, доступними для виявлення учнями (із змісту задачі), є: 1) інформація про недостатньо велику кількість особин, що аналізуються у потомстві, 2) відсутність повної інформації про всі фенотипові класи розщеплення в другому та наступному поколіннях.

Таким чином, основна навчальна мета задач на моногібридне схрещування, що містять кількісні результати – усвідомлення механізму спадкування ознак при моногібридному схрещуванні. Відмітимо, що мета така ж як у задач, у зміст яких не включено кількісні дані. Більш того, у задач, у зміст яких не включено кількісні дані взагалі, та задач, які містять кількісні

результати схрещування, що співпадають із теоретично очікуваними, навчальна мета ідентична. Перед задачами, що містять кількісні результати схрещування, які відрізняються від теоретично очікуваних, інші завдання – 1) демонстрування факту відхилення від теоретично очікуваного розподілу; 2) з'ясування його причин.

Алгоритм рішення таких задач має включати: визначення типу задачі (в нашому випадку – на моногібридне схрещування), розв'язування задачі шляхом побудови ланцюгу логічних міркувань (сюди включаємо такі етапи як запис умови із введенням позначень генів, складання схеми схрещування, розрахунок імовірності утворення різних генотипів та фенотипів), співставлення теоретично очікуваного за законами спадковості розподілу із наведеними у задачі результатами, висунення припущень щодо причин їх невідповідності.

Вважаємо, що використання в практиці навчання задач, які містять кількісні результати, що не відповідають теоретично очікуваним, створює підґрунтя для усвідомлення учнями сутності методологічної категорії «закон», його універсальності в конкретних межах, наявності умов, які створюють такі межі, їх визначення. Крім того, розв'язання подібних задач має практичне значення, оскільки моделюються максимально наближені до реальності ситуації і результати.

Методичні особливості розв'язування генетичних задач (академічний рівень, профільний рівень). Опитування вчителів біології на курсах підвищення кваліфікації кадрів педагогічних працівників Криворізького державного педагогічного університету щодо актуальних проблем навчання біології в старших класах засвідчило, що однією з них є розв'язування біологічних задач. За діючими програмами з біології [303; 304; 305] у 11 класі передбачено проведення практичних робіт із розв'язування генетичних задач. Розглянемо методичні особливості розв'язування генетичних задач, запропонованих у діючих підручниках з біології [18; 242] та іншій навчальній літературі [374].

Отже, практична робота № 1 «Розв'язання типових задач з генетики (моно- і дигібридне схрещування)» включає 6 задач [18].

Задача 1. Фокстер'ери, гомозиготні за рецесивним алелем певного гена, сліпі від народження. Пара плідників з нормальним фенотипом дала сім цуценят, з яких п'ять мали нормальний фенотип, а двоє виявилися сліпими. Встановіть генотипи батьків та їхніх нащадків.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: а – алель сліпоти, А – алель нормального зору.

2. Записуємо генотипи цуценят: сліпі матимуть генотип аа, фенотипово нормальні можуть мати як генотип Аа, так і АА.

3. Визначення генотипів батьків відбувається шляхом аналітичних розмірковувань: оскільки серед цуценят є сліпі, які є рецесивними гомозиготами, значить по одному алелю вони отримали від кожного з батьків. За умовою задачі плідники фенотипово нормальні, тобто рецесивний алель у генотипі пригнічується домінантним. Отже, плідники є гетерозиготами Аа.

4. Складаємо схему схрещування:

P: Аа х Аа

G: А, а; А, а

F₁: АА, 2 Аа, аа.

Зрячі цуценята можуть бути як домінантними гомозиготами, так і гетерозиготами.

Відповідь: за генотипом батьки є гетерозиготами, сліпі нащадки однозначно є рецесивними гомозиготами, серед зрячих нащадків можуть бути як гетерозиготи, так і домінантні гомозиготи.

Задача 2. У помідорів домінантний алель (А) визначає високе стебло, рецесивний (а) – низьке. Селекціонери схрестили чисту лінію помідорів з високим стеблом з низькорослими рослинами. Усі гібриди першого покоління (F₁) мали високе стебло. А серед гібридів другого покоління (F₂) – 19651 особина мала високе стебло, а 6237 – низьке. Визначте генотипи батьківських форм, гібридів першого та другого поколінь.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – високе стебло, а – низьке, АА – чиста лінія з високим стеблом, аа – чиста лінія з низьким стеблом.

2. Складаємо схему схрещування:

P: АА х аа

G: A; a

F₁: Aa.

У першому поколінні всі гібриди за генотипом є гетерозиготами.

3. Складаємо схему схрещування:

P: Aa x Aa

G: A, a; A, a

F₂: AA, 2 Aa, aa.

У другому поколінні теоретично очікуваними є такі результати схрещування: за генотипом 1 AA:2 Aa:1 aa, за фенотипом 3 високі:1 низькі.

4. Аналізуємо співвідношення фенотипів гібридів другого покоління за умовою задачі: 19651:6237 приблизно як 3:1, тобто як теоретично очікуване. Звідси можемо припустити, що серед особин з високим стеблом у другому поколінні можуть бути як домінантні гомозиготи, так і гетерозиготи у співвідношенні 1:2.

Відповідь: за генотипом батьківські форми є домінантними та рецесивними гомозиготами, гібриди першого покоління є гетерозиготами, серед гібридів другого покоління однозначно є рецесивні гомозиготи. Серед більшої частки гібридів другого покоління (рослини з високим стеблом) можуть бути як домінантні гомозиготи, так і гетерозиготи.

Задача 3. У курей породи віандот трояндоподібну форму гребня визначає домінантний алель, а просту – рецесивний. При схрещуванні курей з простою формою гребня всі нащадки її успадковують, а серед нащадків курей з трояндоподібною формою були особини з обома типами гребнів. Яке схрещування має здійснити фермер, який бажає отримати курей виключно з трояндоподібною формою гребня?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – трояндоподібна форма гребня, а – проста форма, AA, Aa – кури з трояндоподібною формою гребня, aa – кури з простою формою гребня.

2. Аналізуємо результати схрещувань, наведені в умові задачі, з метою визначення ймовірних генотипів батьківських форм. Із генотипами курей з простою формою гребня зрозуміло – вони є чистими лініями за рецесивним алелем. Кури ж з трояндоподібною формою гребня теоретично можуть бути як домінантними гомозиготами, так і гетерозиготами. Однак, оскільки їх нащадки мали обидва типи гребня, то це дає підстави стверджувати, що у фермера всі кури з трояндоподібним гребнем були гетерозиготами. Для того, щоб унаочнити цей висновок, можна скласти схеми схрещувань для різних можливих варіантів генотипів батьківських форм курей з трояндоподібним гребнем.

Перший варіант: якщо усі кури з трояндоподібним гребнем є гомозиготами:

P: AA x AA

G: A; A

F₁: AA.

У цьому варіанті всі нащадки мають трояндоподібний гребінь. Це суперечить даним задачі.

Другий варіант: якщо серед курей з трояндоподібним гребнем є як гомозиготи, так і гетерозиготи.

P: AA x Aa

G: A; A, a

F₁: AA, Aa

У цьому варіанті всі нащадки мають трояндоподібний гребінь. Це суперечить даним задачі.

Третій варіант: якщо кури з трояндоподібним гребнем є гетерозиготами.

P: Aa x Aa

G: A, a; A, a

F₁: 1 AA:2Aa :1aa.

У цьому варіанті серед нащадків є особини, що мають різні типи гребнів. Це відповідає даним задачі.

Отже, всі кури з трояндоподібним гребнем у фермера були гетерозиготами.

3. Аналізуємо, за якого схрещування можна отримати фенотипово одноманітних курей з трояндоподібним гребнем.

Перший варіант: якщо здійснювати схрещування в межах чистої лінії домінантних гомозигот: AA X AA.

Другий варіант: якщо здійснювати схрещування між чистими лініями курей: AA X aa.

Третій варіант: якщо здійснювати схрещування між чистою лінією домінантних гомозигот та гетерозиготам: AA X Aa.

Як бачимо з трьох можливих варіантів, проблема, що постає перед фермером, полягає у виведенні чистих ліній домінантних гомозигот. Це можливе за умови цілеспрямованого схрещування гетерозигот і ведення штучного добору проти рецесивного алеля. Тому фермер має діяти так:

- схрестити між собою курей з трояндоподібним гребнем;
- у поколінні F₁ видалити курей з простим гребнем;
- схрестити між собою курей з трояндоподібним гребнем з F₁ між собою;
- у поколінні F₂ видалити курей з простим гребнем;
- робити такий цикл доти, доки у потомстві будуть відсутні кури з простим гребнем. У такому випадку можна з високим ступенем ймовірності говорити про отримання чистої лінії курей з трояндоподібним гребнем.

Таким чином, фермеру необхідно отримати, перш за все, чисту лінію курей з трояндоподібним гребнем. Наступні можливі дії для отримання тільки необхідного фенотипу описано вище у трьох варіантах.

Вчитель може запитати в одинадцятикласників, якій варіант схрещування є найбільш економічно вигідним для фермера. Під час обговорення відповідей увага звертається на те, що у кожному варіанті отримується фенотипово одноманітне потомство – кури з трояндоподібним гребнем. Однак тільки в першому все потомство може бути використане для подальших схрещувань і отримання таких же за фенотипом нащадків у F₂ та далі. В другому та третьому варіантах у наступних поколіннях буде спостерігатися розщеплення за фенотипом, що ймовірно знижуватиме рентабельність фермерського господарства.

Задача 4. На фермі утримують три фенотипні групи норок: білих, чорних і кохінурових (біле хутро з чорним хрестом на спині). При схрещуванні білих норок між собою народжувалися виключно білі дитинчата; при схрещуванні чорних – лише з чорним забарвленням хутра. Дитинчата від схрещування білих норок з чорними мають виключно кохінурове забарвлення хутра. Визначте:

1. Яке явище спостерігають у гібридів першого покоління? 2. Які будуть фенотипи нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок між собою? 3. Які будуть фенотипи нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок з білими? 4. Які будуть фенотипи нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок із чорними?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – біле хутро, а – чорне хутро. З аналізу умов задачі робимо висновок, що білі і чорні норки представляють собою чисті лінії, значить AA – білі норки, aa – чорні норки.

2. Складаємо схеми схрещувань для встановлення явища, що спостерігається у гібридів першого покоління:

1) P: AA x AA	2) P: aa x aa	3) P: AA x aa
білі білі	чорні чорні	білі чорні
G: A; A	G: a; a	G: A; a
F ₁ : AA – білі	F ₁ : aa – чорні	F ₁ : Aa – кохінурові

Із складених схем схрещувань видно, що при схрещуванні моногібридів, які відрізняються за альтернативною парою ознак, у першому поколінні утворюються особини із новою ознакою (кохінуровим хутром), які є гетерозиготами – Aa. Це дає підстави зробити висновок, що у гібридів першого покоління спостерігається явище проміжного успадкування (неповного домінування).

3. Складаємо схему схрещування для встановлення фенотипів нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок між собою:

P:	Aa x Aa
G:	A, a; A, a

F₁: 1 AA:2Aa:1aa

Відповідь: серед нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок між собою, 25% будуть білими, 50% кохінуровими, 25% чорними.

4. Складаємо схему схрещування для встановлення фенотипів нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок з білими:

P: Aa x AA

G: A, a; A

F₁: 1 AA:1Aa

Відповідь: серед нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок з білими, 50% будуть білими, 50% кохінуровими.

5. Складаємо схему схрещування для встановлення фенотипів нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок з чорними:

P: Aa x aa

G: A, a; a

F₁: 1 Aa:1aa

Відповідь: серед нащадків, отриманих від схрещування кохінурових норок з чорними, 50% будуть кохінуровими, 50% чорними.

Задача 5. У помідорів алель, що визначає кулясту форму плодів, домінує над алелем, що визначає грушоподібну, а алель, що визначає високе стебло, - над алелем, що визначає низьке. Гени, які визначають форму плодів і висоту стебла, розташовані в негомологічних хромосомах. Схрестили дві чисті лінії: рослини з високим стеблом і кулястими плодами та рослини з низьким стеблом і грушоподібними плодами. Усі гібриди першого покоління мали високе стебло та утворювали кулясті плоди. При схрещуванні гібридів першого покоління отримали 4893 нащадки. Визначте, які варіанти генотипів і фенотипів траплятимуться серед гібридів другого покоління. Які співвідношення фенотипів (у відсотках) спостерігатимуться серед гібридів другого покоління?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – куляста форма плодів, а – грушоподібна форма, В – високе стебло, в – низьке стебло, ААВВ – рослини з високим стеблом і кулястими плодами (чиста лінія), аавв – рослини з низьким стеблом і грушоподібними плодами (чиста лінія).

2. Складаємо схеми схрещувань:

P: ААВВ x аавв

G: АВ; ав

F₁: АaВv.

У першому поколінні всі рослини одноманітні за генотипом (дигетерозиготи) та фенотипом (високі з кулястими плодами).

P: АaВv x АaВv

G: АВ, Ав, аВ, ав; АВ, Ав, аВ, ав

F₂: складаємо решітку Пеннета.

З даних заповненої таблиці визначаємо: а) варіанти генотипів, які траплятимуться серед гібридів другого покоління: ААВВ, ААВv, АaВВ, АaВv, ААвв, Аавв, аaВВ, аaВv, аaВv, аавв; б) варіанти фенотипів, які траплятимуться серед гібридів другого покоління: круглі високі, круглі низькі, грушоподібні високі, грушоподібні низькі; в) співвідношення фенотипів серед гібридів другого покоління – 9 круглих високих : 3 круглих низьких : 3 грушоподібних високих : 1 грушоподібний низький або 9/16:3/16:3/16:1/16.

Вчитель може звернутися до учнів із питанням про те, використовуючи який закон Менделя, можна було передбачити співвідношення фенотипів серед гібридів другого покоління?

3. Обчислюємо співвідношення фенотипів (у відсотках) серед гібридів другого покоління. Це можна зробити двома способами.

Спосіб перший

$9/16 \times 100\% = 56,25\%$ – круглі високі;

$3/16 \times 100\% = 18,75\%$ – круглі низькі, грушоподібні високі;

$1/16 \times 100\% = 6,25\%$ – грушоподібні низькі.

Спосіб другий

а) знаходимо кількість особин у кожному фенотипному класі:

$4893/16 \times 9 = 2752$ (особини) – круглі високі;

$4893/16 \times 3 = 917$ (особин) – круглі низькі, грушоподібні високі;

$4893/16 = 306$ (особин) – грушоподібні низькі.

б) Обчислюємо відсоткове співвідношення особин кожного фенотипного класу по відношенню до загальної кількості гібридів:

$2752/4893 \times 100\% = 56,25\%$ – круглі високі;

$917/4893 \times 100\% = 18,75\%$ – круглі низькі, грушоподібні високі;

$306/4893 \times 100\% = 6,25\%$ – грушоподібні низькі.

Відповідь: а) варіанти генотипів, які траплятимуться серед гібридів другого покоління: ААВВ, ААВв, АаВВ, АаВв, ААвв, Аавв, ааВВ, ааВв, аавв; б) варіанти фенотипів, які траплятимуться серед гібридів другого покоління та їх відсоткові співвідношення такі: круглі високі – 56,25%, круглі низькі та грушоподібні високі – по 18,75%, грушоподібні низькі – 6,25%.

Задача 6. У гороху посівного червоне забарвлення віночка домінує над білим, а довге стебло над коротким. Селекціонери схрестили дві лінії гороху, одна з яких мала червоне забарвлення віночка та коротке стебло. Інша – біле забарвлення віночка та довге стебло. Серед гібридів 1-го покоління 4672 рослини мали червоне забарвлення віночка та довге стебло, а 4421 – червоне забарвлення віночка та коротке стебло.

1. Визначте генотипи батьківських форм.

2. Якими будуть генотипи нащадків, отриманих від схрещування гібридів першого покоління між собою?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – червоний віночок, а – білий віночок, В – довге стебло, в – коротке стебло.

2. Записуємо генотипи батьківських форм, використовуючи Х – радикал: АХ^В – червоний віночок, коротке стебло, ааХ – білий віночок, довге стебло.

3. Визначаємо генотипи батьків шляхом аналітичних розмірковувань.

Рослин з білим віночком у багаточисельному потомстві немає, значить з високим відсотком ймовірності можна говорити, що червона батьківська особина є домінантною гомозиготою за ознакою кольору віночка і має генотип ААВв.

У потомстві є особини з коротким стеблом, а це означає, що за цією ознакою вони є рецесивними гомозиготами. По одному алелю ці особини отримали від кожного з батьків, значить батьківська особина з білим віночком і довгим стеблом, має генотип ааВв.

4. Складаємо схеми схрещувань:

P: ААВв х ааВв

G: Ав; аВ, ав

F₁: АаВв, Аавв

У першому поколінні теоретично очікується, що 50% гібридів мають червоний віночок та довге стебло, 50% гібридів має червоний віночок і коротке стебло. Практично отримані результати (за даними задачі) збігаються з теоретичними розрахунками, тобто 4672:4421 як 1:1.

P: АаВв х Аавв

G: АВ, Ав, аВ, ав; Ав,ав

F₂: складаємо решітку Пеннета.

З даних заповненої таблиці визначаємо, що у потомстві будуть наявні такі генотипи: ААВв – червоні довгі, ААвв – червоні короткі, АаВв – червоні довгі, Аавв – червоні короткі, ааВв – білі довгі, аавв – білі короткі.

Відповідь: а) генотипи батьківських форм наступні: ААВв та ааВв; б) генотипи нащадків, отриманих від схрещування гібридів першого покоління між собою: ААВв, АаВв, ААвв, Аавв, ааВв, аавв.

Задачі № 1–3 відносяться до задач на моногібридне схрещування з повним домінуванням, задача № 4 – на моногібридне схрещування з неповним домінуванням, задачі № 5–6 – на дигібридне схрещування.

На основі досвіду роботи із запропонованими задачами відмітимо, що найбільші труднощі викликають у учнів задачі № 1, № 6 та особливо № 3. Можемо пояснити це тим, що для успішного їх розв'язання потрібно аналізувати фенотипи нащадків у першому поколінні і на цій основі визначати можливі генотипи батьківських форм. Іншими словами використовувати не прямий – від батьків до нащадків, а зворотній хід розв'язку – від нащадків до батьків. Задача № 3 завжди викликає більший інтерес у учнів, які цікавляться біологією. Вона потребує для розв'язання значно більше часу, ніж інші, тому радимо пропонувати її тим одинадцятикласникам, які цікавляться біологією, мотивовані на вивчення предмету на підвищеному рівні складності.

Звичайно, для виконання описаної практичної роботи вчитель на свій розсуд відбирає із запропонованих оптимальні за змістом та кількістю задачі, враховуючи особливості певного класу.

Нижче розглянемо інший варіант практичної роботи № 1 «Розв'язування типових задач з генетики (моно- і дигібридне схрещування)», наведений у іншому навчальному джерелі [242].

Варіант 1

Задача 1. У флоксів біле забарвлення квітів визначає геном В, червоне – геном в. Гібриди першого покоління мають рожеве забарвлення. Рослину з рожевими квітами схрестили з рослиною з червоними квітами. Які квіти матимуть нащадки від цього схрещування?

Відмітимо, що, скоріше за все, у змісті задачі за підручником допущена друкарська помилка, а саме слід читати не «геном», а «ген».

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: В – ген білого забарвлення, в – ген червоного забарвлення.

2. Записуємо генотипи батьків: ВВ – білі флокси, вв – червоні флокси.

3. Складаємо схеми схрещувань:

P: ВВ х вв

G: В; в

F₁: Вв.

За генотипом і фенотипом усі гібриди першого покоління одноманітні – гетерозиготи з рожевими квітами. Має місце моногібридне схрещування з проміжним характером успадкування (неповне домінування).

P: Вв х вв

G: В, в; в

F₂: Вв; вв.

У другому поколінні теоретично очікуваним є розщеплення як за генотипом, так і за фенотипом 1:1.

Відповідь: серед нащадків, отриманих від схрещування рослини з рожевими квітами і рослини з червоними квітами, теоретично очікується, що 50% матимуть рожеві квітки, 50% – червоні.

Задача 2. У баклажанів нормальна висота рослини домінує над карликовою формою. На дослідній ділянці від схрещування карликової рослини з гетерозиготною рослиною нормальної висоти одержали 56 рослин нормальної висоти, а також особини – карлики. Визначте, скільки приблизно було карликових рослин.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – ген нормальної висоти, а – ген карликовості.

2. Записуємо генотипи батьків: Аа – гетерозиготна рослина нормальної висоти, аа – карликова рослина.

3. Складаємо схему схрещування:

P: Аа х аа

G: А, а; а

F₁: Аа, аа

У першому поколінні теоретично очікуваним є розщеплення як за генотипом, так і за фенотипом 1:1. На основі цього можна припустити, що карликових рослин було приблизно стільки ж, скільки рослин нормальної висоти, тобто 56.

Відповідь: карликових рослин було приблизно стільки ж, скільки рослин нормальної висоти, тобто 56.

Задача 3. Придумайте таке завдання, щоб у потомстві від батьків з різними фенотипами всі особини були однаковими за фенотипом.

Відмітимо, що учні у переважній більшості складають задачу на моногібридне схрещування, оскільки попередні дві задачі пропонувалися саме на цей вид схрещування. Розглянемо можливі варіанти виконання завдання.

1 варіант

Квітки космеї (народна назва – розпатлана панянка) можуть бути червоного, рожевого та білого кольорів. У космеї червоне забарвлення пелюсток визначається домінантним геном В, біле забарвлення – геном в. Якого кольору пелюстки будуть у квітів, отриманих від схрещування рослин із червоними та білими пелюстками, якщо відомо, що успадкування кольору пелюсток у космеї є прикладом неповного домінування [242, с. 47–48].

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: В – ген червоного забарвлення пелюсток, в – ген білого забарвлення пелюсток.

2. Записуємо генотипи батьків: ВВ – рослина з червоними пелюстками, вв – рослина з білими пелюстками.

3. Складаємо схему схрещування:

P: ВВ х вв

G: В; в

F₁: Вв

Відповідь: у першому поколінні від схрещування рослин з червоними та білими пелюстками всі рослини матимуть рожеві пелюстки.

Варіант 2

Гомозиготний кароокий чоловік одружився із блакитноокою дівчиною. Визначте колір очей їх майбутніх дітей, якщо відомо, що ген кароокості є домінантним по відношенню до гена блакитноокості.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – ген кароокості, а – ген блакитноокості.

2. Записуємо генотипи батьків: АА – батько, аа – мати.

3. Складаємо схему схрещування:

P: АА х аа

G: А; а

F₁: Аа

Відповідь: усі діти від цього шлюбу будуть кароокими.

Складність цієї задачі полягає в тому, що учням необхідно знати характер успадкування деяких ознак у різних видів (повне або неповне домінування, домінантність та рецесивність ознаки). Для цього бажано використати таблиці «Успадкування деяких ознак у різних видів» [269, с. 118–119] або «Ознаки, які спадкуються за типом повного домінування» та «Ознаки, які спадкуються за типом неповного домінування» [21, с. 722–731].

Порівняно з попередніми задачами № 1–2, задача № 3 вимагає значно більшого часу на розв'язання, оскільки учні не одразу пропонують ті варіанти, які повністю задовольняють умовам задачі, а, як правило, у процесі розв'язку припускаються помилок.

Також відмітимо, що одне із можливих рішень задачі № 3 передбачає варіанти дигібридного схрещування. Розглянемо один з них.

Варіант 3

У людини ген темного волосся (В) домінує над геном світлого волосся (в), а ген, що визначає довгі вії (С) домінує над геном, що визначає короткі вії (с). Чоловік з темним волоссям і короткими віями одружився з жінкою, у якої світле волосся і довгі вії. Визначте фенотипи дітей, які народяться від цього шлюбу, якщо відомо, що чоловік за кольором волосся і жінка за довжиною вій є домінантними гомозиготами.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: В – ген темного волосся, в – ген світлого волосся, С – ген довгих вій, с – ген коротких вій.

2. Записуємо генотипи батьківських форм: ВВсс – батько, ввСС - мати.

3. Складаємо схему схрещування:

P: $\text{ВВсс} \times \text{ввСС}$
батько мати

G: Вс; вС

F₁: ВвСс

Відповідь: усі діти від цього шлюбу будуть генотипово і фенотипово однаковими, тобто дигетерозиготами, з темним волоссям і довгими віями.

Задача 4. У людини алель, що визначає кирпатий ніс (А), домінує над алелем, відповідальним за розвиток прямого носа (а), а алель, який спричиняє появу ямки на підборідді (В), над алелем, що забезпечує формування підборіддя без ямки (в). Який генотипи кирпатого батька без ямки на підборідді, якщо у шлюбі з жінкою, яка має прямий ніс і ямку на підборідді, народжуються тільки кирпаті діти з ямкою на підборідді.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – алель, що визначає кирпатий ніс, а – алель, що визначає прямий ніс, В – алель, який спричиняє появу ямки на підборідді, в – алель, що забезпечує формування підборіддя без ямки.

2. Записуємо генотипи батьківських форм, використовуючи Х – радикал: АХвв – батько, ааВХ – мати.

3. Визначаємо генотипи батьків шляхом аналітичних розмірковувань. Нижче розглянемо класичний для шкільної практики, найбільш загальноприйнятий спосіб розв'язання задачі.

Оскільки у шлюбі народжуються тільки кирпаті діти з ямкою на підборідді, значить від батька вони можуть успадковувати тільки алель А, а від матері – тільки алель В. Значить, батько за ознакою форми носа, як і мати за ознакою наявності ямки на підборідді є домінантними гомозиготами.

4. Складаємо схему схрещування:

P: $\text{ААвв} \times \text{ааВВ}$
батько мати

G: Ав; аВ

F₁: АаВв

Усі діти від цього шлюбу будуть генотипово і фенотипово однаковими, тобто дигетерозиготами, кирпатими з ямкою на підборідді.

Відповідь: батько має генотип ААвв.

Водночас, описаний вище хід розв'язку цієї задачі не є єдиним, як здається на перший погляд. Вважаємо, що при такому формулюванні умови задачі та питання до неї не може бути єдиної однозначної відповіді. Пояснимо це детальніше. На сторінках журналу «Біологія і хімія в рідній школі» автором висловлювалась думка про те, що генетичні задачі мають не просто сприяти формуванню і закріпленню у школярів знань про закони спадковості, але й акцентувати увагу на дотриманні умов достовірності для них. Нагадаємо, що для того, щоб у нащадків виявилися всі фенотипові класи у теоретично очікуваному співвідношенні, необхідним є дотримання декількох умов [269, с. 43], однією з яких є достатньо велика кількість особин, що аналізуються у потомстві.

У задачі, про яку йде мова, не уточнено, скільки саме народилось дітей. Одночасно з цим навряд чи їх кількість є статистично значущою величиною для формулювання однозначного висновку про генотипи батьків. До того ж не наголошено на тому, що всі діти, які народжуватимуться в подальшому у цьому шлюбі, матимуть кирпатий ніс і ямку на підборідді.

Відомо, що у шлюбі народжуються (ймовірно, маються на увазі ті діти, які вже народились) тільки кирпаті діти з ямкою на підборідді. А такі фенотипи дітей можуть бути при різних варіантах генотипів батьків. Пояснимо це нижче.

Варіанти генотипів батьків (фенотипи відповідають умовам задачі), діти яких матимуть кирпатий ніс і ямку на підборідді:

1) P: $AaVv \times aaVV$
батько мати

G: $Av; aV$

F₁: 100% $AaVv$ – кирпатий ніс, ямка на підборідді;

2) P: $AaVv \times aaVV$
батько мати

G: $Av, av; aV$

F₁: 1 $AaVv$: 1 $aaVv$, 50 % кирпатий ніс, ямка на підборідді : 50 % прямиї ніс, ямка на підборідді;

3) P: $AaVv \times aaVv$
G: $Av; aV, av$

F₁: 1 $AaVv$: 1 $AaVv$, 50 % кирпатий ніс, ямка на підборідді : 50 % кирпатий ніс, підборіддя без ямки;

4) P: $AaVv \times aaVv$
G: $Av, av; aV, av$

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що теоретично можливе утворення таких генотипів і фенотипів: 25% $AaVv$ – кирпаті, з ямкою на підборідді, 25% $aaVv$ – прямиї ніс, з ямкою на підборідді, 25% $AaVv$ – кирпаті, без ямки на підборідді, 25% $aaVv$ – прямиї ніс, без ямки на підборідді.

Із наведених схем бачимо, що генотип кирпатого батька може бути або $AaVv$ або $AaVv$. Обидва генотипи у шлюбі з жінкою, що має прямиї ніс і ямку на підборідді (її генотипи також можуть бути або $aaVV$, або $aaVv$) утворюватимуть генотип нащадків $AaVv$, що відповідає кирпатовому носу та ямці на підборідді. В залежності від того, який генотип батька і матері – ймовірність утворення дигетерозиготи різна – від 100% до 25%.

Підкреслимо ще раз, оскільки кількість дітей від шлюбу не є статистично значущою величиною, то говорити про те, що генотип батька $AaVv$, оскільки у шлюбі з жінкою, яка має прямиї ніс і ямку на підборідді, народжуються тільки кирпаті діти з ямкою на підборідді, можна лише з певним відсотком імовірності.

Відповідь: батько може мати як генотип $AaVv$, так і генотип $AaVv$.

Додаткове завдання. У родині, де батько і мати мають міцне здоров'я, є три дочки. Чи можна вважати, що ці дочки так само, як і всі наступні дочки, якщо вони будуть народжуватися в цій родині, виявляться такими ж стійкими до інфекційних захворювань, якщо відомо, що в бабусі цих дітей по материнській лінії й дідуся по батьківській лінії – дуже слабе здоров'я, викликане хворобою Брутона (вродженою недостатністю гама-глобулінів)? Ген, відповідальний за розвиток стану дефіциту гама-глобулінів, – рецесивний ген і локалізований у X – хромосомі.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: X^B – алель, що визначає нормальний синтез гама-глобулінів, X^b – алель, що відповідальний за розвиток хвороби Брутона.

2. Записуємо генотипи дідуся, бабусі та батьків:

- оскільки бабуся по материнській лінії хвора, то вона є рецесивною гомозиготою X^bX^b ;

- оскільки дідусь по батьківській лінії хворий, то він має генотип X^bY ;

- оскільки батьки дівчат здорові, то вони однозначно у своєму генотипі мають домінуючий алель X^B . Так як дідусь передав батькові Y хромосому, то батько має генотип X^BY . Мати від своєї матері отримала рецесивний алель і є гетерозиготою – X^BX^b .

3. Складаємо схему схрещування:

P: $X^BY \times X^BX^b$
батько мати

G: $X^B, Y; X^B, X^b$

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що у шлюбі ймовірно утворення генотипів і фенотипів у співвідношенні 25% – $X^B X^B$, здорова донька, 25% $X^B Y$ – здоровий син, 25% $X^B X^b$ – донька-носіє, 25% – $X^b Y$ хворий син.

Відповідь: народжені у шлюбі три дочки, так само, як і всі наступні дочки, якщо вони будуть народжуватися в цій родині, є стійкими до інфекційних захворювань.

Таким чином, у 1 варіанті практичної роботи «Розв'язування типових задач з генетики (моно- і дигібридне схрещування)» [242] учням пропонується 5 задач. Задача № 1 – на моногібридне схрещування з проміжним характером успадкування (неповне домінування), задача № 2 – на моногібридне схрещування з повним домінуванням, задача № 3 – творчого змісту на моно- та дигібридне схрещування, задача № 4 – на дигібридне схрещування, задача № 5 – на зчеплене зі статтю успадкування. Вважаємо, що для ефективного поетапного (від простого до складного) формування в старшокласників умінь розв'язувати задачі на моно- та дигібридне схрещування при виконанні вищевказаної практичної роботи за підручником, учням бажано працювати із задачами у такій послідовності: № 2, № 1, № 4, № 3, № 5. При цьому обов'язковими для індивідуального розв'язання є № 2, № 1, № 4. Задачу № 3 доцільно використати для організації групової роботи. Задача № 5 не є обов'язковою, тому доцільно пропонувати її тим одинадцятикласникам, які цікавляться біологією, мотивовані на вивчення предмету на підвищеному рівні складності.

Продовжимо розгляд методики розв'язування генетичних задач під час виконання учнями практичної роботи з біології в 11 класі [242].

Варіант 2

Задача 1. У суниці червоне забарвлення ягід неповно домінує над білим. Яке потомство слід очікувати від схрещування двох рослин з рожевими ягодами?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: С – ген червоного забарвлення ягід, с – ген білого забарвлення, СС – червоні ягоди, сс – білі ягоди, Сс – рожеві ягоди.

2. Складаємо схему схрещування:

P: Сс х Сс

G: С, с; С, с

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що теоретично можливе утворення таких генотипів і фенотипів – СС червоні ягоди, Сс – рожеві ягоди, сс – білі ягоди.

Відповідь: від схрещування двох рослин з рожевими ягодами теоретично очікуваним є таке потомство – 25% червоних, 50% рожевих, 25% білих ягід.

Задача 2. У людини ластовиння успадковується як домінуюча ознака. У родині, де батько має ластовиння, а в матері його немає, народився син з ластовинням і дві дочки без ластовиння. Визначте генотипи батьків і дітей.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – ген ластовиння, а – відсутність ластовиння.

2. Записуємо генотипи батьків та дітей:

- мати має генотип аа, оскільки в неї ластовиння відсутнє;

- батько може мати як генотип АА, так і генотип Аа. Більш точно визначити генотип батька можна шляхом аналітичних розмірковувань щодо фенотипів народжених дітей. Якщо дочки народилися без ластовиння, то вони однозначно мають генотип аа. Це означає, що і від матері, і від батька вони отримали по рецесивному алелю а. Отже, генотип батька Аа;

- син має ластовиння, значить у його генотипі присутній домінуючий алель А, отриманий від батька. Від матері він міг отримати тільки алель а, значить його генотип Аа.

Відповідь: генотип батька – Аа, матері – аа, сина – Аа, дочок – аа.

Задача 3. Придумайте таке завдання, щоб у потомстві фенотипово однакових батьків були фенотипово різні діти.

Розглянемо можливі варіанти виконання завдання.

1 варіант

Відомо, що довга шерсть у морських свинок є домінантною ознакою, а коротка – рецесивною. Визначте, яке потомство народиться у пари цих тварин, якщо відомо, що самець і самка є гетерозиготами.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: В – ген довгої шерсті, в – ген короткої шерсті.
2. Записуємо генотипи батьків: ВВ – генотипи самця і самки.
3. Складаємо схему схрещування:

P: ВВ х ВВ

G: В, в; В, в

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що теоретично можливе утворення таких генотипів і фенотипів – ВВ довга шерсть, Вв – довга шерсть, вв – коротка шерсть.

Відповідь: від схрещування фенотипово однакових гетерозиготних морських свинок із довгою шерстю теоретично очікуваним є народження 75% нащадків із довгою шерстю і 25% – з короткою.

2 варіант

У андалузських курей колір пір'я успадковується за типом неповного домінування. Чорний колір пір'я домінує над білим. Гетерозиготи мають блакитне забарвлення пір'я. Яке потомство отримає фермер від схрещування блакитних курей між собою?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: С – ген чорного пір'я, с – ген білого пір'я.
2. Записуємо генотипи курей: СС – чорні кури, сс – білі кури, Сс – блакитні кури.
3. Складаємо схему схрещування:

P: Сс х Сс

G: С, с; С, с

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що теоретично можливе утворення таких генотипів і фенотипів: СС – чорні кури, Сс – блакитні кури, сс – білі кури.

Відповідь: теоретично очікується, що від схрещування фенотипово однакових курей з блакитним пір'ям фермер отримає 25% курей з чорним пір'ям, 50% курей з блакитним пір'ям, 25% – з білим пір'ям.

Складність цієї задачі, як і задачі № 3 у першому варіанті практичної роботи, полягає в тому, що учням необхідно знати характер успадкування деяких ознак у різних видів (повне або неповне домінування, домінантність та рецесивність ознаки). Для цього бажано використати таблиці «Успадкування деяких ознак у різних видів» [269, с. 118–119] або «Ознаки, які спадкуються за типом повного домінування» та «Ознаки, які спадкуються за типом неповного домінування» [21, с. 722–731].

Одне із можливих рішень задачі № 3 передбачає варіанти дигібридного схрещування. Розглянемо їх.

3 варіант

У великої рогатої худоби чорне забарвлення шерсті та безрогість (комолість) є домінантними ознаками, червона шерсть та наявність рогів – рецесивними. Яке потомство і в якому співвідношенні можна очікувати від схрещування чорного безрогого бика та такої ж за фенотипом корови, якщо відомо, що вони є дигетерозиготами.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: С – ген чорної шерсті, с – ген червоної шерсті, D – ген безрогості, d – ген рогатості.

2. Записуємо генотипи батьківських форм, якщо відомо, що вони є дигетерозиготами: СсDd.

3. Складаємо схему схрещування:

P: СсDd х СсDd

G: CD, Cd, cD, cd; CD, Cd, cD, cd

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що теоретично можливе утворення таких генотипів і фенотипів: CCDD – чорні, безрогі, CCDd – чорні, безрогі, CcDD – чорні, безрогі, CcDd – чорні, безрогі, CCdd – чорні, рогаті, Ccdd – чорні, рогаті, ccDD – червоні, безрогі, ccDd – червоні, безрогі, ccdd – червоні, рогаті.

Відповідь: від схрещування фенотипово однакових батьківських форм (чорних безрогих тварин), які є дигетерозиготами теоретично очікуваним є народження 56,25% чорних безрогих, 18,75% чорних рогатих, 18,75% червоних безрогих, 6,25% червоних рогатих тварин.

Такий тип схрещування та теоретично очікувані результати є ілюстрацією дії третього закону Менделя.

4 варіант

У мишей довгі вуха та скручений хвіст є доміантними ознаками по відношенню до коротких вух та прямого хвоста. Яке потомство і в якому співвідношенні можна очікувати від схрещування дигетерозиготного самця та такої ж за фенотипом самки, якщо відомо, що за довжиною вух вона є гетерозиготою, а за формою хвоста – гомозиготою.

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – ген довгих вух, а – ген коротких вух, В – ген скрученого хвоста, в – ген прямого хвоста.

2. Записуємо генотипи батьківських форм: АаВв – самець, АаВВ - самка.

3. Складаємо схему схрещування:

P: АаВв х АаВВ

G: АВ, Ав, аВ, ав; АВ, аВ

F₁: складаємо решітку Пеннета

Визначаємо, що теоретично можливе утворення таких генотипів і фенотипів: ААВВ – довгі вуха, скручений хвіст, ААВв – довгі вуха, скручений хвіст, АаВВ – довгі вуха, скручений хвіст, АаВв – довгі вуха, скручений хвіст, ааВВ – короткі вуха, скручений хвіст, ааВв – короткі вуха, скручений хвіст

Відповідь: від схрещування фенотипово однакових мишей із довгими вухами та скрученим хвостом, при чому самець є дигетерозиготою, а самка – гетерозиготою по одній парі ознак і гомозиготою по іншій, теоретично очікуваним є народження 75% довговухих із скрученим хвостом та 25% коротковухих із скрученим хвостом мишей.

Зазначимо, що наведені варіанти для дигібридного схрещування не вичерпують відповідь на задачу № 3, оскільки існують і інші варіанти схрещування фенотипово однакових батьків та отримання фенотипово різного потомства при цьому.

Задача 4. У людини довгі вії й випнута нижня губа домінують над короткими віями й нормальною губою. Жінка з довгими віями й нормальними губами вийшла за людину з короткими віями й випнутою нижньою губою. У них народилося четверо дітей, двоє з яких мають довгі вії й випнуту нижню губу, а двоє – короткі вії й нормальні губи. Які генотипи батьків?

Розв'язання.

1. Вводимо умовні позначення: А – алель, що визначає довгі вії, а – алель, що визначає короткі вії, В – алель, який спричиняє появу випнутої нижньої губи, в – алель, що забезпечує формування нормальних губ.

2. Записуємо генотипи батьківських форм, використовуючи Х – радикал: ааВХ – батько, АХ^В – мати.

3. Записуємо генотипи народжених дітей, використовуючи Х – радикал: АХ^ВХ – довгі вії і випнута нижня губа, аавв – короткі вії і нормальні губи.

4. Визначаємо генотипи батьків шляхом аналітичних розмірковувань.

Визначити генотипи батьків по першому варіанту фенотипу дітей (АХ^ВХ) не представляється можливим. Виходячи з другого варіанту фенотипу (аавв), можемо стверджувати, що по одному рецесивному алелю з кожної пари ознак діти успадкували від кожного із батьків. Тобто рецесивний алель а є як у генотипі батька, так і у матері. Така ж ситуація і з алелем в. Отже, генотипи батьків такі: ааВВ – батько, Аавв – мати.

Відповідь: батько має генотип ааВВ, мати - Аавв.

Такий результат схрещування не відповідає даним задачі, тому відкидається.

3 варіант

P: $WWss \times wwSs$

білі лійкоподібні

кремові плоскі

G: Ws

wS, ws

F₁ : за генотипом 1 $WwSs$:1 $Wwss$;

за фенотипом: 50% квіток білих з плоским віночком : 50% квіток білих з лійкоподібним віночком.

Такий результат схрещування не відповідає даним задачі, тому відкидається.

4 варіант

P: $Wwss \times wwSs$

білі лійкоподібні

кремові плоскі

G: Ws, ws

wS, ws

F₁ : за генотипом 1 $WwSs$:1 $Wwss$:1 $wwSs$:1 $wwss$;

за фенотипом: 25% квіток білих з плоским віночком : 25% квіток білих з лійкоподібним віночком : 25% кремових з плоским віночком : 25% кремових з лійкоподібним віночком. Результат відповідає умові задачі.

Відповідь: генотипи вихідних форм – $Wwss$ та $wwSs$.

4. Зворотній спосіб розв'язання передбачає здійснення низки логічних міркувань «з кінця задачі», а саме записуємо можливі генотипи гібридних форм у F₁: рослин з білими плоскими квітками – $WWSS$, $WwSs$, $WwSS$, $WwSs$, з білими лійкоподібними – $WWss$, $Wwss$, з кремовими плоскими – $wwSS$, $wwSs$, з кремовими лійкоподібними – $wwss$. Виходячи із записаних варіантів генотипів, можна стверджувати, що оскільки у потомстві є рецесивна дигомозигота, то по одному з рецесивних аллелей кожної пари ознак вона отримала від кожного з батьків, тобто у кожній парі ознак у батьківських генотипах 100% є рецесивний алель. Повертаючись до п.1, записуємо генотипи батьків – $Wwss$, $wwSs$.

Відповідь: генотипи батьків – $Wwss$, $wwSs$.

Тип задачі – задача на дигібридне схрещування з аутосомним успадкуванням ознаки та повним домінуванням.

Задача 4.

Гетерозиготний чоловік із позитивним резус-фактором і нормальною формою еритроцитів одружився із жінкою з негативним резус – фактором. Гени резус-фактора й форми еритроцитів містяться в одній аутосомі. Який генотип і фенотип будуть мати їх діти?

Розв'язання:

1. Вводимо умовні позначення: R – алель, що визначає позитивний резус-фактор, r – негативний, A – алель нормальної будови еритроцитів, a – еритроцит серповидноклітинної форми; RR, Rr – особи з позитивним резус фактором, rr – особи з негативним резус – фактором, AA – особи, що мають еритроцити нормальної форми, Aa – особи, що мають частину еритроцитів серповидноклітинної форми, aa – хворі на серповидноклітинну анемію.

2. Визначаємо генотипи батьків: чоловік – RrAA, жінка – rrAA, оскільки у задачі відсутня інформація про її фенотип по формі еритроцитів, тому припускаємо, що її еритроцити нормальної форми.

3. Складаємо схему схрещування:

P: $rrAA \times RrAA$

мати, негативний резус

батько, позитивний резус,

нормальна форма еритроцитів

нормальна форма еритроцитів

G: rA

RA, rA

F₁ : розщеплення за генотипом: 1 RrAA:1 rrAA;

за фенотипом: 1 з нормальною будовою еритроцитів та позитивним резус фактором : 1 з нормальною будовою еритроцитів та негативним резус фактором.

Відповідь: усі народжені діти від цього шлюбу матимуть нормальну будову еритроцитів, 50% з них теоретично матимуть позитивний резус фактор, 50% – негативний.

Тип задачі – задача на дигібридне схрещування з аутосомним успадкуванням ознаки.

Складність цієї задачі полягає у відсутності інформації про фенотип жінки по формі еритроцитів, тому розв'язання її носить ймовірнісний характер. Вважаємо, що введення у зміст задачі більш повної інформації, а зокрема конкретизація форми еритроцитів матері, наприклад, що частина еритроцитів мають серповидноклітинну форму (rrAa), у більшій мірі сприяло б реалізації навчальної мети задачі. До того ж інформація про те, що гени резус-фактора й форми еритроцитів містяться в одній аутосомі, на практиці «заплутують» учнів під час розв'язання. У даному випадку така інформація є зайвою і не використовується школярами.

Пояснюється це тим, що хоч гени складають одну групу зчеплення, але у задачі немає інформації про частоту кросинговеру між генами. Однак, якби вона і була, то її використання не вплинуло б на кінцевий результат, оскільки за однією парою ознак генотипи є гомозиготами – батько за формою еритроцитів, мати – за резус фактором.

Задача 5.

У курей породи плімутрок домінантний ген строкатого забарвлення А зчеплений із Х-хромосомою. Рецесивний алель а – ген чорного забарвлення – спостерігається в курей порід австралон. Яке схрещування дозволить зробити раннє маркування курчат за статтю? (У птахів жіноча стать гетерогаметна, чоловіча — гомогаметна).

Розв'язання:

1. Вводимо умовні позначення: записуємо генотипи курей жіночої статі – X^AY (строкаті), X^aY (чорні), чоловічої статі – X^AX^A (строкаті), X^AX^a (строкаті), X^aX^a (чорні).

2. Пояснюємо учням, що у задачі вимагається визначити такий тип схрещування, при якому у ранньому віці можна було б відділити молодих курочок від півників. У ході обговорення формулюємо, що такий розподіл можна здійснити тільки на основі кольору птахів, тобто молоді півники мають бути 100% одного кольору, а курочки – 100% іншого.

3. Як і у попередніх задачах, для цієї можливі два способи розв'язання – прямий і зворотній.

При прямому способі розв'язання складаємо схеми схрещування для різних варіантів генотипів батьків.

1 варіант

P: X^AY x X^AX^A

строката курка	строкатий півень
X^A, Y	X^A

F₁ : розщеплення за генотипом: 1 X^AY :1 X^AX^A ;

за фенотипом: всі курчата матимуть строкате забарвлення.

Такий результат схрещування не відповідає умовам задачі, тому відкидається.

2 варіант

P: X^AY x X^AX^a

строката курка	строкатий півень
X^A, Y	X^A, X^a

F₁ : складаємо решітку Пеннета:

Визначаємо, що теоретично очікуваним є утворення таких генотипів – X^AX^A – строкатий півник, X^AY – строката курочка, X^AX^a – строкатий півник, X^aY – чорна курочка. За фенотипом маємо: всі півники строкаті, серед курочок 50% теоретично будуть строкатими, 50% – чорними. Іншими словами, серед строкатих курчат одна третина буде жіночої статі. Отже, раннє маркування курчат за такого схрещування здійснити неможливо.

Такий результат схрещування не відповідає умовам задачі, тому відкидається.

3 варіант

P: X^aY x X^AX^A

чорна курка	строкатий півень
X^a, Y	X^A

F₁ : розщеплення за генотипом: 1 X^AY : 1 X^AX^a ;

за фенотипом: всі курчата матимуть строкате забарвлення.

Такий результат схрещування не відповідає умовам задачі, тому відкидається.

4 варіант

успадкування резус-фактора. До того ж, якщо і визначати характер успадкування резус-фактора, то відповідь носитиме ймовірнісний характер, оскільки за даними задачі невідомий генотип батька, а саме він є або гомо-, або гетерозиготою за цією ознакою.

Гени, що визначають групи крові, успадковуються незалежно від генів, що визначають резус-фактор. За резус-фактором мати є рецесивною гомозиготою – rhrh. Батько може мати як генотип Rhrh, так і генотип RhRh, оскільки в умові сказано, що він є резус-позитивним, а такий фенотип визначається як домінантним гомозиготним генотипом, так і гетерозиготним. Розглянемо різні варіанти успадкування груп крові та резус-фактору дітьми від цього шлюбу.

1. Вводимо умовні позначення: батько $I^A I^B Rhrh$ (1 варіант) або $I^A I^B RhRh$ (2 варіант), мати – $I^0 I^0 rhrh$.

2. Складаємо генетичну схему:

1 варіант

P: $I^0 I^0 rhrh$ x $I^A I^B Rhrh$

	мати	батько
G:	$I^0 rh$	$I^A Rh, I^A rh, I^B Rh, I^B rh$

F₁: складаємо решітку Пеннета:

Визначаємо співвідношення генотипів і фенотипів у потомстві: $I^A I^0 Rhrh$ – 2 група, резус-позитивний, $I^A I^0 rhrh$ – 2 група, резус-негативний, $I^B I^0 Rhrh$ – 3 група, резус-позитивний, $I^B I^0 rhrh$ – 3 група, резус-негативний.

Відповідь: з ймовірністю по 25% у дітей можливі такі групи крові та резус-фактори: 2 група, резус-позитивний; 2 група, резус-негативний; 3 група, резус-позитивний; 3 група, резус-негативний.

2 варіант

P: $I^0 I^0 rhrh$ x $I^A I^B RhRh$

	мати	батько
G:	$I^0 rh$	$I^A Rh, I^B Rh$

F₁: розщеплення за генотипом: 1 $I^A I^0 Rhrh$: 1 $I^B I^0 Rhrh$

Відповідь: з ймовірністю по 50% у дітей можливі такі групи крові та резус-фактори: 2 група, резус-позитивний; 3 група, резус-позитивний.

Тип задачі: задача на взаємодію алельних генів – кодомінування. До того ж, її можна віднести за іншою класифікацією до задач на дигібридне схрещування.

Вважаємо, що уточнення шуканого, а саме введення вимоги визначення успадкування крім груп крові й резус-фактора, сприятиме уникненню незрозумілостей при розв'язанні задачі. При цьому доцільно в умові вказати генотип батька за ознакою резус-фактора. Можна генотип не вказувати, обмежитися характеристикою фенотипу (резус-позитивний), але у такому разі в умові прописати, що слід врахувати всі можливі варіанти генотипу батька за ознакою резус-фактора.

Задача 8. (Задача на комплементарність.) У запашного горошку колір квітки може бути пурпурним або білим. Пурпурний колір зумовлений взаємодією двох комплементарних неалельних генів А і В. При наявності в генотипі одного з них червоний пігмент не утворюється і рослина має білі квітки. Визначте колір квіток у рослин із генотипом: а) Aabb; б) aaBB; в) AaBb; г) aabb.

Розв'язання:

У теоретичних відомостях до виконання практичної роботи визначено ключове поняття для розв'язання задачі: комплементарна взаємодія (взаємодоповнювальна дія генів) – це таке явище, при якому ознака розвивається тільки при взаємній дії двох домінантних неалельних генів, кожний із яких окремо не викликає розвиток ознаки.

Як свідчить досвід роботи, особливу увагу школярів слід привернути до таких ключових позицій у визначенні: 1) у генотипі мають бути присутні два домінантні алелі; 2) домінантні алелі мають належати неалельним генам. У генотипі можуть бути присутніми два домінантні алеля одного гена, але цього недостатньо для комплементарного прояву ознаки. «Молекулярно-генетичні механізми комплементарності полягають у тому, що один домінантний ген ... забезпечує синтез безколірного субстрату, другий ... – синтез ферменту, що каталізує реакцію перетворення даного субстрату на пігмент» [23, с. 59].

1. Вводимо умовні позначення: А, а, В, в – гени, що визначають забарвлення квіток запашного горошку.

2. Пояснюємо школярам, що для утворення пурпурного (червоного) забарвлення необхідним і достатнім є наявність у генотипі одного алеля А і одного алеля В.

3. Записуємо всі можливі варіанти генотипів:

ААВВ – пурпурні; ААВв – пурпурні; ААвв – білі; АаВВ – пурпурні; АаВв – пурпурні; Аавв – білі; ааВВ – білі; ааВв – білі; аавв – білі.

Відповідь: колір квіток у рослин із генотипами Ааbb, ааВВ, ааbb – білий, квітки з генотипом АаВb – червоні.

Тип задачі: задача на взаємодію неалельних генів – комплементарність.

Задача 9. (Задача на епістаз.) Визначте колір шерсті коней із генотипом: а) ііВb; б) ііbb; в) ііbb; г) ііВВ.

Розв'язання:

У теоретичних відомостях до виконання практичної роботи визначено ключове поняття для розв'язання задачі: Епістатична взаємодія (епістаз) – це таке явище, при якому один ген пригнічує дію іншого неалельного гена. Епістаз може бути двох типів: домінантний і рецесивний. Генотипом - пригнічувачем (інгібітором) у першому випадку є домінантний ген, а в другому – рецесивний. Гени – інгібітори найчастіше позначають літерою І або і (від англ. Inhibition – пригнічення).

Як свідчить досвід роботи, задачі на епістатичну взаємодію є одними із найскладніших для учнів. Особливу увагу школярів при розв'язанні цієї задачі слід повернути до наступного: 1) вияв ознаки у коней є прикладом домінантного епістазу; 2) гени іншої пари називають гіпостатичними; 3) гіпостатичні гени перебувають у домінантному В та рецесивному в стані; 4) гіпостатичний ген В визначає чорне забарвлення, в – руде; 5) наявність у генотипі хоча б одного домінантного алеля гена - інгібітора І забезпечує сіру масть коней. «Молекулярно-генетичний механізм епістазу полягає в тому, що фермент, який утворюється під контролем гена – супресора, є інгібітором. Він повністю пригнічує чи блокує дію ферменту, що контролюється гіпостатичним генотипом» [23, с. 67].

1. Вводимо умовні позначення: В – ген чорної масті, в – ген рудої масті, І – епістатичний ген, що пригнічує прояв забарвлення, сіра масть, і – ген, що сприяє прояву чорної або рудої масті.

2. Пояснюємо школярам, що сіра масть спостерігатиметься тоді, коли у генотипі буде присутнім хоча б один алель І.

3. Записуємо всі можливі варіанти генотипів:

ІВВ – сірі коні; ііВВ – сірі коні; ііВВ – чорні коні; ІВв – сірі коні; ііВв – сірі коні; ііВв – чорні коні; Пвв – сірі коні; Пвв – сірі коні; ііvv – руді коні.

Відповідь: колір шерсті коней буде таким: ііВb, ііВВ – чорні, ііbb – руді, ііbb – сірі.

Тип задачі: задача на взаємодію неалельних генів – епістаз.

Задача 10. (Задача на полімерію.) Якщо і батько, і мати — мулати (АаВb), чи можна очікувати серед їхніх майбутніх дітей чорношкірих, білошкірих, мулатів? Яку частку становитиме кожний тип дітей?

Розв'язання:

У теоретичних відомостях до виконання практичної роботи визначено ключове поняття для розв'язання задачі: полімерія – це таке явище, при якому декілька неалельних генів відповідають за подібний вплив на розвиток однієї й тієї самої ознаки. Чим більше таких генів є в генотипі, тим яскравіше проявляється ознака. Часто явище полімерії спостерігається при успадкуванні кількісних ознак – удійність корів, несучість, маса тіла тощо.

Як свідчить досвід роботи, задачі на полімерію нескладні для учнів. Разом з тим, одинадцятикласникам слід пояснити, що колір шкіри людини визначається взаємодією двох пар неалельних генів А і В. При цьому чим більше домінантних алелей у генотипі, тим темнішою є шкіра.

1. Вводимо умовні позначення: А і а, В і в – неалельні гени, що визначають колір шкіри.

2. Пояснюємо учням, що чотири домінантні алелі визначають чорну шкіру, три – темну шкіру, два – смагляву, один – світлу.

3. Записуємо всі можливі варіанти генотипів:

ААВВ – чорна шкіра; ААВв – темна шкіра; ААвв – смаглява шкіра; АаВВ – темна шкіра; АаВв – смаглява шкіра; Аавв – світла шкіра; ааВВ – смаглява шкіра; ааВв – світла шкіра; аавв – біла шкіра.

4. Записуємо генетичну схему:

P: АаВв x АаВв

G:

мати		батько
	АВ, Ав, аВ, ав	АВ, Ав, аВ, ав

F₁ : складаємо решітку Пеннета:

Визначаємо, які генотипи та фенотипи теоретично утворюватимуться: ААВВ – чорна, ААВв – темна, АаВВ – темна, АаВв – смаглява, ААвв – смаглява, Аавв – світла, ааВВ – смаглява, ааВв – світла, аавв – біла.

Теоретично очікуваним є таке співвідношення фенотипів у потомства за кольором шкіри в шлюбі дигетерозиготних осіб: 1/16 чорношкірих : 4/16 темношкірих : 6/16 смаглявих : 4/16 світлих : 1/16 білошкірих.

Відповідь: якщо і батько, і мати – мулати (АаВв), можна очікувати серед їхніх майбутніх дітей чорношкірих у співвідношенні (1/16), білошкірих у співвідношенні (1/16), мулатів у співвідношенні (6/16) від загальної кількості.

Тип задачі: задача на взаємодію неалельних генів – полімерію.

Формування в учнів системи генетичних знань на основі розвитку вмінь формалізації та ідеалізації під час розв'язування генетичних задач. Одним з ключових завдань навчання біології в старшій школі є «формування наукової картини живої природи на основі засвоєння учнями системи біологічних знань» [305]. Такі наукові поняття як «факт», «гіпотеза», «закономірність», «закон», «теорія» є складовими системи біологічних знань старшокласників.

Які біологічні закони вивчаються в 10-11 класах? Це біогенетичний закон Геккеля-Мюллера, закони Г. Менделя, закон чистоти гамет, закон гомологічних рядів спадкової мінливості М. Вавилова, закон Харді – Вайнберга. З якою метою біологічні закони вивчаються в старшій школі? Або навіть так «З якою метою біологічні закони повинні вивчатися в старших класах?» Спочатку звернемося до визначення категорії «закон»: закон – внутрішній істотний та стійкий зв'язок явищ, що обумовлює їх впорядковану зміну [381]. Його реалізація залежить від наявності відповідних умов. Створення останніх забезпечує перехід наслідків, що впливають із закону, зі сфери можливого у сферу дійсного.

Грунтуючись на цьому підході, вважаємо, що відповідь на поставлене вище питання є такою: метою вивчення біологічних законів у старших класах повинно бути формування в учнів розуміння існування в живій природі різноманітних стійких повторюваних зв'язків між явищами і процесами, які виявляються за певних умов.

З метою виявлення рівня знань старшокласників щодо одного з центральних законів, що сприяє розумінню старшокласниками сутності генетико-еволюційних процесів у популяції, була проведена письмова робота серед випускників різних загальноосвітніх навчальних закладів м. Кривого Рогу. Мова йде про закон рівноваги генних концентрацій, закон Харді- Вайнберга. Пропоновані завдання передбачали виявлення знань учнями визначення закону, його математичного виразу, умов достовірності та вмінь застосовувати ці знання для розв'язання задач з генетики популяцій. Наведемо їх нижче:

1. Вкажіть рівняння, що є математичним відображенням закону Харді – Вайнберга (допускається декілька відповідей): А) $p + q = 1$; Б) $(p + q)^2 = 1$; В) $p^2 + 2pq + q^2 = 1$; Г) $p^2 + pq + q^2 = 1$; Д) $p + 2pq + q = 1$;

2. Вкажіть рівняння, що описує генотипну структуру популяції (допускається декілька відповідей): (див. варіанти відповідей до пит.1)

3. Вкажіть рівняння, що описує аallelну структуру популяції: (див. варіанти відповідей до пит.1)

4. Сформулюйте закон Харді – Вайнберга.

В одному із завдань учням пропонувалося із багаточисельного переліку характеристик популяції вибрати ті, які є умовами достовірності закону рівноваги генних концентрацій.

Результати відповідей:

на перше завдання: А – 0%, Б – 65%, В – 76%, Г – 29%, Д – 24%;

на друге завдання: А – 24%, Б – 12%, В – 41%, Г – 41%, Д – 53%;

на третє завдання: А – 29%, Б – 29%, В – 12%, Г – 12%, Д – 18%.

При виконанні четвертого завдання 82 % учнів формулювання закону взагалі не навели, серед інших відповідей були такі: «Це закон, що описує розподіл генів в популяції», «Закон Харді – Вайнберга – на популяцію впливають нові умови, які впливають на розподіл генів у популяції», «Це закон, згідно якого під впливом нових умов з 2-х популяцій утворюється одна, з 3-х популяцій – 2 нових і т.д.».

Серед запропонованих умов достовірності закону правильні відповіді учнів розподілилися так: розміри популяції великі – 29%, спарювання відбувається випадковим чином – 24%, нові мутації не виникають – 18%, всі генотипи однаково плідні – 12%, покоління не перекриваються – 12%, відсутній обмін генами з іншими популяціями – 18%, гени знаходяться в аутосомах, а не в статевих хромосомах – 18%, особини різних генотипів однаково життєздатні – 12%.

За результатами отриманих відповідей можемо припустити: учнями недостатньо розуміється опис сутності закону Харді – Вайнберга двома рівняннями, а саме на визначення алельної та генотипної структури популяції; школярі плутаються у змінних, що входять до складу рівнянь; фрагментарними, уривчастими є знання про умови достовірності закону.

Також у ході письмової роботи школярам необхідно було розв'язати наступні задачі:

Задача № 1. Частка особин АА у панміктичній популяції дорівнює 0,09. Яка частина популяції гетерозиготна за геном А [281, с. 79]?

Задача № 2. У корінних жителів Австралії з 730 обстежених група крові М (генотип ММ) виявлена у 22 осіб, група крові MN (генотип MN) – у 216, група крові N (генотип NN) – у 492. Визначте генетичну структуру популяції [22, с. 200].

Задача № 3. Співвідношення генотипів у вибірці наступне: 1АА и 1аа. Визначте генотипну структуру в F₅ у випадку самозапилення та панміксії [22, с. 201].

Пропонуючи для розв'язання вищенаведені задачі, ми очікували, що задача № 1 не викличе утруднень в учнів, а задача № 3 буде самою складною. Підґрунтя для такого припущення пояснимо нижче. Зазначимо, що отримані результати виявилися іншими. Жоден з учасників контрольної роботи не приступив до розв'язання задач 1 та 3.

При роботі із задачею №2 хід міркувань школярів виглядав так: генотипи ММ, MN та NN співвідносяться між собою як 22:216:492, або приблизно як 1:10:22. Відповідь: генетична структура популяції – 1 ММ:10MN:22NN.

Отримана відповідь є неповною, тому що, по-перше, учнями розраховувалися відносні частки генотипів у популяції за співвідношенням генотипів у абсолютних величинах (кількостях осіб) один до одного, а не як співвідношення частин (кількості особин кожного генотипу) до цілого (загальної кількості особин). По-друге, визначення генетичної структури популяції передбачає обчислення не тільки частотних співвідношень генотипів, а й частотних співвідношень алелей.

Таким чином, школярі можуть частково розпізнати серед декількох запропонованих рівнянь ті, що відображають закон Харді – Вайнберга, а також умови достовірності закону із переліку характеристик популяції. Одночасно з цим учні не можуть самостійно дати повне визначення закону, в тому числі перелічити умови його достовірності, написати всі правильні математичні вирази закону, відчувають значні ускладнення при розв'язанні задач з генетики популяцій.

Отже, результати контрольної роботи дозволяють припустити наявність формалізму у знаннях учнів старшої школи про закон рівноваги генних концентрацій. Формалізм у навчанні полягає у механічному заучуванні навчального матеріалу без достатнього розуміння його змісту. Змістом знань, як відомо, є уявлення, поняття, закони і теорії, які виражаються за допомогою слів. Якщо у процесі навчання учень запам'ятовує назви предметів і явищ, заучує визначення понять і законів, не розуміючи їх сутності, то знання набувають формального (вербального, словесного) характеру [292, с. 536].

Як подолати виявлений формалізм в знаннях учнів старшої школи про закон рівноваги генних концентрацій, як одного з теоретичних узагальнень шкільної біології? Що є запорукою успішного розв'язання задач з генетики популяцій? Пошук відповіді на ці питання частково здійснювався у роботах автора [156; 160; 164; 165; 166; 167].

Вважаємо, що для успішного розв'язання задач з генетики популяцій школярі мають, насамперед, володіти відповідним понятійним апаратом, по-друге, знати визначення закону рівноваги генних концентрацій у вербальній формі, по-третє, знати і користуватися формалізованою формою його вираження. Іншими словами, одним із критеріїв якості засвоєння учнями закону Харді – Вайнберга є успішне розв'язання ними задач з генетики популяцій, що, в свою чергу, вимагає використання формалізованої мови математики для здійснення відповідних обчислень. Отже, одним із шляхів подолання формалізму в знаннях учнів про закон рівноваги генних концентрацій є формування в них міжпредметного вміння формалізації. Формалізація – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі за допомогою штучних мов [417, с. 73].

Прискіпливий і вдумливий читач або досвідчений вчитель може запитати: навіщо стільки уваги приділяти вивченню цього закону? Адже на практиці його розгляду за програмою приділяється в кращому випадку одне – два заняття, а практичної роботи на розв'язання задач з генетики популяцій не передбачено.

Відповідь може бути такою. По-перше, навчальний матеріал про закон рівноваги генних концентрацій дійсно розглядається на одному – двох уроках, але створює теоретичне підґрунтя для подальшого вивчення теми «Популяційно-видовий рівень організації живої природи», а саме розгляду факторів еволюційного процесу і видоутворення. По-друге, він надає можливість встановлювати широкі ретроспективні внутрішньоциклові змістовно-інформаційні зв'язки біології з хімією, фізикою для формування елементів системи методологічних знань, а саме про основні наукові категорії, в тому числі «закон». По-третє, зміст курсу загальної біології у 10-11 класах ґрунтується на основних теоретичних узагальненнях базової науки, якими є біологічні закони, закономірності й теорії, тож навчальний процес має бути спрямованим на оволодіння учнями категоріальним апаратом базової науки на рівні конкретних теоретичних узагальнень, якими у тому числі є біологічні закони і закон рівноваги генних концентрацій зокрема.

Розглянемо методичні особливості запропонованих задач.

Для їх успішного опрацювання школярам необхідно оперувати поняттям «гомозигота», «гетерозигота», «самозапилення», «панміксія», «панміктична популяція», «частота алелей», «частота генотипів», «генотипна структура популяції», «генетична структура популяції». Нагадаємо деякі з них.

Частота алелей – це частота, з якою в популяції в даному локусі зустрічається даний алель. Частота генотипів – це частота, з якою в популяції зустрічається даний генотип, що, як правило, має певний фенотиповий вигляд; або співвідношення (%) кількості особин, що мають певний фенотиповий вигляд, який визначається конкретним генотипом, до загальної кількості особин популяції. Генетична структура популяції – частота різноманітних алелей у популяції і частотне (у %) співвідношення різних генотипів (гомозигот і гетерозигот) у ній [23, с. 127]. Генотипна структура популяції – частотне (у %) співвідношення різних генотипів (гомозигот і гетерозигот) у популяції.

Учні мають знати чітко і повне формулювання закону Харді – Вайнберга та умов його достовірності: частоти домінантного та рецесивного алелей у даній популяції будуть залишатися постійними з покоління в покоління за наявності певних умов: розміри популяції великі; спарювання відбувається випадковим чином; нові мутації не виникають; всі генотипи однаково плідні; покоління не перекриваються; не відбувається ні еміграція, ні імміграція, тобто відсутній обмін генами з іншими популяціями [23]; гени знаходяться в аутосомах, а не в статевих хромосомах; особини різних генотипів однаково життєздатні; співвідношення особин чоловічої та жіночої статі – 1:1 [23]. Методичне обґрунтування такого визначення закону розкрито у роботах автора [165].

Школярам також слід знати два рівняння, що є математичним виразом закону Харді – Вайнберга, і розуміти їх складові.

До перелічених вище умов оволодіння учнями вмінням розв'язувати задачі з популяційної генетики можна додати і таку, як поступове зростання складності задач, перехід від розв'язання задач на застосування закону Харді – Вайнберга для ідеальних популяцій до задач, у яких за умовою в популяції умови достовірності закону не дотримуються.

Нижче сформулюємо методичні рекомендації по формуванню елементів системи генетичних знань на основі розвитку в учнів умінь формалізації та ідеалізації під час розв'язування задач з генетики популяцій.

Насамперед, необхідно відповісти на питання «Яке навчально – розвивальне значення задач з генетики популяцій у шкільному курсі біології?»

Розв'язання задач з популяційної генетики має бути спрямоване на те, щоб школярі могли «...наглядно уявити весь механізм різних форм природного добору, а за змінами частот генів у ряді послідовних поколінь в'яснити напрям мінливості конкретної популяції» [23, с. 128]. Отже, основна мета таких задач – навчити учнів розуміти механізм дії факторів, що впливають на генетичну структуру популяції. Іншими словами, навчити визначати генетичну структуру популяції в реальному часі та моделювати її в наступних поколіннях за заданих умов.

Яким чином можна реалізувати цю мету?

По-перше, школярі повинні навчитися розв'язувати задачі на визначення генетичної структури популяцій, які за умовою слід вважати ідеальними. При цьому слід якомога різноманітніше варіювати відоме та шукане у задачах.

По-друге, учні повинні навчитися розв'язувати задачі, за даними яких на популяцію діють фактори, що впливають на її генетичну структуру. Іншими словами, вміти розв'язувати задачі на визначення генетичної структури реальних популяцій, які не відповідають умовам достовірності закону Харді – Вайнберга.

По-третє, одинадцятикласники мають розуміти закономірності в успадкуванні генів при панміксії та самоzapлідненні у популяціях, в яких за умовою вихідне співвідношення частот генотипів не відповідає рівнянню Харді – Вайнберга, і моделювати їх генетичну структуру в наступних поколіннях.

Особливого значення під час навчання учнів розв'язуванню задач на генетику популяцій набувають межі застосування закону, або умови, за яких він є достовірним. Недотримання останніх (за даними умови певної частини задач) дозволяє навчати учнів знаходити закономірності в успадкуванні генів у реальних популяціях, і описувати їх формалізованою мовою.

Нижче наведемо спрощену класифікацію задач із генетики популяцій, розв'язання яких, на нашу думку, сприятиме послідовній реалізації окресленої вище мети.

1. Задачі на застосування закону Харді – Вайнберга для ідеальних популяцій.
 - 1.1 На успадкування аутосомних двохалельних генів.
 - 1.2 На успадкування аутосомних множинних генів.
2. Задачі на відхилення від закону Харді – Вайнберга.
 - 2.1 На визначення генетичної структури популяції за генами, що знаходяться в статевих хромосомах.
 - 2.2 На визначення генетичної структури популяції при дії факторів, що впливають на останню.
3. Задачі, в яких за умовою вихідне співвідношення частот генотипів не відповідає рівнянню Харді – Вайнберга.

Які опорні знання учнів слід актуалізувати для успішного розв'язання ними задач з генетики популяцій?

Основними опорними знаннями, а конкретніше опорними **предметними** знаннями є *поняття* про популяцію, ідеальну популяцію, природний відбір, мутації, міграції, панміксію, дрейф генів, аутосоми та статеві хромосоми, а також *закон* Харді – Вайнберга та рівняння, що його описують. Опорним **нормативним** знанням є уявлення про закон як методологічну категорію.

Зазначені опорні знання, як правило, актуалізуються в ході фронтальної бесіди з учнями перед розв'язанням задач.

Для опрацювання частини задач з генетики популяцій школярам необхідно користуватися нижченаведеними додатковими формулами [23, с. 128–133].

1. Формули на визначення генетичної структури популяцій при множинному успадкуванні генів:

1) Формула для визначення частот алелей

$$p + q + r = 1,$$

де p, q та r – алельні гени;

2) Формула для визначення частот генотипів

$$p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1$$

2. Формула на визначення генетичної структури популяцій у наступних поколіннях при самозапиленні рослин:

$$(2^n - 1)p^2 + 2pq + (2^n - 1)q^2 = 1,$$

де n – число поколінь

3. Формула для визначення частоти алеля в наступних поколіннях при наявності мутаційного процесу:

$$P_n = P(1 - U)^n,$$

де P – вихідна частота алеля A , P_n – частота алеля A в n – поколінні, U^n – швидкість мутування алеля A , n – число поколінь.

Швидкість мутування гена – кількість мутацій гена на геном на покоління.

4. Формула для визначення частоти алеля при змішуванні популяцій:

$$P_{\text{зміш}} = (\Pi_1 \times P_1 + \Pi_2 \times P_2) / N,$$

де $P_{\text{зміш}}$ – частота алеля A у новій за складом популяції, P_1 – частота алеля A у першій популяції, P_2 – частота алеля A у групі прибульців, Π_1 – кількість особин у першій популяції, Π_2 – кількість особин у групі прибульців, N – число особин у змішаній популяції.

5. Формула для визначення частоти алеля в наступних поколіннях при наявності природного відбору:

$$g_1 = g(1 - gS) / (1 - g^2S),$$

де g_1 – частота алеля в наступному поколінні, g – вихідна частота алеля, S – коефіцієнт відбору.

Коефіцієнт відбору – інтенсивність елімінації. Значення коефіцієнту природного відбору варіює від 0 до 1. При $S = 0$ відбір не відбувається, при $S = 1$ елімінуються всі особини популяції, при $S = 0,1$ елімінується 10%. Наприклад, якщо із 100 народжених особин 99 виживуть і народять потомство, то коефіцієнт відбору становитиме 0,01. У реальних популяціях коефіцієнт відбору не перевищує 0,1–0,2.

6. Формули для визначення концентрації гамет з геном A (p) від батьків з генотипами AA та Aa (1) та концентрації гамет з геном a (q) від батьків з генотипами aa та Aa (2) в ідеальних популяціях у наступних поколіннях [269, с. 86–87]:

$$p = p^2 + 2pq/2 \quad (1)$$

$$q = q^2 + 2pq/2 \quad (2)$$

7. Формули для визначення концентрацій гамет з геном A (p) від батьків з генотипами AA та Aa (1) та концентрації гамет з геном a (q) від батьків з генотипами aa та Aa (2) в наступних поколіннях [22, с. 192]:

$$p = (D + 0,5H)/N \quad (1)$$

$$q = (R + 0,5H)/N \quad (2),$$

де D – кількість доміантних гомозигот; R – кількість рецесивних гомозигот; H – кількість гетерозигот; N – загальна кількість членів популяції.

Як відомо, частоти генів у популяції можуть змінюватися в силу самих різних причин, які можна розбити на три категорії: 1) міграція, тобто поява у популяції нових особин або вихід із популяції частини особин; 2) мутування, тобто безпосереднє біохімічне перетворення одних алелей в інші; 3) відбір, тобто будь-які невідповідні зміни частоти генів [372, с. 111]. Формули 3, 4, 5 дозволяють розраховувати частоти генів для реальних популяцій, тобто у випадку, коли мають місце вищезазначені причини. Формула 2 також дозволяє розв'язувати задачі, в яких не дотримуються умови для ідеальних популяцій, а саме має місце самозапліднення.

Оскільки нами розглядається проблема формування вмінь формалізації та ідеалізації, логічним є звернення до основних етапів формування умінь, а саме таких: введення прийому, виконання вправ за зразком (тренувальні вправи), закріплення прийому (творчі вправи).

На нашу думку, навчання учнів розв'язуванню задач з генетики популяцій має починатися із виведення математичних формул, що ілюструють *закон рівноваги генних концентрацій*. Крім того, саме на цьому етапі обґрунтовується необхідність введення літерних позначень алелей та генотипів.

На другому етапі розв'язуються різноманітні задачі на генетику популяцій, які за даними задачі вважаються ідеальними.

На третьому етапі школярі моделюють генетичну структуру популяцій, які за даними задачі не відповідають умовам ідеальності. На цьому ж етапі учням пропонуються задачі, в яких за умовою вихідна сума частот генотипів не відповідає закону Харді – Вайнберга. Нижче у статті буде описано методику їх опрацювання зі школярами, спрямовану на навчання останніх самостійному виведенню відповідних формул, а отже орієнтовану на формування та закріплення вміння користуватися формалізованою мовою математики для вивчення біологічних об'єктів та процесів.

Розглянемо детальніше описані етапи.

Методику введення змінних p і q та виведення математичних формул, що ілюструють закон рівноваги генних концентрацій, розглянуто у роботах автора [165].

Обґрунтування введення літерних позначень алелей та генотипів. Під час фронтальної бесіди вчитель може запропонувати учням пояснити, чому вчені, описуючи і пояснюючи механізми процесів, що відбуваються в популяціях, так широко користуються математичною мовою. Керуючи обговоренням, вчитель підводить школярів до таких висновків:

- популяцію складає велика кількість об'єктів у реальному часі;
- у популяції здебільшого відбувається зростання кількості об'єктів у наступних поколіннях;
- особини в популяціях характеризуються великою кількістю ознак і на основі них можуть бути теоретично згруповані (стать, фенотип, покоління);
- успадкування генів під час розмноження членів популяції відбувається за єдиним механізмом.

Отже, численні об'єкти популяції характеризуються великою різноманітністю ознак, передача яких із покоління в покоління відбувається за єдиними законами спадковості. Таким чином, багаточисельність та різноманітність популяційних об'єктів обумовлюють необхідність, а можливість їх групування та підпорядкованість єдиним механізмам успадкування генів надають змогу описувати процеси, що відбуваються в популяції і пов'язані із передачею спадкової інформації, мовою математики.

Нижче розглянемо методичні особливості розв'язування деяких задач з генетики популяцій, труднощі, які можуть виникати в учнів та шляхи їх подолання. Зазначимо, що

прикладі задач, віднесені нами до п. 1.2 та 2.2 (див. вище) та методика їх розв'язання нами не розглядатимуться нижче. З ними можна ознайомитися у методичній літературі [22; 23].

Задача № 1. У популяції безпорідних собак м. Донецька було виявлено 2457 тварин коротконогих та 243 з нормальними ногами. Коротконогість у собак – домінуюча ознака, а нормальна довжина ніг – рецесивна. Виходячи із закону Харді – Вайнберга, визначте частоту домінуючого гена у даній популяції (у %) [269, с. 88].

Задача № 2. У популяції людей Середньої Європи на 250 тис. людей зустрічається один альбінос (відсутність пігментації шкіри – рецесивна ознака). Виходячи із закону Харді – Вайнберга, визначте відсоткову частку гетерозигот за цим алелем через три покоління [269, с. 88].

Розв'язання першої задачі здійснюється за схемою:

1. Визначення загального розміру популяції: $N = 2457 + 243 = 2700$ (особин собак);
2. Обчислення частоти рецесивних гомозигот: $q^2 = 243/2700 = 0,09$ (9%);
3. Обчислення частоти рецесивного алеля: $q = \sqrt{0,09} = 0,3$ (30%);
4. Обчислення частоти домінуючого алеля: $p = 1 - q = 1 - 0,3 = 0,7$ (70%);

Які труднощі можуть виникнути в учнів при розв'язуванні цієї задачі? Як свідчить практика навчання, однією з основних є перехід від частот генотипів до частот генів і навпаки. Крім того, необхідно звернути увагу учнів на те, що фенотип коротконогості собак визначається двома генотипами – гомозиготним домінуючим генотипом (AA) та гетерозиготним генотипом (Aa). Отже, основними ускладненнями в учнів, що мають місце при розв'язанні цієї задачі, є такі:

- починають розв'язання із другої дії, тобто одразу визначають частоту рецесивних гомозигот (знаходять співвідношення кількості собак з нормальними ногами до кількості собак з короткими ногами), забуваючи при цьому, що популяцію складають собаки з усіма можливими фенотипами;

- ототожнюють частоту генотипів із частотою алелей. При цьому учні забувають, що для визначення частоти домінуючого (рецесивного) алеля необхідно знайти квадратний корінь із частоти домінуючої (рецесивної) гомозиготи. І навпаки, для визначення частоти домінуючої (рецесивної) гомозиготи необхідно частоту домінуючого (рецесивного) алеля звести в квадратну ступінь;

- асоціюють закон Харді – Вайнберга тільки з формулою на вираження частот генотипів, забуваючи про формулу на вираження частот алелей в ідеальній популяції.

Розв'язання другої задачі відбувається за схемою:

1. Визначення частоти рецесивних гомозигот: $q^2 = 1/250000 = 0,000004$ (0,0004%).
2. Визначення частоти рецесивного алеля: $q = \sqrt{0,000004} = 0,002$ (0,2%).
3. Визначення частоти домінуючого алеля: $p = 1 - q = 1 - 0,002 = 0,998$ (99,8%).
4. Визначення частоти гетерозигот в існуючій популяції: $2pq = 2 \times 0,002 \times 0,998 = 0,004$ (0,4%).
5. Визначення частоти гетерозигот у популяції через три покоління.

При розв'язуванні другої задачі можуть виникнути такі труднощі:

- частота рецесивного алеля асоціюється з частотою рецесивних гомозигот. При цьому учні не виконують другу дію;

- при обчисленні частоти гетерозигот учні перемножують лише частоти домінуючого та рецесивного алелей (pq), забуваючи помножити цей добуток на 2;

- виникають проблеми при визначенні генетичної структури популяції через три покоління.

Стосовно останнього ускладнення слід відмітити, що часто під час визначення генетичної структури популяції в n – поколінні (яка за умовою є ідеальною), учні починають виконувати певні математичні дії, забуваючи при цьому сутність закону Харді – Вайнберга.

Задачі № 1 та № 2 хоч і належать до одного типу – на визначення генетичної структури ідеальних популяцій за аутосомними двохалельними генами, разом з тим і відрізняються одна від одної відомим та шуканим. Так, у другій задачі йде мова про успадкування ознак у наступних поколіннях; у першій задачі потрібно знайти частоту гена, а в другій задачі – частоту генотипу.

При розв'язанні обох задач мають місце схожі труднощі: ототожнення учнями частоти генотипів та частоти алелей; уявлення про те, що закон Харді – Вайнберга представлений одним рівнянням на вираження частот генотипів.

На основі аналізу методичної літератури можна констатувати, що задачі на визначення генетичної структури ідеальних популяцій за генами, що знаходяться в аутосомах, за змістом є варіативними. Не зважаючи на це, для розв'язання задач подібного типу школярам необхідно знати:

1. Визначення поняття «популяція». На перших уроках під час введення поняття слід наголошувати на тому, що популяцію складають *всі* особини даного виду, що мешкають на спільній території (здорові і хворі, старі і молоді, чоловічої та жіночої статі, чорні, білі, плямисті тощо). Якою б дивною не здавалася ця умова, практика навчання свідчить, що іноді під час визначення розміру популяції та на основі цього знаходження частот генотипів, учні припускаються першої помилки, описаної у переліку труднощів для задачі № 1.

2. Означення закону Харді – Вайнберга. Вчителю слід звернути увагу учнів на незмінність генетичної структури в поколіннях за умови ідеальної популяції.

3. Умови, за яких закон справедливий.

4. Два рівняння, що відображають закон Харді – Вайнберга

Для розв'язання задач подібного типу необхідно вміти:

1. Користуватися генетичною символікою, а саме записувати генотипи об'єктів, про які йде мова у задачі.

2. Співвідносити дані задачі з умовами, за яких достовірний закон Харді – Вайнберга. Іншими словами, вміти визначати, чи є популяція ідеальною.

3. Вміти користуватися рівняннями, що ілюструють вищезгаданий закон.

Остання вимога включає в себе:

- розуміння значення змінних p та q ; p^2 , q^2 та $2pq$;

- чітке розрізнення двох рівнянь, що ілюструють закон Харді – Вайнберга;

- користування рівняннями і змінними не тільки у прямому порядку, тобто зведення у квадратну ступінь, знаходження суми, добутку, але й у зворотному - знаходження квадратного кореня, різниці, частки чисел.

Задача № 3. Частота кодомінантного, зчепленого зі статтю гена O (знаходиться тільки в X хромосомі кішок), що обумовлює руде забарвлення шерсті, складає у Лондоні 0,19. Який відсоток повинні складати черепахові коти від всього котячого населення Лондона? А чорні коти? [20, с. 152]

Задача віднесена нами до задач на відхилення від закону Харді – Вайнберга, тому що необхідно визначити генетичну структуру популяції за генами, що знаходяться в статевих хромосомах (порушується одна з умов достовірності закону – наявність генів в аутосомах).

Задачі подібного типу, а нижче наведемо й інші приклади, представляють з одного боку методичний інтерес та мають навчальне значення, а з іншого викликають ряд труднощів при розв'язанні їх учнями та керуванні цим процесом з боку вчителя. Пояснимо чому.

По-перше, генетична структура популяції всіх котів Лондона, описується двома рівняннями. Перше описує генетичну структуру частини популяції, представлену тваринами жіночої статі, а друге рівняння – тваринами чоловічої статі:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1;$$

$$pA + qa = 1$$

Генетичну структуру всієї популяції можна представити таким сумарним рівнянням [20, с. 155]:

$$\frac{1}{2} p^2 AA + pqAa + \frac{1}{2} q^2 aa + \frac{1}{2} pA + \frac{1}{2} qA = 1$$

$$\text{або } \frac{1}{2} p^2 00 + pq0+ + \frac{1}{2} q^2 ++ + \frac{1}{2} p0 + \frac{1}{2} q+ = 1$$

Звернемося до визначення поняття «ідеальна популяція». Згідно нього кількісне співвідношення статей дорівнює 1:1. Учням слід наголосити, що для того, щоб скористатися рівняннями Харді – Вайнберга, суму частот можливих генотипів чоловічої та жіночої статі разом слід прийняти за 1, або 100%, тоді сума частот можливих генотипів кожної статі окремо дорівнюватиме по 50%. В умові наведеної задачі не вказано співвідношення статей та відсутні дані по кількості особин обстеженої частини популяції.

Друга проблема, яка виникає при розв'язанні задач подібного типу, в тому, що однією з умов, за яких закон Харді – Вайнберга достовірним, є присутність генів в аутосомах. У наведеній задачі кодомінантні гени зчеплені зі статтю.

Таким чином, виникає закономірне питання: чи не суперечить зміст задачі та хід її розв'язання засвоєним учнями поняттю «ідеальна популяція» та закону Харді – Вайнберга, в тому числі умовам, за яких він достовірний. Адже навіть якщо навести ґрунтовне пояснення необхідності введення двох рівнянь (окремо для кожної статі) для відображення генетичної структури популяції з наступним їх об'єднанням в одне, відкритим залишиться питання про те, що гени локалізовані в статевих хромосомах, а не в аутосомах. І хоча розглянута задача призначена для аудиторної та самостійної роботи студентів, вона є показовою на предмет того, що її дані та пропонувані авторами хід розв'язання вступають у протиріччя із сутністю поняття «ідеальна популяція», законом Харді – Вайнберга, умовами достовірності закону, засвоєними суб'єктами навчального процесу.

Нижче наведемо алгоритм розв'язування задач на визначення генетичної структури популяцій за генами, що знаходяться у статевих хромосомах:

1. Розраховуються частоти алелей гена. Слід пам'ятати, що якщо досліджуваний ген зчеплений з X-хромосомою, то частоти домінантного та рецесивного алелей дорівнюють частотам зустрічальності відповідних генотипів чоловічих особин.
2. Записуються всі можливі генотипи особин жіночої статі: фенотипово різних, здорових, хворих, носіїв.
3. Записуються всі можливі генотипи особин чоловічої статі: фенотипово різних, здорових, хворих.
4. Складається рівняння генетичної структури жіночої частини популяції, сума частот можливих генотипів жіночої статі приймається за 100% або 1.
5. Складається рівняння генетичної структури чоловічої частини популяції, сума частот можливих генотипів чоловічої статі приймається за 100% або 1.
6. Складається сумарне рівняння, що відображає генетичну структуру всієї популяції. Для цього об'єднуються рівняння, складені в п.4-5, коефіцієнти, які стоять перед частотами генотипів, зменшуються вдвічі, сума частот усіх можливих генотипів приймається за 100% або 1.
7. За складеним сумарним рівнянням визначаються частоти генотипів.
8. Для самоперевірки: сума визначених частот генотипів чоловічих та жіночих особин за сумарним рівнянням повинна дорівнювати 100% (по 50% для кожної статі).

Розглянемо більш детально методику розв'язання іншої задачі, яка також відноситься до задач на визначення генетичної структури популяції за генами, що знаходяться в статевих хромосомах [20, с. 153] (зі змінами).

Задача № 4. Частота різної масті досліджених у Сінгапурі кішок була наступною:

	Неруді	Черепахові	Руді
Самки	63	55	12
Самці	74	-	38

Визначте частоту алелей 0 (кодомінантний, зчеплений із статтю ген рудої масті) та +. Чи були випадковими схрещування кішок по відношенню до цих алелей?

Визначення частоти алелей здійснюємо окремо за частотою генотипів самців та самок:

1. Записуємо всі можливі генотипи самців (самок):

X^+Y – неруді самці, X^0Y – руді самці, X^+X^+ – неруді кішки, X^0X^0 – руді кішки, X^+X^0 – черепахові кішки.

2. Визначаємо кількість самців (самок) у досліджуваній популяції:

$$N(\text{самців}) = 74 + 38 = 112$$

$$N(\text{самок}) = 63 + 55 + 12 = 130$$

3. Визначаємо частоту зустрічальності генотипів самців X^+Y (неруді), X^0Y (руді) серед усіх самців та генотипів самок – гомозигот, а саме X^+X^+ (неруді), X^0X^0 (руді) серед усіх самок:

$$X^+Y = 74/112 = 0,66 \text{ (66\%)}$$

$$X^0Y = 38/112 = 0,34 \text{ (34\%)}$$

$$X^+X^+ = 63/130 = 0,48 \text{ (48\%)}$$

$$X^0X^0 = 12/130 = 0,092 \text{ (9,2\%)}$$

4. Визначаємо частоту алеля X^+ серед самців (самок):

$$X^+ = X^+Y \text{ (див. п.1 задачі № 3); } X^+ = 0,66;$$

$$X^+ = \sqrt{(X^+)^2}; X^+ = \sqrt{0,48} = 0,69$$

5. Визначаємо частоту алеля X^0 серед самців (самок):

$$X^0 = X^0Y; X^0 = 0,34;$$

$$X^0 = \sqrt{(X^0)^2}; X^0 = \sqrt{0,092} = 0,3$$

Для пошуку відповіді на друге питання задачі вчитель організовує дискусію, звертаючись до учнів: «Запропонуйте шляхи доведення чи спростування того, що схрещування по відношенню до цих алелей є випадковим». У разі виникнення труднощів під час обговорення, вчитель звертає увагу учнів на ті умови, за яких достовірними є закон Харді – Вайнберга і відповідні формули частот генотипів та алелей у популяціях. Адже однією з таких умов є те, що спарювання особин відбувається випадковим чином. При цьому, по-перше, частота алеля X^0 , як і частота алеля X^+ є однаковими для самців і самок; по-друге, частоти генотипи самців і самок є зрівноваженими, а частоти генотипів самок відповідають співвідношенню частот за рівнянням Харді – Вайнберга.

Таким чином, для того, щоб довести або спростувати випадковість схрещування необхідно:

1. Визначити частоту алеля X^+ та алеля X^0 для самців та самок (див. п.4-5 попереднього пояснення).

2. Порівняти частоти однойменних алелей між собою:

Для алеля X^+ частота серед самців 0,66 ($\approx 0,7$); серед самок 0,69 ($\approx 0,7$).

Для алеля X^0 частота серед самців 0,34 ($\approx 0,3$); серед самок 0,3.

3. Визначити частоту зустрічальності генотипу X^+X^0 за даними задачі:

$$X^+X^0 = 55/130 = 0,423 \text{ (}\approx 0,42\text{)}$$

4. Визначити частоту зустрічальності генотипу X^+X^0 за частотами алелів:

$$2X^+X^0 = 2 \times 0,7 \times 0,3 = 0,42.$$

5. Перевірити відповідність розрахованих за даними задачі частот генотипів самок співвідношенню частот за рівнянням Харді – Вайнберга (для самок):

$$0,48 + 0,42 + 0,092 = 0,99 \text{ (}\approx 1\text{)}$$

Отже, частота алеля X^0 , як і частота алеля X^+ є однаковими для самців і самок; частоти генотипів самок відповідають співвідношенню частот за рівнянням Харді – Вайнберга. Таким чином, схрещування кішок по відношенню до алелей X^0 та X^+ були випадковими.

Задача № 5. У військоматах міста М. юнаків обстежували на кольоросприйняття. Виявилось, що з кожної тисячі досліджених один страждає повним дальтонізмом (рецесивна, зчеплена зі статтю ознака). Визначте кількість людей, гетерозиготних за геном дальтонізму, якщо в місті проживає 1 млн. людей (популяцію вважати ідеальною) [269, с. 89].

Задача № 6. У популяції міста N (вважати ідеальною) з населенням 1 млн. жителів обстежено 10 тис. чоловіків. Виявилось, що серед них 100 осіб страждають на гемофілію

(рецесивна, зчеплена зі статтю ознака). Визначте кількість гетерозиготних за цим геном людей у місті N [269, с. 90].

Наведені задачі мають такі риси подібності:

1. В обох з них мова йде про ознаку, яка визначається рецесивним геном, зчепленим із статтю.
2. Проявом наявності гена у гомозиготному стані є хвороба.
3. За умовами обох задач обстежується частина популяції (вибірка).
4. Вибірка складається тільки з представників чоловічої статі.
5. В обох задачах відомі такі дані: загальна чисельність популяції, кількість обстежених осіб (розмір вибірки), кількість хворих.
6. Шуканим у задачі є абсолютна кількість гетерозигот.
7. За умовою задач обидві популяції є ідеальними.

Належність наведених задач до одного типу, перелічена вище подібність відомого та шуканого обумовлює й єдину схему їх розв'язку:

1. Визначення частоти рецесивного чоловічого генотипу та частоти рецесивного алеля:
 $X^dY = 1/1000 = 0,001$ (0,1%); $X^d = 0,001$ (0,1%)
 $X^hY = 100/10000 = 0,01$ (1%); $X^h = 0,01$ (1%)
2. Визначення частоти домінантного алеля;
 $X^D = 1 - 0,001 = 0,999$ (99,9%)
 $X^H = 1 - 0,01 = 0,99$ (99%)
3. Визначення частоти гетерозиготного генотипу;
 $2X^DX^d = 2 \times 0,999 \times 0,001 = 0,001998$ (0,19%)
 $2X^HX^h = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$ (1,98%)
4. Визначення абсолютної кількості гетерозигот (див. далі).

Які труднощі можуть виникнути при розв'язуванні цих задач? Насамперед, це перехід від частоти рецесивного чоловічого генотипу до частоти рецесивного алеля. Дуже часто учні починають діяти за засвоєним раніше (під час розв'язування задач на генетику популяцій при аутосомному успадкуванні генів) алгоритмом, а саме знаходити квадратний корінь із значення частоти рецесивного чоловічого генотипу, забуваючи при цьому, що *якщо досліджуваний ген зчеплений з X-хромосомою, то частоти домінантного та рецесивного алелей дорівнюють частотам зустрічальності відповідних генотипів чоловічих особин.*

Друга трудність пов'язана із визначенням гетерозиготних генотипів. Іноді учні вважають гетерозиготами особин з генотипами X^DY , X^dY , X^HY та X^hY тому, що вони містять різні хромосоми. З метою попередження такої помилки вчитель організовує бесіду з повторення основних генетичних термінів і понять. Під час бесіди учні пригадують визначення «гетерозигота» - *зигота, яка об'єднує один рецесивний, а другий домінантний алельні гени.* Робиться висновок, що гетерозиготами є тільки жінки X^DX^d , X^HX^h .

На наступному етапі роботи над задачею може виникнути ситуація, описана вище (у задачі № 2), коли при обчисленні частоти гетерозигот учні перемножують лише частоти домінантного та рецесивного алелей, забуваючи помножити цей добуток на 2. Однак із частотою гетерозигот, як і з частотою інших жіночих генотипів у наведених задачах, ситуація не така проста, як здається.

Найбільш складним для учнів етапом розв'язування задач цього типу є останній, а саме визначення абсолютної кількості гетерозигот. Помилка, яка робиться школярами практично завжди, полягає у перемноженні знайденої частоти гетерозигот ($2pq$) на загальну чисельність популяції. Пояснимо детальніше сутність цієї помилки.

У задачах мова йде про успадкування генів, зчеплених із статтю. Ця обставина не дає можливості користуватися рівнянням Харді – Вайнберга для визначення частот генотипів (пам'ятаємо про умови достовірності закону для ідеальних популяцій). Опис методики складання рівнянь, що відображають генетичну структуру популяцій за генами, що знаходяться в статевих хромосомах, подано вище (див. пояснення до задачі № 3). Таким чином, генетичну структуру

популяції за геном дальтонізму (за умови ідеальної популяції, як вказано у задачі) можна представити у вигляді рівнянь:

$$X^D X^D + 2X^D X^d + X^d X^d = 1 \text{ – для жіночої частини популяції}$$

$$X^D Y + X^d Y = 1 \text{ – для чоловічої частини популяції}$$

$$\frac{1}{2} X^D X^D + X^D X^d + \frac{1}{2} X^d X^d + \frac{1}{2} X^D Y + \frac{1}{2} X^d Y = 1 \text{ – сумарне рівняння}$$

З останнього рівняння видно, що коефіцієнт перед добутком (pq , $X^D X^d$) відсутній, тому для обчислення абсолютної кількості гетерозигот за геном дальтонізму необхідно добуток (pq) помножити на загальну чисельність популяції. Але ж у третій дії цей добуток збільшувався удвічі ($2pq$, $2X^D X^d$)! Тоді слід збільшений удвічі добуток помножувати не на загальну чисельність популяції, а на чисельність тільки жінок. Виникає наступне питання: скільки жінок у популяції? Оскільки за умовами задачі популяцію слід вважати ідеальною, то, пам'ятаючи про співвідношення статей 1:1, розраховуємо кількість жінок: $1000000/2 = 500000$. Абсолютна кількість гетерозигот дорівнюватиме $0,001998 \times 500000 = 999$. Відповідь: кількість гетерозигот за геном дальтонізму 999 осіб.

При обчисленні кількості гетерозигот за геном гемофілії, якщо попередньо не розв'язувалися задачі на ген дальтонізму, школярі припускаються помилки, щойно описаної. Вважаємо, що при розв'язуванні задач на генетичну структуру популяції за генами, що знаходяться в статевих хромосомах, спочатку слід опрацювати задачі на дальтонізм, а потім на гемофілію. Пов'язано це із специфікою останнього захворювання, а це в свою чергу впливає на методику розв'язування відповідних задач. Так, під час визначення можливих генотипів чоловіків і жінок, які є здоровими, хворими або носіями гену гемофілії, слід звернути увагу на те, що один із генотипів, а саме $X^h X^h$ є нежиттєздатним.

На стадії утворення зигот частоти всіх можливих генотипів за геном гемофілії є зрівноваженими, тобто

$$X^H X^H + 2X^H X^h + X^h X^h = 1 \text{ – для зародків жіночої статі (1)}$$

$$X^H Y + X^h Y = 1 \text{ – для зародків чоловічої статі (2)}$$

$$\frac{1}{2} X^H X^H + X^H X^h + \frac{1}{2} X^h X^h + \frac{1}{2} X^H Y + \frac{1}{2} X^h Y = 1 \text{ – сумарне рівняння (3)}$$

Вагітності, при яких зародок має генотип $X^h X^h$, закінчуються самовільними абортами, а дівчата, рецесивні гомозиготи за геном гемофілії, не народжуються.

Отже, генетичну структуру популяції за геном гемофілії (за умови ідеальної популяції, як вказано у задачі) для жіночої статі можна представити у вигляді рівняння

$$X^H X^H + 2 X^H X^h = 1 \text{ (4)}$$

для всієї популяції

$$\frac{1}{2} X^H X^H + X^H X^h + \frac{1}{2} X^H Y + \frac{1}{2} X^h Y = 1 \text{ (5)}$$

Таким чином, генетична структура популяції за геном дальтонізму і геном гемофілії відрізняються одна від одної присутністю рецесивних гомозигот у першому випадку і повною їх відсутністю у другому. За цієї причини частоти домінантних гомозигот і гетерозигот за геном гемофілії обчислюються по-іншому, ніж відповідні частоти генотипів за геном дальтонізму. Здійснюється це за такою схемою:

1. Обчислення частоти домінантних гомозигот $X^H X^H$, гетерозигот $X^H X^h$ та рецесивних гомозигот $X^h X^h$ на стадії зиготи за рівнянням 1:

$$X^H X^H = (0,99)^2 = 0,9801 \text{ (98,01\%)}$$

$$X^h X^h = (0,01)^2 = 0,0001 \text{ (0,01\%)}$$

$$2 X^H X^h = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198 \text{ (1,98\%)}$$

2. Обчислення співвідношення частоти домінантних гомозигот та гетерозигот на стадії зиготи:

$$X^H X^H : 2 X^H X^h = 0,9801 : 0,0198 \approx 49 : 1$$

3. Обчислення кількості рецесивних гомозигот, які були б членами популяції за умови їх життєздатності:

$$X^h X^h = 0,0001 \times 500000 = 50 \text{ (осіб)}$$

4. Обчислення реальних частот домінантних гомозигот та гетерозигот як життєздатних членів популяції (за рівнянням 4 або 5). При цьому:

- пам'ятаючи про те, що сума частот генотипів жіночих особин повинна дорівнювати 1 або 100% за рівнянням 4; у всій ідеальній популяції повинна дорівнювати 0,5 або 50% за рівнянням 5;

- враховуючи співвідношення частоти домінантних гомозигот та гетерозигот на стадії зиготи, яке зберігається на стадії народжених та дорослих членів популяції – 49:1;

- беручи до уваги той факт, що рецесивні гомозиготи нежиттєздатні, а їх місце за кількістю займають домінантні гомозиготи та гетерозиготи:

$$X^H X^H = 0,9801 + 0,0001/50 \times 49 = 0,980198 \text{ (98,0198\%)}$$

$$2 X^H X^h = 0,0198 + 0,0001/50 \times 1 = 0,019802 \text{ (1,9802\%)}$$

5. Визначаємо кількість гетерозигот:

$$2 X^H X^h = 0,019802 \times 500000 = 9901 \text{ (осіб)}$$

Відповідь: кількість гетерозигот за геном гемофілії у популяції складає 9901 особу.

Таким чином, незважаючи на належність задач № 5 та № 6 до одного типу, подібність відомого та шуканого, методики їх розв'язання мають багато спільного і водночас суттєво різняться. Різниця обумовлюється біологічним змістом задач, а саме особливостями фенотипового прояву генів, за якими визначається генетична структура популяцій. Отже, методика розв'язування задач з генетики популяцій залежить не тільки від зовнішньої форми представлення даних, відомого та шуканого, а й від біологічного змісту. Можемо стверджувати, що стандартні (ті, які використовуються для типових задач) алгоритми у розв'язанні задач з генетики популяцій мають межу застосування. Одним із факторів обмеження використання алгоритмів є біологічний зміст умови. Приклад такої задачі був розглянутий вище.

Іншим фактором є дані задачі, коли вихідна сума частот генотипів не відповідає закону Харді – Вайнберга. Тобто має місце вихідна заданість частот генотипів, співвідношення яких у батьківському поколінні не описується законом рівноваги генних концентрацій. Розглянемо методику розв'язання таких задач.

Задача № 7. Штучно створена популяція складається з 20 особин з генотипом AA, однієї – aa та 40 – Aa. Визначте співвідношення генотипів у F₄ у випадку панміксії та при самоzapлiдненні [20, с. 152].

Задача віднесена нами до третього типу задач на генетику популяцій (див. вище).

Особливостями цієї задачі та відмінностями її від розглянутих вище є наступне: вихідні співвідношення частот генотипів та генів не відповідають закону Харді-Вайнберга; одне з шуканих у задачі передбачає самоzapлiднення особин. За цих причин скористатися рівняннями Харді – Вайнберга для визначення частот генів та генотипів не представляється можливим. Наведена задача та подібні до неї вимагають від учнів відступу від засвоєних раніше алгоритмів і передбачають формування вмінь розв'язування задач з генетики популяцій на творчому рівні. Крім того, як було вказано вище, подібні задачі спрямовані на навчання учнів самостійному виведенню відповідних формул, а отже орієнтовані на формування та закріплення вміння школярів користуватися формалізованою мовою математики для вивчення біологічних об'єктів та процесів.

Розв'язування задачі починається із визначення частот алелей. Вчитель звертається до учнів із питанням: «Яким рівнянням слід користуватися для знаходження p та q за даними цієї задачі?» Іноді школярі відповідають, що це добре відоме їм рівняння $p + q = 1$. У такому випадку

вчителю варто організувати евристичну бесіду, спрямовану на підведення учнів до висновку, що користуватися жодним із рівнянь, що ілюструють закон рівноваги генних концентрацій не можна, оскільки вихідна популяція не відповідає умовам ідеальності. Хід евристичної бесіди може бути приблизно таким:

Вчитель: «Якою формулою користуватися для знаходження p та q за даними цієї задачі?»

Учні: «Слід скористатися рівнянням для частот алелей $p + q = 1$ ».

Вчитель: «Якщо скористуємося цим рівнянням, то як же нам розрахувати, наприклад, частоту домінантного алеля p ?»

Учні: « $p = 1 - q$ ».

Вчитель: «Якщо будемо знаходити цю різницю, нам потрібно знати частоту рецесивного алеля q . Вона нам невідома. Як її розрахувати?»

Учні: «Необхідно знайти квадратний корінь із частоти рецесивних гомозигот q^2 ».

Вчитель, завідомо знаючи, що цей шлях розв'язування є помилковим, погоджується з учнями, дозволяючи розраховувати частоти алелей пропонованим ними способом (за алгоритмом).

Учні здійснюють такі розрахунки:

- Кількість особин в популяції: $N = 20 + 40 + 1 = 61$ (особина);
- Частота рецесивних гомозигот: $q^2 (aa) = 1/61 = 0,0164$ (1,64%);
- Частота рецесивного алеля: $q = \sqrt{0,0164} = 0,128$ (12,8%);
- Частота домінантного алеля: $p = 1 - 0,128 = 0,872$ (87,2%).

Здійснивши розрахунки, школярі відповідають, що частота $q = 0,128$, частота $p = 0,872$.

Якщо евристична бесіда розгортається за описаною вище схемою, на наступному етапі вчитель пропонує школярам: «Перевірте правильність виконаних розрахунків, визначивши частоту домінантного алеля за частотою домінантних гомозигот». Для цього виконуються такі дії: $p^2 = 20/61 = 0,328$; $p = \sqrt{0,328} = 0,572$. Отже, підсумовує вчитель, частоти алелей не збігаються, а учні припустилися помилки, розраховували частоти алелей за пропонованим ними способом.

Вчитель: «У чому причина помилки? Можливо, не були враховані деякі умови задачі? Чим відрізняється дана задача від тих, що розв'язувалися раніше?»

У результаті обговорення формулюється висновок, що на відміну від задач, що розв'язувалися раніше, у наведеній задачі мова йде, по-перше, про штучно створену популяцію, по-друге, про самозапліднення особин як один із способів їх розмноження.

Вчитель: «Чи можна було користуватися рівняннями Харді – Вайнберга для визначення частот алелей у батьківській популяції? Чому?»

Учні: «Користуватися рівняннями Харді – Вайнберга для визначення частот алелей не можна тому, що популяція не є ідеальною. За даними задачі не дотримано умови достовірності закону рівноваги генних концентрацій».

Вчитель: «Отже, обчислення частот алелей у батьківській популяції необхідно здійснювати за іншими формулами».

Вчитель записує їх (див. вище додаткові формули для опрацювання частини задач з генетики популяцій, п.7), учні здійснюють відповідні розрахунки:

$$p = (D + 0,5H)/N; p = (20 + 0,5 \times 40)/61 = 0,656 \text{ (65,6\%)}$$

$$q = (R + 0,5H)/N; q = (1 + 0,5 \times 40)/61 = 0,344 \text{ (34,4\%)}$$

Наступним етапом розв'язування задачі є визначення частот генотипів у F_4 . Шукане задачі ускладнене, по-перше, тим, що передбачає два варіанти розмноження особин популяції – панміксію та самозапліднення; по-друге, вимагає визначення генетичної структури у четвертому поколінні. Як свідчить досвід навчання, на цьому етапі роботи над задачею у школярів виникають значні труднощі.

Вчитель запитує в учнів: «Чи збережеться вихідне співвідношення частот генотипів у наступних поколіннях?»

Учні утруднюються із відповіддю.

Вчитель: «У якому випадку вихідні частоти генотипів зберігаються у наступних поколіннях?»

Учні: «У випадку, якщо популяція відповідає умовам ідеальності».

Отже, підсумовує вчитель, вихідне співвідношення частот генотипів у наступних поколіннях не збережеться.

Вчитель: «Чи залишаться сталими частоти генів? Чому?»

Учні: «Частоти генів залишаться сталими тому, що в умові задачі не йде мова про вплив на популяцію таких факторів, як мутації, міграції, природній відбір».

Вчитель: «Після якого схрещування (в якому поколінні) популяція досягне стану рівноваги за умови панміксії?»

Учні: «У першому поколінні за умови панміксії популяція досягне стану рівноваги, частоти генотипів будуть зрівноваженими».

Вчитель: «Як знайти частоти генотипів у першому поколінні цієї популяції за умови панміксії?»

Учні: «За умови панміксії частоти генотипів можна обчислити за рівнянням Харді-Вайнберга».

Вчитель: «Як обчислити частоти генотипів у четвертому поколінні цієї популяції за умови панміксії?»

Учні: «За умови панміксії частоти генотипів у F₄ та F₁ будуть однаковими».

Учні обчислюють частоти генотипів за рівнянням Харді – Вайнберга:

$$p^2 (AA) = (0,656)^2 = 0,43 (43\%)$$

$$q^2 (aa) = (0,344)^2 = 0,12 (12\%)$$

$$2pq (2Aa) = 2 \times 0,656 \times 0,344 = 0,45 (45\%)$$

Відповідь: за умови панміксії частоти генотипів у F₄ будуть такими - 43% AA, 45% Aa, 12% aa; співвідношення частот генотипів відповідатиме рівнянню Харді – Вайнберга для частот генотипів.

Вчитель: «Знаючи частоти генів у батьківській популяції, чи можна обчислити частоти генотипів у наступних поколіннях за рівнянням Харді – Вайнберга за умови самоzapлiднення особин? Чому?»

Учні: «Такий спосіб розмноження суперечить одній з умов достовірності закону рівноваги генних концентрацій, тому застосувати рівняння Харді – Вайнберга для обчислення частот генотипів не можна».

Вчитель пропонує спочатку обчислити частоти генотипів у першому поколінні. Для цього слід виконати наступні розрахунки:

1. Обчислити вихідні частоти кожного з генотипів у батьківській популяції:

$p^2 (AA) = 0,328 (32,8\%)$, $q^2 (aa) = 0,016 (1,6\%)$ – (розрахунки були виконані учнями раніше, див. вище), $2pq (2Aa) = 40/61 = 0,656 (65,6\%)$;

2. Обчислити відсоток домінантних і рецесивних гомозигот, а також гетерозигот, які утворюються в F₁ від схрещування Aa x Aa, пам'ятаючи про другий закон Менделя.

Так, відсоток домінантних та рецесивних гомозигот становитиме по 25%, відсоток гетерозигот становитиме 50%. Відповідно, якщо вихідна частота Aa – 65,6%, то в F₁ при умові самоzapлiднення утвориться домінантних гомозигот AA – $\frac{1}{4} \times 65,6\% = 16,4\%$, рецесивних гомозигот aa – $\frac{1}{4} \times 65,6 = 16,4\%$, гетерозигот Aa – $\frac{1}{2} \times 65,6 = 32,8\%$.

3. Обчислити відсоток домінантних гомозигот, які утворюються в F₁ від схрещування AA x AA.

Все потомство в F₁ при такому схрещуванні буде генотипово одноманітним – AA. Якщо вихідна частота AA в популяції – 32,8%, то в F₁ при умові самоzapлiднення утвориться домінантних гомозигот AA – 32,8%.

4. Обчислити відсоток рецесивних гомозигот, які утворюються в F₁ від схрещування aa x aa.

Все потомство в F₁ при такому схрещуванні буде генотипово одноманітним – aa. Якщо вихідна частота aa в популяції – 1,6%, то в F₁ при умові самоzapлiднення утвориться рецесивних гомозигот aa – 1,6%.

5. Обчислити відсоток всіх домінантних гомозигот, які утворюються в F₁.

Для цього слід знайти суму домінантних гомозигот, що утворилися в результаті самозапліднення гетерозигот Аа (п.2), та в результаті самозапліднення гомозигот АА (п.3): $AA = 16,4\% + 32,8\% = 49,2\%$

6. Обчислити відсоток всіх рецесивних гомозигот, які утворюються в F₁.

Для цього слід знайти суму рецесивних гомозигот, що утворилися в результаті самозапліднення гетерозигот Аа (п.2), та в результаті самозапліднення гомозигот аа (п.4): $aa = 16,4\% + 1,6\% = 18\%$

Отже, при самозаплідненні в F₁ частоти генотипів будуть такими: АА – 49,2%, Аа – 32,8%, аа – 18%.

За наведеною схемою послідовно обчислюються частоти генотипів цієї популяції у F₂, F₃, F₄. Наведемо їх нижче:

F₂: АА – 57,4%, Аа – 16,4%, аа – 26,2%;

F₃: АА – 61,5%, Аа – 8,2%, аа – 30,3%;

F₄: АА – 63,55%, Аа – 4,1%, аа – 32,35%.

Відповідь: при самозаплідненні в F₄ частоти генотипів будуть такими: АА – 63,55%, Аа – 4,1%, аа – 32,35%.

Вище зазначалося, що на прикладі задач, подібних до розв'язаної вище, можна навчати школярів самостійному виведенню необхідних формул. Пояснимо це твердження.

Так, визначення генетичної структури популяції в поколіннях за умови самозапліднення її членів можна здійснювати двома способами, з яких перший – за схемою, поданою вище. При цьому на розрахунки витрачається багато часу на уроці, а якщо необхідно обчислити частоти генотипів, наприклад, у F₈, то розв'язування задачі займає весь урок. Другий спосіб полягає у виведенні та наступному використанні формул, за якими розраховуються частоти гомозиготних і гетерозиготного генотипів у будь-якому поколінні популяції. Розглянемо виведення формул на прикладі поданої вище задачі.

Насамперед, необхідно розв'язати задачу першим способом, тобто здійснити всю розгорнуту послідовність розрахунків частот генотипів для F₁, F₂, F₃, F₄.

На наступному етапі вчитель організовує бесіду з учнями.

Вчитель: «Чи простежується закономірність у зміні частот генотипів при самозаплідненні з покоління в покоління? В чому вона полягає?»

Учні: «Так, закономірність є. Суть її в тому, що частоти гомозиготних генотипів невинно збільшуються, а частота гетерозиготного зменшується».

Вчитель: «Порівняйте частоти гетерозиготного генотипу в різних поколіннях і дайте відповідь, чи існує закономірність в зменшенні його частоти? У чому вона полягає?»

Учні: «Закономірність полягає в тому, що у кожному наступному поколінні частота гетерозигот зменшується вдвічі, порівняно з частотою у попередньому поколінні».

Вчитель: «Пропоную вихідну частоту гетерозигот позначити як Н, а частоту гетерозигот в наступних поколіннях як Н₁, Н₂, Н₃, Н₄. Запишіть формулу, за якою можна знайти величину Н₁, знаючи що вона вдвічі менша за Н».

Учні записують формулу – $N_1 = N/2$.

Вчитель: «У скільки разів вихідна частота гетерозигот більша за частоту гетерозигот у Н₂?»

Учні: «У чотири рази».

Вчитель: «Запишіть формулу, за якою можна знайти величину Н₂, знаючи що вона в чотири рази менша за Н».

Учні записують формулу – $N_2 = N/4$.

Продовжуючи бесіду далі, вчитель пропонує учням записати формули для знаходження Н₃, Н₄. Вони будуть наступними – $N_3 = N/8$; $N_4 = N/16$.

Вчитель: «Як бачимо, чисельник у всіх формулах однаковий, а знаменник збільшується з покоління в покоління. Запишіть знаменник у кожній формулі у вигляді ступеня числа 2».

Учні записують $N_1 = N/2^1$, $N_2 = N/2^2$, $N_3 = N/2^3$; $N_4 = N/2^4$.

Вчитель звертає увагу учнів на те, що ступінь числа 2 у кожній формулі відповідає поколінню, для якого розраховується частота.

Вчитель: «Запишіть одну універсальну формулу, в якій номер покоління та ступінь числа 2 будуть позначатися однією літерою».

Учні самостійно або за допомогою вчителя записують

$$H_n = H/2^n,$$

де n – покоління за рахунком, H – вихідна частота гетерозигот, H_n – частота гетерозигот у n – поколінні за умови самозапліднення особин.

В ході такої бесіди учні під керівництвом вчителя вивели формулу для обчислення частоти гетерозигот у n – поколінні популяції при умові самозапліднення її членів.

Наступним кроком є виведення формул для обчислення частот гомозигот у n – поколінні популяції при умові самозапліднення її членів.

Вчитель: «Порівняйте частоти гомозиготного доміантного генотипу в різних поколіннях і дайте відповідь, чи існує закономірність у збільшенні його частоти? В чому вона полягає?»

Учні: «Закономірність полягає в тому, що у кожному наступному поколінні частота доміантних гомозигот збільшується на $\frac{1}{4}$ частоти гетерозигот попереднього покоління».

Вчитель: «Пропоную вихідну частоту доміантних гомозигот позначити як D , а частоту в наступних поколіннях як D_1, D_2, D_3, D_4 . Запишіть формулу, за якою можна знайти величину D_1 , знаючи, що частота доміантних гомозигот збільшиться на $\frac{1}{4}$ частоти гетерозигот у батьківській популяції».

Школярі записують формулу

$$D_1 = D + \frac{1}{4}H$$

Вчитель: «Запишіть формулу, за якою можна знайти величину D_2 , знаючи, що частота доміантних гомозигот у другому поколінні збільшиться на $\frac{1}{4}$ частоти гетерозигот першого покоління».

Учні записують

$$D_2 = D_1 + \frac{1}{4}H_1$$

$$D_2 = D + \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}H_1$$

Продовжуючи бесіду далі, вчитель пропонує учням записати формули для знаходження D_3, D_4 . Вони будуть такими:

$$D_3 = D_2 + \frac{1}{4}H_2$$

$$D_3 = D + \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}H_1 + \frac{1}{4}H_2$$

$$D_4 = D_3 + \frac{1}{4}H_3$$

$$D_4 = D + \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}H_1 + \frac{1}{4}H_2 + \frac{1}{4}H_3$$

$$D_4 = D + \frac{(H + H_1 + H_2 + H_3)}{4}$$

$$D_4 = D + \sum_{n=1}^4 \left(\frac{H}{2^{n-1}} \right) / 4.$$

В узагальненому вигляді формула буде такою

$$D_n = D + \sum_{n=1}^n \left(\frac{H}{2^{n-1}} \right) / 4$$

де n – покоління за рахунком D_n - частота доміантних гомозигот у n – поколінні, D – частота доміантних гомозигот у батьківській популяції, H – частота гетерозигот у батьківській популяції.

Методика виведення формули для визначення частот рецесивних гомозигот аналогічна до описаної вище. Частоту рецесивних гомозигот у батьківській популяції можна позначити як R , відповідні частоти в поколіннях як R_1, R_2, R_3, R_4 .

В узагальненому вигляді формула буде такою

$$R_n = R + \sum_{n=1}^n \left(\frac{H}{2^{n-1}} \right) / 4$$

де n – покоління за рахунком R_n – частота рецесивних гомозигот у n – поколінні, R – частота рецесивних гомозигот у батьківській популяції, H – частота гетерозигот у батьківській популяції.

Розглянемо приклади розв'язування задач із використанням виведених формул.

Задача № 8. Узято 4 рослини гороху червоноквіткових гетерозиготних з генотипом Aa та 1 червоноквіткову гомозиготну. Горох – самозапилювач. Визначте відсоток гетерозигот у четвертому поколінні [269, с. 91].

Задача розв'язується за такою схемою:

1. Обчислюємо частоту гетерозигот у батьківській популяції:

$$2pq (Aa) = 4/5 = 0,8 (80\%)$$

2. Визначаємо відсоток гетерозигот у четвертому поколінні за формулою $H_n = H/2^n$:

$$H_4 = 0,8/2^4 = 0,05 (5\%)$$

Відповідь: у четвертому поколінні гетерозигот буде 5 %.

Задача № 9. Посівний матеріал складається із 50% горошин зеленого кольору та 50% жовтих гетерозиготних горошин. Скільки відсотків жовтих горошин теоретично буде в четвертому поколінні цієї популяції? (Горох – самозапилювач.) [269, с. 91].

Задача розв'язується за такою схемою:

1. Обчислюємо частоту жовтих гетерозиготних горошин у четвертому поколінні цієї популяції за формулою $H_n = H/2^n$:

$$H_4 = 0,5/2^4 = 0,03125 (3,125\%)$$

2. Обчислюємо частоту жовтих гомозиготних горошин у четвертому поколінні цієї популяції за формулою

$$D_n = D + \sum_{n=1}^n \left(\frac{H}{2^{n-1}} \right) / 4$$

$$D_4 = D + (H/2^{1-1} + H/2^{2-1} + H/2^{3-1} + H/2^{4-1})/4$$

$$D_4 = 0 + (0,5 + 0,5/2 + 0,5/4 + 0,5/8)/4 = 0,2344 (23,44\%)$$

3. Обчислюємо частоту жовтих горошин у четвертому поколінні популяції. Для цього знаходимо суму частот жовтих гетерозиготних та жовтих гомозиготних горошин $N = H_4 + D_4$:

$$N = 0,03125 + 0,2344 = 0,2656 (26,56\%)$$

Відповідь: у четвертому поколінні цієї популяції теоретично буде 26,56% жовтих горошин.

При розв'язуванні задачі № 9 в учнів може виникнути наступне ускладнення: частота жовтих горошин в четвертому поколінні ними буде рахуватися за частотою гетерозиготних жовтих горошин в цьому ж поколінні. У такому випадку вчителю слід звернути увагу учнів на те, які генотипи визначають необхідний фенотип (жовтий колір горошин).

Отже, розв'язування задач із генетики популяцій є одним з ефективних прийомів оволодіння учнями формалізацією та ідеалізацією як навчальними уміннями, причому на різних етапах їх формування та розвитку. Водночас використання цього прийому пов'язано з рядом труднощів, частину яких описано вище, а також окреслено шляхи їх подолання.

Вище розкрито лише незначну частину тих методичних особливостей, що мають місце при роботі із задачами на генетику популяцій. Наприклад, для розв'язання частини задач учні мають володіти поняттям «вибірка групи» і розуміти, чому статистичний розподіл частот генотипів та частот алелей, притаманні для вибірки, можна переносити на всю групу (популяцію). Засвоєння учнями поняття «вибірка» ґрунтується на використанні математичних методів в біологічних дослідженнях. Це, в свою чергу, передбачає ознайомлення школярів із такими поняттями як

генеральна сукупність, вибіркова сукупність, репрезентативність вибірки, стратегії побудови вибірки тощо.

Використання математичних методів, вивчення ідеальних об'єктів і перенесення встановлених для них закономірностей на реально існуючі біологічні об'єкти та процеси – прийоми, що сприяють у кінцевому результаті формуванню природничо – наукової картини світу у школярів.

Підсумовуючи вищесказане, зазначимо, що, на нашу думку, навчання учнів розв'язуванню задач з генетики популяцій сприятиме якісному засвоєнню знань про закон рівноваги генних концентрацій у популяції, уникненню виявленого формалізму і формуванню розуміння існування в живій природі різноманітних стійких повторюваних зв'язків між явищами і процесами, які виявляються за певних умов.

Методичні умови формування елементів системи генетичних знань старшокласників. Проблема формування знань учнів про закон рівноваги генних концентрацій безпідставно позбавлена пильної уваги з боку авторів шкільних програм, підручників з біології для 11 класу, науковців у галузі методики навчання біології та відповідно вчителів-практиків. У результаті, як було описано вище, учнями недостатньо розуміються теоретичні основи і практична значущість закону, школярі відчувають утруднення із характеристикою умов його достовірності, хоча останні є структурним елементом наукових теоретичних знань про закон.

Вважаємо, що існує декілька причин формального засвоєння закону рівноваги генних концентрацій. Деякі з них були названі й проаналізовані вище. Отже, слід констатувати недостатність акцентування уваги учнів на самій сутності категорії «закон» взагалі і закону Харді – Вайнберга зокрема як у шкільних програмах, так і в підручниках з біології. До того ж, оскільки про якість засвоєння теоретичного знання про закон рівноваги генних концентрацій свідчить сформованість у старшокласників умінь вирішувати різні типи задач з генетики популяцій, то ще однією причиною є відсутність класифікації останніх, і, отже, незадовільна розробленість методики розв'язання їх різних груп.

Нижче на конкретних прикладах розв'язання задач з популяційної генетики розкриємо сформульовані нами методичні умови формування таких елементів системи наукових теоретичних знань старшокласників з біології, як знання про закон рівноваги генних концентрацій і умови його достовірності.

У роботах автора було наведено декілька відмінних один від одного формулювань закону Харді – Вайнберга, які зустрічаються у навчальній літературі з біології (шкільних підручниках, посібниках для вступників до вузів та ін.) [165]. Також вказано на найбільш вдале з точки зору доступності для розуміння учнями та відповідності сутності категорії «закон» формулювання закону Харді – Вайнберга. Наведемо його нижче: частоти домінантного і рецесивного алелів у цій популяції будуть залишатися постійними з покоління в покоління при наявності певних умов: 1) розміри популяції великі; 2) парування відбувається випадковим чином; 3) нові мутації не виникають; 4) всі генотипи однаково плідні; 5) покоління не перекриваються; 6) відсутній обмін генами з іншими популяціями, тобто не відбувається ні еміграція, ні імміграція [88, с. 284]. До вказаних умов додаються і такі: 1) гени знаходяться в аутосомах, а не в статевих хромосомах; 2) особини різних генотипів однаково життєздатні; 3) співвідношення особин чоловічої та жіночої статі – 1:1 [23, с.128].

Чому саме таке формулювання найбільш вдале? Для цього звернемося до визначення категорії «закон». Закон – внутрішній суттєвий і стійкий зв'язок явищ, що зумовлює їх впорядковану зміну. Реалізація закону залежить від наявності відповідних умов. Створення останніх забезпечує перехід наслідків, що випливають із закону, зі сфери можливого в сферу дійсного [381, с. 147].

Отже, школярі повинні зрозуміти, що закон відображає існування зв'язків між явищами в даних конкретних умовах, тобто в певних межах. При зміні умов, для яких було встановлено зв'язок, закон не є достовірним. Таким чином, однією з головних методичних умов формування

уявлення про генетичну структуру популяцій є розуміння учнями сутності методологічної категорії «закон».

Не менш значуща і така методична умова як використання в процесі навчання різноманітних задач з генетики популяцій, з поступовим ускладненням їх змісту (відомого і шуканого). У ході їх вирішення у школярів теоретичні уявлення про закон рівноваги генних концентрацій трансформуються у практичні вміння аналізу і моделювання генетичної структури як ідеальних популяцій, так і таких, для яких умови достовірності закону не дотримані. Зазначимо, що у роботах автора [166] та вище у роботі було описано розроблену класифікацію задач з генетики популяцій для використання в шкільному курсі біології старшої школи.

Наступною методичною умовою є формулювання задачі, яке передбачає при розв'язанні обов'язкову актуалізацію знань про закон Харді –Вайнберга, умови достовірності та використання математичних формул його вираження. Іншими словами, учні повинні зрозуміти, чи є вихідні дані або отримані на основі них результати такими, які підтверджують закон генетичної рівноваги, і якщо ні, то які причини.

Розглянемо особливості розв'язування декількох задач з генетики популяції, при цьому особливу увагу приділимо дотриманню третьої методичної умови успішного формування знань про закон Харді – Вайнберга.

Задача № 1. У корінних жителів Австралії з 730 обстежених група крові М (генотип ММ) виявлена у 22 осіб, група крові MN (генотип MN) – у 216, група крові N (генотип NN) – 492. Визначте генетичну структуру популяції [23, с. 134].

За запропонованою класифікацією задача відноситься до задач на застосування закону Харді – Вайнберга для ідеальних популяцій, а саме на спадкування аутосомних двухалельних генів.

Розв'язок задачі № 1. Заздалегідь слід відмітити, що розглянуті нижче способи відображають хід міркувань учнів, і в деяких випадках є неповними і помилковими. Однак вважаємо доречним навести приклади таких міркувань, проаналізувати їх і сформулювати рекомендації для попередження помилок.

Хід міркувань учнів № 1

1. Обчислюємо об'єм вибірки: $22 + 216 + 492 = 730$ (осіб);
2. Розраховуємо частоту генотипу ММ: $22/730 = 0,03$;
3. Розраховуємо частоту генотипу MN: $216/730 = 0,3$;
4. Розраховуємо частоту генотипу NN: $492/730 = 0,67$.

Відповідь: структура популяції наступна ($MM = P_2 = 0,03$) + ($MN = 2pq = 0,3$) + ($NN = q^2 = 0,67$).

Хід міркувань учнів № 2

1. Обчислюємо об'єм вибірки: $22 + 216 + 492 = 730$ (осіб);
2. Розраховуємо частоту генотипу NN: $492/730 = 0,67$;
3. Розраховуємо частоту аллеля N: $\sqrt{0,67} = 0,82$;
4. Розраховуємо частоту аллеля М: $1 - 0,82 = 0,18$;
5. Розраховуємо частоту генотипу ММ: $0,182 = 0,03$;
6. Розраховуємо частоту генотипу MN: $2 \times 0,82 \times 0,18 = 0,3$ (а) або $1 - 0,03 - 0,67 = 0,3$ (б).

Відповідь: генетична структура популяції наступна ($MM = P_2 = 0,03$) + ($MN = 2pq = 0,3$) + ($NN = q^2 = 0,67$), ($p = 0,18$) + ($q = 0,82$).

Слід зазначити, що в другому ході міркувань при розрахунку частоти генотипу MN (п.6) школярі частіше виконують дію а, ніж б (при цьому в ряді випадків забуваючи про множник 2). Здавалося б, різниці немає. Однак ми вважаємо, що виконання дії б свідчить про більш глибоке розуміння учнем сутності поняття «генетична структура популяції», оскільки саме ця дія демонструє знання школярем того, що сума всіх частот генотипів дорівнює 1.

Хід міркувань учнів № 3

1. Обчислюємо об'єм вибірки: $22 + 216 + 492 = 730$ (осіб);
2. Розраховуємо частоту аллеля М за формулою $p = (D + 0,5H)/N$, де D – кількість домінуючих гомозигот; H – кількість гетерозигот; N – загальна кількість членів групи: $(22 + 0,5 \times 216)/730 = 0,18$;

3. Розраховуємо частоту аллеля N за формулою $q = (R + 0,5H)/N$, де D – кількість доміантних гомозигот; R – кількість рецесивних гомозигот; H – кількість гетерозигот; N – загальна кількість членів групи: $(492 + 0,5 \times 216)/730 = 0,82$;

4. Розраховуємо частоту генотипу MM : $0,182 = 0,03$;

5. Розраховуємо частоту генотипу NN : $0,822 = 0,67$;

6. Розраховуємо частоту генотипу MN : $2 \times 0,18 \times 0,82 = 0,3$ або $1 - 0,03 - 0,67 = 0,3$.

Відповідь: генетична структура популяції наступна ($MM = P_2 = 0,03$) + ($MN = 2pq = 0,3$) + ($NN = q^2 = 0,67$), ($p = 0,18$) + ($q = 0,82$).

Отже, на цьому етапі маємо три способи розв'язку задачі. Як показує досвід, учні найчастіше використовують перший спосіб і практично ніколи третій. Коротко проаналізуємо кожен із способів для пошуку відповіді на питання: Чи орієнтований спосіб на засвоєння знань про закон рівноваги генних концентрацій? Чи можна застосувати спосіб для вирішення задачі № 1 саме в такому варіанті формулювання її умови? Чи орієнтований спосіб на засвоєння знань про закон рівноваги генних концентрацій?

У першому варіанті для знаходження генетичної структури популяції учні користуються способом знаходження частини від цілого. При цьому рівняння Харді – Вайнберга для розрахунків не використовується. Відповідно знання про закон не актуалізуються. У другому варіанті використовуються обидві формули, що відображають закон – для знаходження частот генотипів і знаходження частот генів. У третьому варіанті використовується одна формула, що відображає закон Харді – Вайнберга – для знаходження частот генотипів. У третьому способі учні також використовують додаткові формули для знаходження частот алелей у популяції.

Чи можна застосувати спосіб для вирішення задачі № 1 саме в такому варіанті формулювання її умови? У першому способі вирішення учнями знайдена тільки генотипна структура популяції, на відміну від другого і третього способів, де розрахована як генотипна, так і генетична структура, що власне і вимагається в задачі. Отже, перший спосіб вирішення слабо орієнтований на засвоєння знань про закон рівноваги генних концентрацій і при вихідному варіанті формулювання умови задачі призводить до отримання неповних результатів. А що з другим і третім способом розв'язку? Для відповіді на це питання розглянемо розв'язок задачі № 2. За наведеною класифікацією вона відноситься до задач, в яких за умовою вихідне співвідношення частот генотипів не відповідає рівнянню Харді – Вайнберга.

Задача № 2. Напишіть генотипну структуру панміктичної популяції в F_3 , якщо вихідне співвідношення генотипів було: $2AA:1Aa:3aa$ [22, с. 201]?

Розв'язок задачі № 2. Хід міркувань учнів № 1

Визначаємо генотипну структуру вихідної популяції: $AA = 2/6 = 0,33$, $Aa = 1/6 = 0,17$; $aa = 3/6 = 0,5$.

Відповідь: генотипна структура вихідної популяції наступна ($AA = P_2 = 0,33$) + ($Aa = 2pq = 0,17$) + ($aa = q^2 = 0,5$).

Слід зазначити, що в ряді випадків рішення задачі на цьому етапі закінчується. Учні вважають, що вихідна популяція і популяція через три покоління будуть мати однакову генотипну структуру, оскільки «у самій умові сказано, що популяція панміктична, а значить дотримано умову достовірності закону» (відповідь школяра А). Частина одинадятикласників продовжують міркування.

Хід міркувань учнів № 2

1. Знаходимо частоту генотипу AA у вихідній популяції: $AA = 2/6 = 0,33$;

2. Розраховуємо частоту аллеля A у вихідній популяції: $\sqrt{0,33} = 0,57$;

3. Розраховуємо частоту аллеля a у вихідній популяції: $1 - 0,57 = 0,43$.

4. Знаходимо частоту генотипу aa у вихідній популяції: $aa = 0,432 = 0,18$;

4. Обчислюємо частоту генотипу Aa у панміктичній популяції після схрещувань: $Aa = 2 \times 0,57 \times 0,43 = 0,49$ або $1 - 0,33 - 0,18 = 0,49$.

Відповідь: генотипна структура популяції в F_3 наступна ($AA = P_2 = 0,33$) + ($Aa = 2pq = 0,49$) + ($aa = q^2 = 0,18$).

Отже, маємо дві відповіді задачі: генотипна структура у панміктичній популяції в F_3 або така: ($AA = P_2 = 0,33$) + ($Aa = 2pq = 0,17$) + ($aa = q^2 = 0,5$), тобто така ж, як у вихідній популяції;

або $(AA = P_2 = 0,33) + (Aa = 2pq = 0,49) + (aa = q^2 = 0,18)$, тобто відмінна від вихідної популяції. Зауважимо, що школярі приходять і до інших помилкових відповідей, але в даний момент для нас більш важливим є факт їх наявності, ніж розгляд їхньої різноманітності.

Жодна з наведених відповідей задачі № 2 не є правильною. У першому випадку хід міркувань учнів є неповним. У другому випадку спосіб розрахунку частоти алеля a є методологічно помилковим, оскільки у вихідній популяції частоти алелей і генотипів не врівноважені згідно закону рівноваги генних концентрацій. Ця методологічна помилка призводить до отримання неправильної відповіді в цілому.

Хід міркувань учнів № 3

1. Знаходимо частоту генотипу AA , Aa і aa у вихідній популяції: $AA = 2/6 = 0,33$, $Aa = 1/6 = 0,17$, $aa = 3/6 = 0,5$;

2. Розраховуємо частоту алеля A у вихідній популяції: $\sqrt{0,33} = 0,57$;

3. Розраховуємо частоту алеля a у вихідній популяції: $\sqrt{0,5} = 0,7$;

4. Розраховуємо частоту гамет з алелем A за формулою $p = D + 0,5H$, де D – частота домінантних гомозигот; H – частота гетерозигот: $(0,33 + 0,5 \times 0,17) = 0,41$.

5. Розраховуємо частоту гамет з алелем a за формулою $q = R + 0,5H$, де R – частота рецесивних гомозигот; H – частота гетерозигот: $(0,5 + 0,5 \times 0,17) = 0,59$.

6. Розраховуємо частоту генотипів AA , Aa і aa у популяції після першого схрещування, у F_1 : $AA = 0,41^2 = 0,17$, $Aa = 2 \times 0,41 \times 0,59 = 0,49$, $aa = 0,59^2 = 0,34$.

Відповідно до закону Харді – Вайнберга, у панміктичній популяції частоти алелів і генотипів після першого ж схрещування врівноважуються і залишаються постійними. Тому генотипна структура в F_3 буде такою ж, як в F_1 .

Відповідь: генотипна структура панміктичної популяції в F_3 буде такою: $(AA = P_2 = 0,17) + (Aa = 2pq = 0,49) + (aa = q^2 = 0,34)$. Отримана відповідь є єдиною правильною.

Отже, в обох задачах наведено кількісні дані по генотипам особин популяції і потрібно визначити генетичну (генотипну структуру популяції). Обидві задачі розв'язані трьома способами. Аналіз результатів, отриманих учнями різними способами, показує, що в задачі № 1 вони ідентичні. В задачі № 2 тільки результати, отримані третім способом, є правильними. Яка причина такого протиріччя, чому тільки третій спосіб вирішення задачі № 2 дозволяє прийти до правильної відповіді? Чи застосовні у такому випадку два інших способи вирішення до задачі № 1? А якщо і застосовні, то за яких умов?

Порівняння умов задач № 1 і № 2 показує, що в задачі № 1 відсутня інформація про те, чи можна вважати вихідну популяцію ідеальною. У задачі № 2 теж відсутня явна вказівка на відповідність вихідної генотипної структури популяції закону Харді – Вайнберга. Однак з формулювання умови ясно, що вихідна популяція приступає до розмноження як панміктична і залишається такою в поколіннях. У задачі № 2 і подібних їй, тобто в тих, які за запропонованою класифікацією належать до третьої групи, потрібно спершу встановити генотипну і алельну структуру вихідної популяції. Потім, користуючись додатковими формулами, обчислити алельну і генотипну структуру популяції у поколіннях.

Виходячи з вищесказаного, можна стверджувати, що наявність або відсутність в умовах задач прямої вказівки на те, чи можна вважати вихідну популяцію ідеальною, визначає спосіб її розв'язання. Так, використання для розрахунків тільки рівнянь Харді – Вайнберга (спосіб 2) є обґрунтованим, якщо в умові зазначено, що популяцію вважати ідеальною. Наприклад, при переформулюванні умови задачі № 1 як «У корінних жителів Австралії з 730 обстежених група крові M (генотип MM) виявлена у 22 осіб, група крові MN (генотип MN) – у 216, група крові N (генотип NN) – у 492. Визначте генетичну структуру популяції. Популяцію вважати умовно ідеальною», використання для розв'язку способу № 2 буде методично виправданим. В іншому випадку, для знаходження шуканого необхідно виконати розрахунки за іншими формулами (спосіб 3).

З метою ускладнення задачі № 1 можна запропонувати старшокласникам таке її формулювання «У корінних жителів Австралії з 730 обстежених група крові M (генотип MM) виявлено у 22 осіб, група крові MN (генотип MN) – у 216, група крові N (генотип NN) – у 492. Визначте генетичну структуру вихідної популяції. Чи відповідає співвідношення генотипів і

алелей у ній закону Харді – Вайнберга?» При такому шуканому методично виправданим буде використання трьох вищенаведених способів вирішення, порівняння між собою отриманих результатів та формулювання відповідних висновків.

Вважаємо, що дотримання описаних методичних умов дозволить запобігти формалізму знань старшокласників про закон Харді – Вайнберга і сприятиме якісному формуванню цих елементів системи наукових теоретичних знань з біології.

4.2.2 Методика формування підсистеми екологічних знань. Формування в учнів підсистеми екологічних знань на основі формування вміння формалізації під час розв'язування екологічних задач. У даній частині роботи зупинимось на висвітленні окремих питань методики формування в учнів 11 класу елементів системи екологічних знань на основі оволодінням ними вмінням формалізації при розв'язуванні екологічних задач.

Для реалізації поставленої мети, по-перше, визначимось із сутністю поняття «формалізація як метод пізнання», «формалізація як навчальне міжпредметне вміння», по-друге, з'ясуємо, на якому змісті навчального матеріалу з біології доцільно формувати в учнів вміння застосовувати формалізацію як метод пізнання, по-третє, сформулюємо методичні рекомендації по формуванню вищевказаного вміння в учнів 11 класу під час навчання їх розв'язуванню задач екологічного змісту.

Згідно діючих шкільних програм [303; 304; 305], учні 11 класу повинні навчитися розв'язувати екологічні задачі різного змісту: 1) на складання ланцюгів живлення; 2) на застосування правила екологічної піраміди; 3) на визначення біологічної продуктивності екосистеми; 4) на складання схем колообігу речовин у екосистемах; 5) на моделювання екологічних процесів; 6) на встановлення ролі продуцентів, консументів, редуцентів у штучних та природних екосистемах.

Які вміння формуються в учнів при розв'язуванні екологічних задач вищевказаних типів?

На нашу думку, це, по-перше, предметні (ті, що формуються і використовуються учнями в межах однієї навчальної дисципліни – біології) – наприклад, вміння складати ланцюги живлення, вміння застосовувати знання про екологічні правила та закони на конкретних прикладах.

По-друге, міжпредметні вміння (ті, що формуються і використовуються учнями в межах різних навчальних дисциплін) – наприклад, користуватися математичними розрахунками та формулами, складати графіки, схеми, вводити умовні позначення біологічних об'єктів та процесів (приклад застосування методу формалізації в шкільному курсі біології), вміння моделювати екологічні процеси, вміння складати програму довготривалих та короткочасних спостережень, вміння прогнозувати можливі результати дослідження, вміння визначати методологію дослідження.

Отже, розглянемо методичні особливості формування в учнів міжпредметного вміння формалізації при навчанні їх розв'язуванню екологічних задач.

Для прикладу розглянемо таку задачу [269].

Задача 1. Користуючись правилом екологічної піраміди, визначте, яка площа (га) відповідного біогеоценозу може прогодувати одну особину в останній ланці ланцюга живлення:

планктон – синій кит (жива маса 100 тонн);

планктон – нехижі риби – щука – (10 кг);

планктон – риби – тюлень – білий ведмідь (500 кг).

У вказаних дужках маси 60 % становить вода. Біопродуктивність 1 м² планктону становить 600 г.

Розглянемо методику розв'язання цієї задачі.

Перед розв'язуванням задачі зі школярами необхідно пригадати зміст поняття «продуктивність біологічна».

Продуктивність біологічна – біомаса, що виробляється популяцією або екосистемою на одиниці площі або за одиницю часу, і здатність біологічних систем підтримувати темп відтворення цієї біомаси [293].

По-перше, задачу можна розв'язувати шляхом логічних міркувань, Зокрема спочатку розраховується маса сухої речовини організму, що є останнім елементом ланцюга живлення (за умовою задачі вона становить 40% від загальної маси). Наступним кроком є обчислення маси

планктону (першого елементу в ланцюгу живлення), ґрунтуючись на знаннях правила екологічної піраміди. Нарешті, складаючи пропорцію, дізнаються про площу відповідного біогеоценозу (не забуваючи при цьому грами переводити в кілограми, а квадратні метри в гектари).

По-друге, для розв'язування задачі можна скористатися формулою:

$$P = (k \cdot m \cdot 10^{n-1}) / S,$$

P – продуктивність біоценозу, k – частка сухої речовини компоненту біоценозу, m – маса компоненту біоценозу, n – кількість ланок в ланцюзі живлення, S – площа біогеоценозу.

У випадку використання формули для розв'язання задачі значно спрощується процедура її розв'язання, а саме обчислення площі відповідного біогеоценозу. Водночас учні начебто оволодівають міжпредметним вмінням формалізації. Однак не все так просто. Якщо школярам запропонувати вказану вище формулу в готовому вигляді, то, як свідчить досвід навчання, вони будуть користуватися нею, не усвідомлюючи того, чому в саме такій залежності знаходяться змінні, як виведена формула і чому одну формулу можна використовувати для різних біогеоценозів.

Як уникнути такого формалізму знань одинадцятикласників?

Спочатку необхідно визначитися з тим, що складає сутність формалізації як методу пізнання.

Формалізація – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі за допомогою штучних мов [417].

Згідно іншого підходу, формалізація – уточнення змісту пізнання, що здійснюється через співставлення об'єктів вивчення з певними матеріальними конструкціями, що є відносно стабільними і тому дозволяють виявляти та фіксувати суттєві та закономірні риси об'єктів пізнання [383].

На якому змісті навчального матеріалу з біології доцільно формувати в учнів вміння застосовувати формалізацію як метод пізнання? Не претендуючи на повноту відповіді ми вважаємо, що основним є матеріал генетичного, екологічного та еволюційного змісту. А одним з найефективніших прийомів формування вміння формалізації є розв'язування задач.

У випадку запропонованої задачі такою стабільною конструкцією (див. визначення «формалізація») є математична формула, яка дозволяє фіксувати наступні суттєві і закономірні риси різних біогеоценозів:

- будь-який біогеоценоз займає певну площу (акваторію). У формулі ця змінна позначена як S ;
 - будь-який біогеоценоз включає компоненти (продуценти, консументи, редуценти), які утворюють ланцюги живлення. У формулі кількість елементів ланцюга живлення позначена як n .
 - будь-який компонент біогеоценозу має масу, і ця змінна у формулі позначена як m .
 - будь-який компонент біогеоценозу складається з сухої речовини та води.
- Співвідношення їх різне в конкретних випадках, тому в формулі вводиться коефіцієнт частки сухої речовини елементу ланцюга живлення k .

Таким чином, основні кількісні характеристики біогеоценозу, які є змінними для різних умов, і знання яких необхідне для розв'язання задачі, можна позначити математичними символами.

З якою метою бажано підвести учнів до розуміння залежності між змінними? Насамперед для того, щоб школярі усвідомили, що закономірність переходу 10 % енергії по трофічних рівнях є універсальною для всіх біогеоценозів, не зважаючи на їх кількісні характеристики. По-друге, учні запам'ятають, що біопродуктивність обчислюється масою сухої речовини. І нарешті, введення формули дозволить зрозуміти, що такі величини, як біопродуктивність та площа біогеоценозу знаходяться в зворотньо пропорційній залежності.

Як підвести одинадцятикласників до розуміння залежності між змінними у формулі? Відповідь однозначна – тільки через самостійне встановлення ними такої залежності (звичайно під керівництвом вчителя). У ході експериментальної роботи, ми встановили, що для цього необхідно виконати наступні кроки.

Крок перший. На цьому етапі вводяться умовні позначення. Для цього вчитель пропонує школярам порівняти наведені у задачі ланцюги живлення і дати відповідь на питання:

- якими характеристиками їх можна описати;
- які з них є спільними, а які відмінними для наведених прикладів.

Школярі називають такі риси відмінності – різна кількість ланок та різна маса особини в останній ланці. Риса спільності – частка води у масі особини в останній ланці, однакова перша ланка (планктон) та однакова його біопродуктивність. Отже, названі характеристики можна позначити математичними символами (див. вище).

Крок другий. Вчитель звертається до учнів із пропозицією придумати формулу для обчислення маси сухої речовини організму, що є останнім елементом (ланкою) ланцюга живлення, використовуючи математичні символи. Учні без ускладнень зазначають, що для цього необхідно k (коефіцієнт частки сухої речовини) помножити на m (маса компонента біогеоценозу). Отже, отримуємо такий вираз – (kxm) .

Крок третій. Вчитель пропонує пригадати правило екологічної піраміди і визначити, у скільки разів у кожному з наведених прикладів маса сухої речовини першого елемента ланцюга живлення (маса планктону) буде більшою за масу сухої речовини останнього елемента ланцюга живлення. Так, школярі відповідають, що оскільки перехід енергії з одного трофічного рівня на інший становить 10%, то в першому випадку маса планктону буде більшою в 10 разів, у другому випадку – в 100 разів, у третьому – у 1000 разів.

Крок четвертий. На цьому етапі вчитель запитує в учнів «Знаючи кількість переходів енергії у ланцюгу живлення, а також той факт, що з кожним переходом кількість енергії від продуцентів до консументів зменшується в 10 разів, як можна математично виразити у скільки разів кількість енергії продуцентів буде більшою, якщо обчислення вести від будь-якого елемента ланцюгу живлення (у нашому випадку – від останнього елемента).

Це завдання може виявитися складним для учнів, тому вчитель може його спростити постановкою ряду більш конкретних питань. Так, вчитель запитує: 1. Скільки переходів енергії у першому прикладі? Відповідь - 1 перехід. 2. У скільки разів кількість енергії продуцентів буде більшою? Відповідь – у 10 разів. 3. Скільки переходів енергії у другому та третьому прикладі? Відповідь – 2 переходи та 3 переходи. 4. У скільки разів кількість енергії продуцентів буде більшою? Відповідь – у 100 разів та у 1000.

Крок п'ятий. Керуючи розв'язанням задачі далі, вчитель ставить таке питання «Як пов'язані між собою кількість елементів в ланцюгу живлення та кількість переходів енергії в ланцюгу живлення?». Попередні кроки (четвертий та третій) дають учням можливість швидко відповісти на поставлене питання – кількість переходів енергії в ланцюгу живлення на один менше, ніж загальна кількість елементів.

Крок шостий. На цьому етапі вчитель дає завдання школярам запропонувати математичний вираз зміни кількості енергії для конкретного елемента ланцюга живлення, використовуючи введені на першому етапі математичні символи. Учні повинні прийти до такого виразу – (10^{n-1}) .

Крок сьомий. Нарешті можна ввести вираз для обчислення маси першого елемента ланцюга живлення. Для цього вираз, отриманий на другому кроці, помножимо на вираз, отриманий на шостому кроці. Отримуємо: $kxm \times 10^{n-1}$.

Крок восьмий. Школярі розв'язують останнє завдання: «Знаючи біопродуктивність планктону на 1 м^2 (P), а також знаючи певну масу планктону (маса першого елемента ланцюга живлення, $kxm \times 10^{n-1}$), запропонуйте формулу для обчислення його площі (S), використовуючи математичні символи та отримані математичні вирази». У разі виникнення ускладнень в учнів вчитель нагадує, що можна використати метод пропорції, яка буде мати такий вигляд:

$$\begin{array}{lcl} 1\text{ м}^2 & - & P, \\ x\text{ (S)} & - & (kxm \times 10^{n-1}); \end{array}$$

звідси

$$\begin{array}{l} S = (kxm \times 10^{n-1})/P; \\ P = (kxm \times 10^{n-1})/S. \end{array}$$

Крок дев'ятий. Наприкінці розв'язування задачі вчитель підкреслює, що такі величини, як біопродуктивність та площа біогеоценозу знаходяться у обернено пропорційній залежності.

Таку залежність можна продемонструвати на наступній задачі:

Задача 2. Біомаса сухого сіна з 1 м² луки становить 200 г, а вико – вівсяного поля – 500 г. На основі правила екологічної піраміди визначити, скільки гектарів луки необхідно, щоб прогодувати протягом року одного учня масою 54 кг (63% становить вода) при ланцюгу живлення: трава – корова – людина. А скільки потрібно гектарів вико-вівсяного поля [269]?

Знаючи про обернено пропорційну залежність між двома змінними, учні одразу, навіть без розрахунків зможуть легко визначити, по-перше, що площа луки знадобиться більша, оскільки її біопродуктивність менша, ніж вико-вівсяного поля. По-друге, площа луки буде в 2,5 рази більша, ніж площа поля, оскільки саме в стільки разів біопродуктивність луки менша за біопродуктивність поля.

Підкреслимо, що у цій частині роботи нами був розглянутий один з багатьох можливих прикладів формування вміння формалізації в учнів старшої школи під час формування системи екологічних знань старшокласників. Наукове поле для вивчення цієї проблеми відкрите для дослідження. На нашу думку, особливо плідними можуть бути роботи по формуванню в учнів зазначеного уміння при розв'язуванні генетичних задач. У цьому випадку формалізація тісно пов'язана з іншим міжпредметним вмінням – ідеалізації, але це питання залишимо для подальших наукових розробок у галузі методики навчання біології.

Практичні роботи як організаційна форма навчання біології з формування підсистеми екологічних знань. У даній частині роботи будуть розглянуті окремі питання методики формування на практичних роботах елементів системи екологічних знань старшокласників.

Які предметні знання мають формуються в одинадцятикласників при виконанні практичних робіт екологічного змісту? В узагальненому вигляді вони представлені нижче:

- різноманітність середовищ існування, характерні особливості різних середовищ існування, риси пристосованості організмів (морфологічні, анатомічні, фізіологічні, репродуктивні) до середовища існування (ідіоадаптивні ознаки);
- екологічні групи гідробіонтів, екологічні групи ґрунтових організмів;
- пристосування рослин до різних способів запилення, пристосування комах до захисту від ворогів, пристосування тварин до виду їжі та способів її здобування, пристосування рослин до нестачі та надлишку вологи, пристосування рослин до поширення насіння, пристосування тварин до способу пересування;
- пристосованість організмів до сезонних змін, пристосованість організмів до життя в різних кліматичних поясах, пристосованість організмів до збереження чисельності виду;
- конвергенція, ідіоадаптація, лімітуючі фактори розповсюдження організмів у певному середовищі існування, роль природного добору у формуванні адаптацій рослин і тварин до факторів середовища;
- екологічні правила Аллена, Бергмана, Глогера.

Нижче у таблиці 4.2 наведено результати аналізу діючих програм з біології [303; 304; 305] в старших класах на предмет наявності в них практичних робіт екологічного та еволюційного змісту.

Як видно з таблиці 4.2, кількість і тематика робіт екологічного та еволюційного змісту для академічного рівня та рівня стандарту збігаються. Для профільного рівня кількість робіт екологічного та еволюційного змісту у 9 та 5 разів більша відповідно порівняно з іншими рівнями.

Розглянемо нижче методику проведення деяких практичних робіт екологічного змісту за програмою профільного рівня навчання.

Тематика практичних робіт екологічного та еволюційного змісту у діючих програмах з біології для 10-11 класу

	Навчальна тема / тема практичної роботи екологічного змісту	Навчальна тема / тема практичної роботи еволюційного змісту
Профільний рівень	<p>Тема: Організм і середовище його існування Вивчення пристосованості тварин до існування у ґрунті. Вивчення життєвих форм організмів. Вивчення екологічних груп гідробіонтів та їх пристосованості до існування у водоймах</p> <p>Тема: Популяційно-видовий рівень організації живої природи Вивчення критеріїв виду.</p> <p>Тема: Екосистемний рівень організації живої природи Дослідження змін в екосистемах на біологічних моделях (акваріум). Виявлення антропогенних змін в екосистемах своєї місцевості. Розв'язування екологічних задач.</p>	<p>Тема: Історичний розвиток органічного світу Вивчення і опис зовнішнього вигляду скам'янілостей древніх організмів. Вивчення гомологічних та аналогічних органів, рудиментів і атавізмів. Порівняння природного і штучного добору. Виявлення ароморфозів у тварин Виявлення ароморфозів у рослин.</p>
	<p>Тема: Біосферний рівень організації життя Складання схем перенесення речовин і енергії у біосфері. Складання схем надходження шкідливих речовин у навколишнє середовище свого регіону.</p>	
Академічний рівень	<p>Тема: Популяція. Екосистема. Біосфера. Розв'язування задач з екології.</p>	<p>Тема: Основи еволюційного вчення Порівняння природного і штучного добору.</p>
Рівень стандарту	<p>Тема: Популяція. Екосистема. Біосфера. Розв'язування задач з екології.</p>	<p>Тема: Основи еволюційного вчення Порівняння природного і штучного добору.</p>

Практична робота. Вивчення пристосованості тварин до існування у ґрунті.

Мета: визначити ознаки пристосованості тварин до існування в ґрунті, з'ясувати біологічне значення цих пристосувань.

Обладнання: колекції комах, чучела, фотографії та малюнки із зображенням тварин ґрунту, живі тварини (дощовий черв'як).

Робота виконується фронтально.

Хід роботи:

1. *Прочитайте текст – характеристику ґрунту як середовища життя.*

ґрунт є тонким шаром поверхні суходолу, переробленим діяльністю живих істот. Тверді частки в ґрунті пронизані порами та порожнинами, заповненими частково водою та повітрям. Об'єм порожнин ґрунту може коливатися від 20% до 70%. Глибина ґрунту визначається глибиною проникнення коренів та діяльністю риючих тварин. Вона складає не більше 1,5 – 2 метри. Повітря

у ґрунтових порожнинах насичене водяною парою, а склад його збагачений вуглекислим газом та збіднений киснем. Співвідношення води та повітря у ґрунті постійно змінюється в залежності від погодних умов. Температурні коливання дуже різкі у поверхні, але згладжуються з глибиною. Головна особливість ґрунтового середовища – постійне надходження органічної речовини в основному за рахунок відмирання коренів рослин і опалого листя.

Дайте відповідь на питання:

1) Чому, на вашу думку, ґрунт називають середовищем, що найбільше насичене життям? Наведіть докази із тексту; 2) Які компоненти біоценозу в найбільшій кількості представлені в ґрунті? Чому? 3) Яких організмів у ґрунті більше – прокаріотів чи еукаріотів? Свою думку обґрунтуйте; 4) Що, на вашу думку, є лімітуючими факторами у розповсюдженні організмів у ґрунті? Наведіть докази із тексту.

2. Розгляньте колекції комах, малюнки та фотографії із зображенням безхребетних мешканців ґрунту, проспостерігайте за дощовим черв'яком. З'ясуйте ознаки пристосування цих тварин до життя в ґрунті. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Назва тварини	Ознака пристосованості до життя в ґрунті	Біологічне значення

3. Розгляньте чучела, малюнки, фотографії ссавців, що ведуть підземний спосіб життя: сліпака, крота, сумчастого крота. Пригадайте особливості їх способу життя, характеру їжі. З'ясуйте ознаки пристосування цих тварин до життя в ґрунті. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Назва тварини	Ознака пристосованості до життя в ґрунті	Біологічне значення

У висновку поясніть, чим обумовлюється схожість зовнішньої будови тварин ґрунту?

Практична робота. Вивчення життєвих форм організмів.

Мета: навчитися визначати життєві форми організмів, оволодіти вмінням складати морфо-екологічну характеристику видів рослин та тварин,

Обладнання: живі рослини або гербарні зразки місцевих видів трав'янистих рослин, фотографії та малюнки місцевих видів трав'янистих рослин, чагарників та дерев; живі тварини – представники місцевих видів або їх фотографії та малюнки, вологі препарати, колекції комах, визначники та атласи рослин та тварин України.

Робота виконується груповим методом.

Хід роботи:

Життєва форма – це тип морфофізіологічних пристосувань організмів до умов середовища і певного способу життя.

Життєва форма рослин – морфологічна будова рослин, що склалася в процесі еволюції і відображає у зовнішньому вигляді пристосування їх до умов життя.

Життєва форма тварин – група особин, що складається з різних видів, які мають подібні морфо-екологічні та етологічні риси пристосування до існування в однотипному середовищі.

Морфо-екологічна характеристика виду – це опис тих біологічних особливостей виду (морфологія, чисельність, поширення, статеві та вікова структура, сезонний та добовий цикл

активності, розмноження та харчування), що забезпечують його виживання та пристосування до певних умов середовища.

Морфо-екологічна характеристика видів рослин

Завдання для роботи в групах

1. Розгляньте живі рослини або гербарні зразки місцевих видів трав'янистих рослин (3 – 4 рослини для кожної групи), зверніть увагу на їх зовнішні ознаки, будову підземної (тип кореневої системи, розгалуженість кореневої системи) та надземної частини (довжина стебла, розмір та кількість листків, їх забарвлення, м'ясистість, наявність воскового нальоту, опушеність тощо). Спробуйте визначити місцезростання рослин. При необхідності скористайтеся додатковою інформацією.

Екологічні групи рослин стосовно водного режиму

Гідрофіти – водні рослини, занурені у воду тільки нижньою частиною. Бруньки відновлення знаходяться у воді.

Гелофіти – водно-прибережні рослини, які зростають як на міліні, так і на перезволожених місцях (очерет, рогіз, осока).

Мезофіти – рослини, пристосовані до життя в умовах середнього водопостачання (більша частина листопадних дерев, кущів, лучних та лісових трав, більшість культурних рослин).

Психрофіти – рослини, які зростають на холодному та вологому ґрунті північних широт (рододендрон камчатський, карликова береза).

Кріофіти – рослини холодних та сухих місцевостей (азорела та інші подушкоподібні рослини).

Ксерофіти – рослини посушливих місцевостей, які поширені у степах, напівпустелях, пустелях, виносять тимчасове в'янення з втратою до 50% вологи тіла.

Ультраксерофіти – рослини, здатні рости в надзвичайно посушливих місцевостях (верблюжа колючка).

2. Користуючись атласами та визначниками, визначте систематичне положення рослин. Результати занесіть до таблиці:

Видова назва рослини	Систематичне положення	Особливості будови кореневої системи	Особливості будови надземної частини	Місцезростання

Завдання для всіх груп

3. Ознайомтеся з класифікацією життєвих форм рослин. Розподіліть рослинні об'єкти до груп життєвих форм: сосна, грицики, шавлія, липа, яблуня, конюшина, пирій, чебрець, буряк, купина, бузок, барбарис, морква, капуста, ліщина, ромашка, шипшина та ін.. Результати занесіть до таблиці:

Життєва форма	Видова назва рослини

Життєві форми рослин

Деревні рослини: дерева, кущі, кущики.

Напівдеревні рослини: напівкущі, напівкущики.

Трав'янисті рослини: багаторічні, дворічні, однорічні.

Дерево – багаторічна рослина з чітко вираженим головним здерев'янілим стеблом (стовбуром) і здерев'янілими коренями. На стовбурі формуються гілки, які утворюють крону.

Кущ – багаторічна рослина, у якої головний стовбур не виявлений, а утворення кількох чи багатьох стебел починається біля поверхні ґрунту.

Кущик – низькорослий (до 50 см.) заввишки кущ.

Напівкущ – багаторічна рослина заввишки понад 1 м із здерев'янілими нижніми та трав'янистими верхніми частинами пагонів.

Напівкущик – низькорослий (заввишки до 1 м) напівкущ, у якому щорічно відмирає більша частина надземних пагонів.

Багаторічні трави – характеризуються коротким (лише один вегетаційний період) терміном життя надземних пагонів. Здебільшого після цвітіння і плодоношення вони відмирають до основи, зберігаючи лише підземні органи – корені, кореневища, цибулини чи бульби.

Дворічні трав'янисті рослини – живуть два роки. Першого року вони розвивають вегетативні органи та накопичують поживні речовини, другого – відплодоносили, відмирають.

Однорічні трави – не мають багаторічних підземних органів і гинуть після утворення насіння.

4. Користуючись даними заповнених таблиць, визначниками, додатковою літературою, спробуйте визначити критерії, за якими складається морфо-екологічна характеристика певного виду рослин. Складіть морфо-екологічну характеристику одного виду рослин (на вибір).

Морфо-екологічна характеристика видів тварин

Завдання для роботи в групах

1. Розгляньте живих тварин місцевих видів, вологі препарати, колекції комах, фотографії та малюнки із зображенням тварин. Опишіть фенотип 2-3 тварин (розмір, зовнішні покриви, забарвлення, відділи тіла, кількість кінцівок та ін.). Спробуйте з'ясувати стать тварини. Визначте середовище існування тварини (наземне, повітряне, підземне, водне).

2. Користуючись атласами та визначниками, визначте систематичне положення тварин. Результати занесіть до таблиці:

Видова назва тварини	Систематичне положення	Особливості зовнішньої будови	Стать	Середовище існування

Завдання для всіх груп

3. Ознайомтеся з класифікацією життєвих форм тварин. Розподіліть тварин до груп життєвих форм: альбатрос, антилопа, білка, бегемот, бобер, борсук, веретільниця, виноградний

слимак, гадюка, дафнія, дельфін, дощовий черв'як, жаба, жабурниця, жук – гнойовик, кажан, качка, кенгуру, козуля, краб, кріт, лінивець, лісовий кіт, лисиця, лось, мідії, миша, мурашки, окунь, олень, пінгвін, піщанка, пелікан, рись, ропуха, сліпак, стерв'ятник, терміти, тушканчик, тюлень, ходуличник, циклоп, чайка, чапля, ящірка. Результати занесіть до таблиці:

Життєва форма	Видова назва тварини

Життєві форми тварин

Плаваючі

1. Водні:

- А) нектон;
- Б) планктон;
- В) бентос.

2. Напівводяні:

- А) такі, що пірнають;
- Б) такі, що не пірнають;
- В) такі, що добувають їжу у воді.

Риючі

- 1. Все життя проводять під землею.
- 2. Виходять на поверхню для харчування.

Наземні

1. Такі, що не роблять нір:

- А) ті, що бігають;
- Б) ті, що стрибають;
- В) ті, що повзають.

2. Такі, що роблять нори:

- А) ті, що бігають;
- Б) ті, що стрибають;
- В) ті, що повзають.

3. Тварини скель.

Такі, що лазять по деревах

- 1. Ті, що не сходять з дерев.
- 2. Ті, що залазять на дерева подеколи.

Повітряні форми

1. Такі, що добувають їжу у повітрі.
2. Такі, що видивляються їжу з повітря.
4. Користуючись даними заповнених таблиць, визначниками, додатковою літературою, спробуйте визначити критерії, за якими складається морфо-екологічна характеристика певного виду тварин. Складіть морфо-екологічну характеристику одного виду тварин (на вибір).

У висновку поясніть необхідність визначення життєвої форми організмів для складання їх морфо-екологічної характеристики; поясніть причини схожості та відмінності між морфо-екологічними характеристиками видів рослин та тварин.

Практична робота. Вивчення екологічних груп гідробіонтів та їх пристосованості до існування у водоймах.

Мета: ознайомитися із класифікацією організмів – гідробіонтів, визначити ознаки пристосованості різних екологічних груп гідробіонтів до існування в водоймах, з'ясувати біологічне значення цих пристосувань.

Обладнання: акваріумні рослини, живі тварини (культура найпростіших, гідра, ставковик великий, котушка, акваріумні риби, жаба ставкова), вологі препарати, малюнки та фотографії із зображенням водних тварин (безхребетних та хребетних) та рослин.

Робота виконується фронтально.

Хід роботи:

1. *Прочитайте текст – характеристику води як середовища життя.*

Густина води визначає її значну виштовхувальну силу. Це означає, що у воді полегшується вага організмів, і з'являється можливість вести життя у товщі води, не спускаючись на дно. Багато видів, переважно дрібних, не здатних до швидкого активного руху, неначе парять у воді. Сукупність таких організмів називають планктоном. Наявність у воді планктону робить можливим фільтраційний тип живлення. Він притаманний багатьом плаваючим та сидячим придонним організмам. Сидячий спосіб життя був би неможливим, якби не було планктону, а останній можливий тільки у середовищі з достатньою густиною. Густина води утруднює активний рух організмів, тому швидко плаваючі тварини повинні мати сильно розвинену мускулатуру та обтічну форму тіла. Крім того, у зв'язку з високою густиною, тиск у воді з глибиною росте.

Світло проникає у воду на незначну глибину. Навіть у самих чистих місцях фотосинтез можливий лише до глибини в 100–200 м.

Температурний режим у воді більш м'який, ніж на суходолі. Через високу теплоємність води коливання температури у ній згладжені, а водні мешканці не стикаються з необхідністю пристосовуватися до сильних морозів або до сорокаградусної спеки. Тільки у гарячих джерелах температура може наближатися до точки кипіння.

Розчинність кисню у воді незначна, до того ж сильно зменшується при забрудненні або нагріванні води.

Сольовий склад середовища важливий для водних організмів. Морські види не можуть жити у прісних водоймах, а прісноводні – у морях через порушення роботи клітин.

Дайте відповідь на питання:

1) Які фізичні властивості характеризують воду як середовище життя? 2) Поясніть зв'язок між поняттями «фізичні властивості води» та «лімітуючі фактори розповсюдження організмів у воді».

2. Ознайомтеся із термінологічним словником.

1) Спробуйте представити класифікацію гідробіонтів у вигляді схеми (не обов'язково використовувати всі терміни). *Класифікаційних схем може бути декілька в залежності від обраної основи класифікації.*

2) Наведіть приклади організмів, що належать до різних груп гідробіонтів (по 3-4 приклади для кожної групи).

Екологічні групи гідробіонтів

Аерогідатофіт – занурені водні рослини, квіти яких на час цвітіння знаходяться над водою і запилюються у повітрі.

Амфібіонт – 1) організм, що в деяких вікових фазах живе у воді, а в інших – на суходолі; 2) організми, пристосовані до життя у двох середовищах.

Бентос – сукупність організмів, які всю або більшу частину життя мешкають на дні водойм, у його ґрунті або на ґрунті. Розрізняють фітобентос та зообентос.

Вільноплаваючі рослини – рослини, що не потребують ґрунту.

Гідатофіт – водні рослини, повністю або більшою частиною занурені у воду: ряс, елодея, глечики.

Гідробіонти – організми, що постійно мешкають у водному середовищі. До гідробіонтів відносять також організмів, які живуть у воді частину життєвого циклу.

Гідрофіт – водна рослина, занурена у воду тільки нижньою частиною. Бруньки відновлення знаходяться у воді.

Глибоководні рослини – водні рослини, які повністю занурені у воду і слугують для вироблення кисню і очищення води.

Макробентос – переважна більшість донних організмів, розміром від 5-10 мм та більше.

Мегалопланктон – найбільш крупні, більше 1 метра організми планктону.

Мезопланктон – планктонні організми розміром 1 -5 мм.

Мейобентос – мілкі організми фіто- та зообентосу (від 0,5 до 5-10 мм), які мешкають у проміжках між частинками ґрунту.

Меропланктон – прибережні планктонні організми, які входять до складу планктону на обмежений час, а потім змінюють життєву форму.

Мікробентос – переважно одноклітинні організми бентосу, розміром менше 0,5 мм.

Нанопланктон – планктон, що складається з наноорганізмів (менше 0,05 мм).

Нектон – сукупність активно плаваючих організмів, здатних активно протистояти силі течії і самостійно переміщуватися на значні відстані. До нектону відносяться риби, кальмари, китоподібні, ластоногі, водяні змії, черепахи, пінгвіни тощо.

Перифітон – поселення живих організмів на занурених у воду або частково зволжених підніжжях скель, каменях, підводних частинах суден, бакенів, портових споруд, на шкірі китів та ін..

Пікопланктон – мікроскопічні організми (менше 3 мкм) – продуценти, здатні до активного фотосинтезу в оліготрофних морських водах.

Планктон – сукупність організмів, що пасивно мешкають у товщі води і неспроможні активно протидіяти переносу течіями. Для організмів планктону властиві вертикальні міграції по сезонам та часу доби. Багато організмів планктону мають здатність до світіння. Розрізняють зоопланктон та фітопланктон.

Планктонофаг – представник нектону, організм, що харчується виключно планктоном – синій кит, південна китова акула.

Планктонофіл – організми, які переважно харчуються планктонними організмами, але мають широкий спектр інших харчових об'єктів.

Прибережні рослини – рослини, що ростуть на мілководді.

Фіксованоплаваючі рослини – рослини, корні яких закріплені у ґрунті водойми, а листя вільно плаває на поверхні.

3. Розгляньте акваріумні рослини (валіснерія спіральна, сагітарія, елодея канадська, людвігія, водяна папороть, хара), малюнки та фотографії із зображенням рясту, глечиків, стрілолисту, морських водоростей. З'ясуйте в їх зовнішній будові ознаки пристосування до водного способу життя. Визначте, до якої з екологічних груп гідробіонтів відносяться ці рослини. Результати спостережень занесіть до таблиці.

Видова назва рослини	Ознака пристосованості до водного середовища життя	Біологічне значення	Група гідробіонтів

4. Проспостерігайте за водними тваринами куточку живої природи (культура найпростіших, гідра, ставковик великий, акваріумні риби). Розгляньте вологі препарати, малюнки, фотографії водних тварин (дафнія, рак річковий, жук-плавунець, актинія, морська зірка, ланцетник, жаба ставкова, тритон гребінчастий, акула, електричний скат, кит, дельфін). Пригадайте особливості їх внутрішньої будови та процесів життєдіяльності. З'ясуйте ознаки пристосування цих тварин до водного способу життя. При необхідності скористайтеся шкільними підручниками, додатковою літературою. Результати занесіть до таблиці:

Видова назва тварини	Ознака пристосованості до водного середовища життя	Біологічне значення	Група гідробіонтів

У висновку поясніть причину широкої різноманітності екологічних груп гідробіонтів.

На початку першої та третьої практичної роботи учням пропонується ознайомитися з короткою характеристикою різних середовищ існування та дати відповідь на питання до тексту. Це допоможе школярам, по-перше, правильно виділити ті ознаки певного середовища існування, які обумовлюють пристосованість організмів до нього. По-друге, робота з текстом-характеристикою актуалізує опорні предметні знання учнів як з раніше вивчених тем та розділів шкільної біології, так і з інших навчальних дисциплін (фізики, хімії, географії).

За питанням до першого завдання практичних робіт можна організувати фронтальну бесіду з учнями. Це надасть можливість вчителю вчасно скоригувати відповіді учнів та підвести їх до правильного визначення характерних особливостей певного середовища існування.

У роботі «Вивчення екологічних груп гідробіонтів та їх пристосованості до існування у водоймах» школярам пропонується завдання для роботи із термінологічним словником. Вважаємо його виконання обов'язковим, оскільки під час складання класифікаційних схем одинадцятикласники оволодівають предметними знаннями про різні екологічні групи гідробіонтів. В свою чергу, ці знання слугують основою предметних знань про морфо-анатомічні та фізіологічні пристосування організмів до середовища існування. У практичній роботі «Вивчення пристосованості тварин до існування у ґрунті» подібне завдання не пропонується учням, тому що за найбільш вживаною класифікацією всіх тварин ґрунту поділяють на безхребетних та хребетних. Класифікація безхребетних мешканців ґрунту доволі складна і буде значно переважувати зміст роботи.

Після виконання завдань на вивчення особливостей певного середовища існування та складання класифікаційних схем школярам пропонують завдання для роботи з натуральною або зображальною наочністю. При цьому зміст завдань логічно структурований. Так, у роботі «Вивчення пристосованості тварин до існування у ґрунті» учням пропонується спочатку визначити морфо-, анатомо- та фізіолого-екологічні пристосування до підземного способу життя безхребетних тварин, а потім – хребетних. У роботі «Вивчення екологічних груп гідробіонтів та їх пристосованості до існування у водоймах» учні спочатку вивчають особливості фітогідробіонтів, а потім – зоогідробіонтів.

З метою оптимізації виконання завдань практичних робіт та одночасного поглиблення предметних знань учнів щодо особливостей пристосування організмів до різних середовищ існування роботи супроводжуються додатковим інформативним матеріалом.

Методику проведення роботи «Вивчення критеріїв виду» буде розглянуто нижче у пункті 4.2.4.

Практична робота. Дослідження змін в екосистемах на біологічних моделях (акваріум).

Мета: ознайомитися із типами взаємозв'язків організмів в екосистемі, навчитися складати ланцюги живлення, з'ясувати сутність біологічного моделювання, створити модель екосистеми, використовуючи акваріум.

Обладнання: скляна банка місткістю 3–5 л з прозорого скла, настільна електролампа, водні тварини (акваріумні риби, равлики, рачки – дафнії) та водні рослини, чистий пісок і гравій.

Робота виконується груповим методом.

Хід роботи:

Ланцюг живлення – 1) ряд видів або їх груп, кожна наступна ланка в якому слугує їжею наступному; 2) ланцюг взаємопов'язаних видів, що послідовно вилучають органічну речовину та енергію з вихідної харчової речовини. Кожна попередня ланка слугує їжею для наступної ланки.

Круг біотичного обміну малий (біогеоценотичний) – багатократне, безперервне, циклічне, але нерівномірне в часі та незамкнене обертання частини речовин, енергії та інформації в межах екосистеми.

Харчовий рівень – ланка у ланцюгу живлення, представлена продуцентами, консументами чи редуцентами.

Харчова сітка – різноманіття харчових взаємовідношень між організмами в екосистемі.

Потік речовини – переміщення речовин у формі хімічних елементів та їх сполук від продуцентів до редуцентів.

Потік енергії – перехід енергії у вигляді хімічних зв'язків органічних сполук по харчовим ланцюгам від одного трофічного рівня до іншого більш високого трофічного рівня.

1. На дно чисто вимитою банки або акваріуму насипте 3–4 см добре промитого піску та дрібного гравію. Наповніть банку водою. Воду з крану попередньо відстоюють у відкритій банці протягом 48 год.

Висадіть на дно банки акваріумні рослини, укріпивши їх корені невеликими камінцями. На поверхню води насипте трохи плаваючих рослин. Потім запустіть у банку тварин: равликів, акваріумних рибок, пару сомиків, рачків – дафній. Закрийте банку кришкою й поставте біля неї джерело освітлення – електролампку.

Розробіть план досліджень з екосистемою таким чином, щоб можна було з'ясувати роль різних компонентів створеної вами замкненої екосистеми. Організуйте тривале дослідження за розробленим планом.

2. Змоделюйте на уроці очікувані результати дослідження за роллю кожного із компонентів екосистеми. План дослідження, очікувані та експериментально отримані результати представте у вигляді таблиці:

№ п/п	Дата	Експериментальні дії	Очікувані результати	Отримані результати

По завершенню дослідження дайте відповідь на такі питання:

1. Чи співпадають очікувані результати із експериментально отриманими? Якщо ні, то поясніть можливі причини цього.

2. Які труднощі виникли у вас під час проведення дослідження? Чи можливо було їх уникнути? Якщо так, то як саме, якщо ні, то чому?

3. Накресліть схему харчових взаємозв'язків між компонентами створеної вами замкненої екосистеми

3. У біоценозі живі організми знаходяться в різних взаємозв'язках між собою: просторових, харчових, антагоністичних, мутуалістичних, симбіотичних та ін.. Наведіть приклади, що демонструють ці типи взаємозв'язків у створеній екосистемі. Який взаємозв'язок, на вашу думку, є найголовнішим і чому?

4. Складіть 4–5 харчових ланцюги та харчову сітку, що демонструє існування харчових взаємовідношень між організмами у акваріумі.

5. Порівняйте створену екосистему із природною екосистемою, наприклад, річкою, природним озером, користуючись такими поняттями як стабільність, відкритість, видове різноманіття екосистеми.

У висновку поясніть, чому екосистема акваріума є модельною екосистемою?

Повертаючись до аналізу таблиці 4.2 наголосимо на тому, що для академічного рівня та рівня стандарту передбачено лише по одній роботі екологічного та еволюційного змісту. Вважаємо такий стан незадовільним з огляду досягнення мети формування системи знань із загальної біології у старшокласників. На наш погляд, доцільно ввести до змісту шкільних програм з біології таку практичну роботу – «Вивчення пристосованості організмів до середовища існування». Незважаючи на екологічність формулювання назви теми практичної роботи, обгрунтованим є її проведення в темах «Історичний розвиток органічного світу» для профільного рівня та в темі «Основи еволюційного вчення» для рівнів стандарту та академічного. Пропонуємо

розглянути методику проведення цієї практичної роботи. Звертаємо увагу на те, що методика її проведення представлена у двох варіантах. Особливості кожного з них будуть розглянуті нижче.

Практична робота. Вивчення пристосованості організмів до середовища існування (1 варіант).

Мета: визначити ознаки пристосованості тваринних та рослинних організмів до середовища існування, з'ясувати біологічне значення цих пристосувань.

Обладнання: рослини куточку живої природи, тематичні та систематичні гербарії, колекції насіння та плодів, черепи тварин, вологі препарати, живі тварини (культура найпростіших, гідра, планарія молочно-біла, дощовий черв'як, ставковик великий, котушка, акваріумні риби, жаба ставкова та ін.), чучела, фотографії та малюнки із зображенням рослин та тварин.

Робота виконується фронтально-груповим методом.

Хід роботи:

1 варіант

1. Розгляньте квітки та суцвіття гербарних зразків рослин, малюнки, фотографії рослин. З'ясуйте ознаки пристосування цих рослин до анемо- або ентомогамії. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Видова назва рослини	Ознака пристосованості до способу запилення	Біологічне значення	Тип запилення

2. Розгляньте колекції комах. З'ясуйте ознаки пристосування комах до захисту від ворогів. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Видова назва тварини	Ознака пристосованості до захисту від ворогів	Біологічне значення

2 варіант

1. Розгляньте будову зубів (на черепі або на малюнку) у корови, кроля, собаки. З'ясуйте ознаки пристосування цих тварин до виду їжі та способу її здобування. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Видова назва тварини	Ознака пристосованості до виду їжі та способу її здобування	Біологічне значення	Вид їжі та спосіб її здобування

2. Розгляньте живі рослини та гербарні зразки рослин. З'ясуйте ознаки пристосування цих рослин до нестачі та надлишку вологи. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Видова назва рослини	Орган рослини	Характер пристосованості до водного режиму	Місцезростання

3 варіант

1. Розгляньте колекцію (малюнки, фотографії) плодів та насіння різних рослин. З'ясуйте ознаки пристосування цих рослин до анемо-, зоо-, автохорії. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Видова назва рослини	Ознака пристосованості до розповсюдження плодів та насіння	Біологічне значення	Спосіб розповсюдження

2. Простерігайте за рухом живих тварин куточку живої природи, розгляньте вологі препарати, чучела, малюнки та фотографії тварин. З'ясуйте ознаки пристосування цих тварин до водного та наземного способу пересування. Результати спостережень занесіть до таблиці:

Видова назва тварини	Ознака пристосування до водного або наземного способу пересування	Біологічне значення	Спосіб пересування

Завдання підвищеного рівня складності

1. Ознайомтеся з класифікацією екологічних груп рослин стосовно водного режиму. Розгляньте гербарні зразки рослин, малюнки та фотографії рослин. З'ясуйте ознаки пристосування різних рослин до певного водного режиму та на основі цього визначте характерні ознаки кожної із перелічених вище екологічних груп рослин. Результати занесіть до таблиці:

Екологічна група	Види рослин	Характерні ознаки групи
Гідрофіти		
Гелофіти		
Мезофіти		
Психрофіти		
Кріофіти		
Ксерофіти		
Ультраксерофіти		

Чим обумовлюється схожість зовнішньої будови рослин у межах однієї екологічної групи?

2. Які висновки щодо значення органічної речовини океану в біосфері ви можете зробити на підставі таких фактів:

- на частку фітопланктону в океанах припадає 27 млрд. т. органічної речовини;
- безхребетні тварини, у тому числі молюски, формують 8 млн. т. біомаси;
- риби мають біомасу в 30 млн. т, а кити складають в океанах близько 1 млн.т. біомаси.

Завдання для всіх груп:

Дайте визначення поняття «риси пристосування організму до середовища існування (ідіоадаптивні риси)». Які фактори викликали появу рис пристосування до середовища існування у досліджуваних вами організмів?

Сформулюйте загальний висновок про роль природного добору в виникненні ідіоадаптацій у живих організмів у процесі еволюції.

Екологічні групи рослин стосовно водного режиму

Гідрофіти – водні рослини, занурені у воду тільки нижньою частиною. Бруньки відновлення знаходяться у воді.

Гелофіти – водно-прибережні рослини, які зростають як на міліні, так і на перезволожених місцях (очерет, рогіз, осока).

Мезофіти – рослини, пристосовані до життя в умовах середнього водопостачання (більша частина листопадних дерев, кущів, лучних та лісових трав, більшість культурних рослин).

Психрофіти – рослини, які зростають на холодному та вологому ґрунті північних широт (рододендрон камчатський, карликова береза).

Кріофіти – рослини холодних та сухих місцевостей (азорела та інші подушкоподібні рослини).

Ксерофіти – рослини посушливих місцевостей, які поширені у степах, напівпустелях, пустелях, виносять тимчасове в'янення з втратою до 50% вологи тіла.

Ультраксерофіти – рослини, здатні рости в надзвичайно посушливих місцевостях (верблюжа колючка).

Практична робота. Вивчення пристосованості організмів до середовища існування (2 варіант).

Мета: визначити ознаки пристосованості тваринних та рослинних організмів до сезонних змін, до різних середовищ існування, до життя в різних кліматичних поясах, з'ясувати біологічне значення цих пристосувань, встановити роль природного добору у виникненні адаптацій.

Хід роботи:

1 варіант

Вивчення пристосованості організмів до сезонних змін

1. Із вказаних нижче пристосувань виберіть ті, що виробились у тварин та у рослин до нестачі вологи: добре розвинуте і довге коріння; нічний спосіб життя, резервування води водоносними тканинами шляхом зв'язування її колоїдами клітин; використання метаболічної (ендогенної) води в результаті окиснення накопичених запасів жиру; економічне використання води на транспірацію; щільні непроникливі покриття; максимально зневоднені продукти виділення; товста кутикула, що вкриває транспіруючі поверхні; нечисленні продири, рідкі дихальні рухи, глибоко розташовані органи дихання; редуційні листя; стан літнього спокою; літня сплячка. Результати оформіть у вигляді таблиці:

Пристосування до зменшення випаровування

Рослини	Тварини

2. Для росту пшениці необхідна температура від 0 (нижня межа, мінімум) до 42⁰С (верхня межа, максимум), для квасолі – від 9 до 46⁰С, для клена гостролистого – від 7 до 26⁰С, для бактерії сінної палички – від 5 до 57⁰С, для туберкульозної бактерії – від 29 до 41⁰С, для життя мурашки рудої – від 1,5 до 50⁰С. 1) Які з цих організмів є: а) вузько пристосованими: б) широко пристосованими до температурного фактора? 2) Для яких з перелічених організмів температура ґрунту 2⁰С і повітря 2⁰С буде обмежуючим фактором [113]?

2 варіант

Вивчення пристосованості організмів до різних середовищ існування

1. Відомо, що розмаїтість видів і біологічна продукція у Світовому океані має чітку зональність, обумовлену температурою. У тропічних та субтропічних широтах вони найбільші [117]. Чим можна пояснити той факт, що фітопланктон найбільшій у тропічних широтах, і його кількість збільшується в напрямку до півдня й півночі від екватора.

! Якщо ви відчуваєте ускладнення із відповіддю, пригадайте з курсу географії характер горизонтальної та вертикальної циркуляції води в океані.

2. Відомо, що географічне поширення паразитів пов'язано з поширенням їх хазяїв та з специфікою фізико-географічного середовища даного регіону. На поширення паразитів істотний вплив здійснює спосіб життя хазяїна (спосіб харчування, міграції, сплячка), розміри ареалу, особливості ландшафтно-кліматичного фактору, доместикація та ін.. На конкретних прикладах поясніть цю особливість поширення паразитичних видів.

3 варіант

Вивчення пристосованості організмів до існування в різних кліматичних поясах

1. Як пояснити невеликий приріст тундрових рослин (берези, верби, мохів, лишайників тощо), хоча умови для вегетації в тундрі влітку достатньо сприятливі (відносно висока температура, достатня кількість вологи, тривалий світловий день) [113]?

2. У помірному кліматичному поясі водиться декілька десятків земноводних, а в тропіках – близько тисячі видів [250]. Поясніть цей факт, пам'ятаючи про швидкість обміну речовин у земноводних та фактори, що впливають на неї.

4 варіант

Вивчення пристосованості організмів до збереження чисельності виду

1. Кількість ікринок тріски – 9,3 млн. штук. Ікринки, личинки та мальки тріски переносяться на значні відстані морськими течіями. Плодовитість триголкової колючки – від 65 до 550 ікринок. Однак чисельність виду цих двох риб зберігається приблизно на одному рівні [250]. Чим це можна пояснити?

2. У природі існує два види ящірок – прудка та живородна. За звичайних умов живородна зустрічається в більш холодних і суворих умовах, ніж прудка. Чому у цих двох видів ящірок різне за сформованістю народжуване потомство (прудка відкладає яйця, а живородна народжує малих ящірок)? Чим можна пояснити той факт, що в разі перенесення прудкої ящірки на північ, в неї теж виникає живородіння?

3. Яке екологічне та еволюційне значення має поширення у флорі саван рослин – пірофітів, здатних до розмноження та поширення насіння після пожежі?

Завдання підвищеного рівня складності

1. Ознайомтеся з даними таблиці «Розподіл фітомаси коренів». На основі даних таблиці побудуйте графік розподілу фітомаси коренів степової рослинності та вологих лук у різних ґрунтових горизонтах. Порівняйте графіки. Чим вони схожі та чим відрізняються? Поясніть причини схожості та розбіжності? Що є лімітуючим фактором у розподілі фітомаси коренів в ґрунті?

Розподіл фітомаси коренів у різних ґрунтових горизонтах [117]

Степова рослинність у Херсонській області			Вологі луки у Житомирській області		
Глибина, см	Вага коренів, г	%	Глибина, см	Вага коренів, г	%
0-17	1079	64	0-14	2116	76
17-29	188	11	14-25	317	11
29-46	163	10	25-36	141	5
46-57	74	4	36-46	56	2
57-77	109	6	47-58	48	2
77-100	77	5	58-69	47	2
			69-100	60	2

2. Відомо, що у вологому тропічному лісі кількість видів трав на пробній ділянці в 0,25 га складає 20, а у степу на 1м² – 80 видів [62]. Поясніть розбіжності у видовій насиченості трав'янистих рослин у вологому тропічному лісі та в степу.

Завдання для всіх груп

Ознайомтеся з екологічними правилами:

Правило Глогера – географічні раси тварин у теплих і вологих регіонах пігментовані сильніше, ніж в холодних і сухих.

Правило Бергмана – у теплокровних тварин, що піддаються географічній мінливості, розміри тіла особин в середньому більші у популяціях, що існують у більш холодному кліматі.

Правило Аллена – виступаючі частини тіла теплокровних тварин у холодному кліматі коротші, ніж у теплому. В деякій мірі правило справедливо для пагонів вищих рослин.

1) Наведіть конкретні приклади, що підтверджують ці правила.

2) Поясніть можливі причини тих закономірностей, про які йде мова у правилах.

Сформулюйте загальний висновок про закономірності пристосування організмів до середовища існування та роль природного добору у виникненні різноманітних адаптацій у живих організмів в процесі еволюції.

Отже, практичні роботи «Вивчення пристосованості тварин до існування у ґрунті», «Вивчення життєвих форм організмів», «Вивчення екологічних груп гідробіонтів та їх пристосованості до існування у водоймах» з одного боку та робота «Вивчення пристосованості організмів до середовища існування» з іншого боку мають проводитися в різних навчальних темах, а це, в свою чергу, свідчить про наступне.

По-перше, на вказаних перших трьох роботах в учнів формуються і закріплюються предметні знання морфо-екологічного, анатоמו-екологічного та фізіолого-екологічного змісту. А під час четвертої останньої роботи попередньо засвоєні предметні знання повинні бути розглянуті з еколого-еволюційної точки зору.

По-друге, практична робота «Вивчення пристосованості організмів до середовища існування» повинна мати широкий узагальнюючий характер і систематизувати знання школярів про причинну обумовленість та закономірності пристосованості організмів до середовища існування.

По-третє, на перших трьох практичних роботах предметні знання засвоюються на рівні фактів та понять (адже розглядаються конкретні представники різних таксономічних груп), а при виконанні останньої зазначеної роботи школярами мають бути усвідомлені предметні знання про пристосованість організмів до середовища існування на рівні закономірностей.

Практична реалізація останнього твердження, по-перше, допоможе уникнути дублювання змісту лабораторного практикуму в зазначених навчальних темах 11-го класу. По-друге, зробіть процес засвоєння предметних знань учнів про особливості пристосованості організмів до середовища існування логічним і методично обґрунтованим (від пізнання конкретних фактів до засвоєння біологічних закономірностей та правил).

З огляду на вищесказане, методика проведення практичної роботи «Вивчення пристосованості організмів до середовища існування» заслуговує на особливу увагу.

У роботі наведено два варіанти її проведення. У чому принципова відмінність між ними? По-перше, в першому варіанті передбачається робота учнів з натуральною наочністю, а в другому варіанті – розв'язування текстових пізнавальних задач.

По-друге, в першому варіанті риси пристосованості рослин і тварин до середовища існування розглядаються порізно. Так, серед ознак пристосованості рослин школярі мають ознайомитися з пристосуванням до різних типів запилення та поширення насіння, до нестачі та надлишку вологи. Серед ознак пристосованості тварин одинадцятикласники вивчають пристосування комах до захисту від ворогів, пристосування ссавців до виду їжі та способу її здобування, пристосування тварин до способу пересування. У другому варіанті роботи застосовано інший підхід, а саме пристосованість тварин і рослин до середовища існування розглядається по таким напрямкам: пристосованість організмів до сезонних змін, пристосованість організмів до різних середовищ існування, пристосованість до життя в різних кліматичних поясах та пристосованість до збереження чисельності виду.

По-третє, у другому варіанті роботи учні ознайомлюються з правилами Аллена, Бергмана, Глогера і намагаються їх пояснити, ґрунтуючись на знаннях про різноманітність органічного світу та морфо-, анатоמו-, фізіолого-екологічні особливості його представників.

Таким чином, представлені два варіанти проведення практичної роботи мають на меті отримання різних результатів. У процесі виконання першого варіанту роботи учні

ознайомлюються з різноманітністю пристосувань рослин і тварин до середовища існування на рівні конкретних фактів, тим самим збільшуючи обсяг емпіричних предметних знань. Другий варіант зазначеної роботи має на меті узагальнення школярами здобутих раніше емпіричних предметних знань для розуміння сутності екологічних закономірностей та правил.

4.2.3 *Моделювання біологічних процесів як метод формування еволюційних знань старшокласників. Поняття навчальної моделі генетичної структури популяції.* У роботах автора були розглянуті окремі питання формування міжпредметних умінь учнів старшої школи [165], до яких відноситься також і вміння моделювання.

Нижче розглянемо створену автором методику модельних експериментів з генетики та еволюції популяції як методу розвитку в учнів умінь моделювання та формування еволюційних знань старшокласників.

Для досягнення поставленої мети, по-перше, з'ясуємо сутність понять «моделювання», «модель», «модельний експеримент», по-друге, визначимо мету модельних експериментів з вивчення динаміки генетичної структури популяції та опишемо навчальну модель останньої, по-третє, сформулюємо методичні рекомендації по розвитку вміння моделювання в учнів 11 класу при вивченні ними закону рівноваги генних концентрацій та відхилень від нього.

Моделювання – відтворення характеристик певного об'єкта на іншому об'єкті, спеціально створеному для їх вивчення. Цей останній називається моделлю [383].

Модель – форма і засіб пізнання, будь – яка система, що відображає оригінал, замінює його і надає інформацію про нього. При цьому модель може бути створена шляхом усунення з об'єкту тих властивостей, які здаються несуттєвими [187].

Відношення між моделлю та об'єктом мають задовольняти дві умови: 1) модель відповідає тим елементарним властивостям або комплексам властивостей (фізичні характеристики, функції, математичний опис «поведінки» об'єкта і його моделі [383]), які вчений прагне вивчити в об'єкті; 2) модель відрізняється від об'єкта в інших відношеннях, причому настільки, щоб ці відмінності робили прозорими ті сторони і характеристики моделі, які роблять її замісником об'єкту, що вивчається [309, с. 108]. Іншими словами, модельні відношення будуються за принципом аналогії, а не тотожності [424, с. 90]. Аналогія – схожість нетотожних об'єктів у деяких сторонах, якостях, відношеннях. Тотожність – категорія, що виражає рівність, однаковість предмета, явища із самим собою або рівність декількох предметів [383].

Отже, підсумуємо:

- об'єкт та його модель схожі, але не тотожні;
- об'єкт та його модель подібні не у всьому, а лише в деяких аспектах;
- модель містить лише суттєві характеристики об'єкту або його частини.

Модельний експеримент – особлива форма експерименту, для якого характерним є використання діючих моделей у якості спеціальних засобів експериментального дослідження. Модель при цьому відіграє подвійну роль: вона є і об'єктом дослідження, і засобом пізнання.

З якою метою доцільно використовувати метод модельного експерименту при вивченні генетики та еволюції популяцій? Вважаємо, що:

- учні переконуються на практиці в тому, що в ідеальних популяціях частоти генів та співвідношення генотипів із покоління в покоління зберігаються, на відміну від популяцій, на які діють фактори генетичної динаміки;
- модельні експерименти дозволяють уявляти первинні еволюційні перетворення в популяціях;
- модельні експерименти демонструють імовірнісний характер генетичних та мікроеволюційних процесів;
- модельні експерименти сприяють перетворенню знань учнів у стійкі переконання, які є невід'ємною складовою світогляду.

Грунтуючись на підходах до розуміння сутності понять «модель» [187], «генетична структура популяції» [165], з'ясуємо, що представляє собою модель генетичної структури популяції, та сформулюємо вимоги до останньої.

Зазначимо, що окремі питання постановки модельних експериментів з генетики та еволюції популяцій розглянуті у літературі [39; 41; 334]. Водночас у методиці навчання загальної біології

відсутня чіткість підходів стосовно того, що є моделлю генетичної структури популяції. Набір певних елементів у заданому співвідношенні – фішки, шашки, кульки, з якими маніпулюють учні? Вважаємо, що назвати такий набір елементів навчальною моделлю генетичної структури популяції не можна. Пояснимо чому.

Модель – це система, а не проста сукупність складових. Якщо припустити, що набір з 70 червоних та 30 білих кульок є моделлю популяції з частотами алелів $p = 0,7$ та $q = 0,3$, закономірно виникає питання, в яких зв'язках знаходяться ці елементи у системі? Відповісти на це питання можна, однак принаймні учням важко. Але ж саме школярі мають розуміти, які характеристики реального об'єкту змодельовані.

Генетична структура популяції – частота різноманітних алелів у популяції і частотне (у %) співвідношення різних генотипів (гомозигот і гетерозигот) у ній. У наборі елементів представлені лише алелі. Отже, формулюємо висновок: вихідну сукупність будь-яких елементів у певному співвідношенні не можна вважати моделлю генетичної структури популяції.

На нашу думку, навчальна модель, про яку йдеться, має задовольняти таким вимогам:

- містити суттєві достатні характеристики генетичної структури популяції;
- елементи моделі мають бути зручними у користуванні;
- експлуатація та заміна елементів моделі не повинні потребувати значних матеріальних вкладень.

Розглянемо названі вимоги детальніше. Повернемося до визначення генетичної структури популяції. Отже, у моделі мають бути представлені різні алелі. Виникає питання – алелі скількох і яких генів? Учні знають, що у генотипі велика кількість різних генів, які розташовані як в аутосомах, так і у статевих хромосомах; які можуть бути представлені як двома, так і більшою кількістю алелів. Спираючись на вимоги до відношення моделі та об'єкту, наведені вище у статті, генетичну структуру популяції доцільно вивчати на прикладі одного двохалельного гена, розташованого в аутосомі. Вважаємо, що такі характеристики є суттєвими і достатніми для створення та дослідження навчальної моделі генетичної структури популяції.

Елементи моделі повинні демонструвати як розподіл алелів, так і генотипів у популяції. Тому обидва алелі мають легко комбінуватися один з одним, але при цьому різнитися.

Оскільки модельний експеримент демонструє ймовірнісний характер генетичних процесів, то й процес поєднання алелів учнями теж має бути таким. Як цього досягти? Вважаємо, що слід максимально «вилучити» органи чуття з процесу моделювання можливих генотипів. Тактильні рецептори під час утворення пар алелів повністю «вимкнути» неможливо, але відчуття, які формуються при цьому, можна звести до мінімуму. Для цього слід підібрати такі елементи моделі, які при тактильному контакті під час формування генотипів будуть абсолютно ідентичними – тобто абсолютно всі гладенькі або шорсткі, м'які або жорсткі, круглі або квадратні, об'ємні або плоскі, великі або маленькі тощо.

Різнитися елементи моделі мають на етапі розпізнавання та підрахунку сформованих генотипів. Відбуватиметься це при зоровому контакті з елементами моделі, представленими, наприклад, у двох кольорах.

Модель має бути пристосована до легкого багаторазового розбору на елементи (алелі) та їх поєднання. Вказані дії мають виконуватися без скочування елементів зі столу, їх зчеплення один з одним та деформації.

Елементи моделі слід підбирати так, щоб у разі псування їх можна було замінити без значних матеріальних витрат. Останнє важливо і для організації групової роботи учнів, тому у кабінеті бажано мати декілька наборів для моделювання. Це дозволить залучити до роботи більшу кількість учнів, провести одночасно різні за метою експерименти. А найголовніше, можливим буде проведення одного за метою експерименту одночасно у декількох повторностях, що збільшить точність розрахунків при обробці загальних результатів, а тому сприятиме формуванню стійких переконань про досліджувані закономірності.

Етапи дослідження навчальної моделі. Нижче розкриємо методичні особливості постановки модельних експериментів на вивчення генетичної структури та еволюції ідеальних популяцій і популяцій, для яких не дотримано умови достовірності закону Харді – Вайнберга.

Нижче розглянемо такі фактори генетичної динаміки популяції як природний відбір, міграції, мутації, дрейф генів.

Кожний експеримент проводиться за схемою: визначення мети, необхідних матеріалів, ознайомлення з інструкцією до роботи, виконання роботи, фіксування результатів, їх аналіз та формулювання висновків.

Розпочинати серію експериментів доцільно з моделювання генетичної структури поколінь популяції при відсутності дії факторів генетичної динаміки популяції [39; 41; 334].

Експеримент 1. Моделювання генетичної структури ідеальної популяції*.

Мета. З'ясувати співвідношення генотипів та частоти генів у поколіннях популяції при відсутності факторів впливу на її генетичну структуру.

Матеріали: 70 фішок червоного кольору, 30 фішок білого кольору, 1 непрозорий пакет.

Примітка* - одна особина утворює 2 гамети.

Хід роботи:

1. Перемішайте фішки у пакеті.
2. Не зазираючи у нього, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету. Так моделюється батьківська популяція.
3. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для батьківського покоління в таблиці 4.3.
4. Зберіть фішки у пакет, перемішайте та повторіть дії № 2 та 3 послідовно ще два рази, заповнюючи відповідно рядки у таблиці для першого та другого покоління.
5. Обчисліть частоти генотипів та генів (алелів) у кожному поколінні.
6. Сформулюйте висновки згідно плану [334]:
 - співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - співвідношення частот генів у поколіннях;
 - напрямок еволюційних змін.

Таблиця 4.3

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів			Частоти алелів	
		AA	Aa	aa	A(p)	a(q)
P						
F ₁						
F ₂						
Всього						

У методичній літературі [39; 334] наводиться інша форма таблиці для заповнення (див. таблицю 4.4). Там же пропонується при обробці результатів модельних експериментів розраховувати частоти генів у поколіннях за формулами: $p = (D + 0,5H)/N$ та $q = (R + 0,5H)/N$, де p – частота домінантного алеля, q – частота рецесивного алеля, D – кількість домінантних гомозигот, R – кількість рецесивних гомозигот, H – кількість гетерозигот, N – загальна кількість членів популяції. У заповненому вигляді таблиця може виглядати так:

Таблиця 4.4

Покоління	Розподіл генотипів			Частоти алелів	
	AA	Aa	aa	A(p)	A(q)
0	23	24	3	0,7	0,3
1	26	18	6	0,7	0,3
2	24	22	4	0,7	0,3
Сума	73	64	13	0,7	0,3

Розрахувати частоти генів можна і в інший спосіб – витягненням квадратних коренів з частот гомозигот. У такому випадку заповнена таблиця 4.3 виглядатиме так (далі будемо спиратися саме на заповнений варіант таблиці):

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти алелів	
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)
P	50	23	0,46	24	0,48	3	0,06	0,68	0,24
F ₁	50	26	0,52	18	0,36	6	0,12	0,72	0,35
F ₂	50	24	0,48	22	0,44	4	0,08	0,69	0,28
Всього	150	73	0,49	64	0,42	13	0,09	0,7	0,3

У чому різниця між обома варіантами? Як вона впливає на досягнення мети модельного експерименту?

Дані, занесені до обох таблиць, різняться за:

- повнотою розрахунків: у таблиці 4.3 наведені частоти всіх можливих генотипів;
- обчисленням у таблиці 4.3 середнього арифметичного значення частот кожного з генотипів та генів за результатами трьох експериментів;
- розбіжностями розрахованих частот генів (алелів) у таблиці 4.3 порівняно із сталістю таких у таблиці 4.4.

Зрозуміло, що варіант обробки результатів у таблиці 4.4 є спрощеним порівняно з таблицею 4.3, але обидва дозволяють сформулювати найголовніший висновок – в ідеальних популяціях співвідношення частот генів та генотипів залишаються сталими з покоління в покоління.

Дані, занесені до таблиці 4.3, не тільки можна, а необхідно проаналізувати з учнями більш ґрунтовно.

У ході обговорення вчитель звертає увагу учнів на невеликий розмір модельної популяції – 50 особин. Він пояснює закономірність: чим менший розмір вибірки, тим більша похибка у виконаних розрахунках. Крім того, продовжує вчитель, однією з умов достовірності закону Харді – Вайнберга є великий розмір популяції, але це неможливо змоделювати в умовах шкільного експерименту. Також доцільно відмітити, що результати біологічних експериментів, навіть поставлених у строго контрольованих умовах, можуть надзвичайно відрізнятися, оскільки «жива природа надзвичайно різноманітна та складна для математичного опису» [15].

Оскільки розмір модельної популяції не змінюється в поколіннях, на популяцію не впливають фактори, що змінюють її генетичну структуру, можна умовно вважати, що експеримент проведений у трьох повторностях, а значить, можна знайти середні арифметичні значення частот генотипів та генів. Як бачимо, підсумовує вчитель, середні арифметичні частот генів у таблиці 1 збігаються із частотами генів таблиці 4.4. Отже, із збільшенням кількості проаналізованих поколінь моделі генетичної структури ідеальної популяції зростатиме точність розрахованих частот генів.

Знаходження співвідношення середніх арифметичних значень частот генотипів у таблиці 4.3 дозволяє продемонструвати учням той факт, що в ідеальній популяції співвідношення частот генотипів відповідає рівнянню Харді – Вайнберга $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, а саме $0,49 + 0,42 + 0,9 = 1$

При проведенні вищеописаного експерименту, а також наступних слід пам'ятати, що незалежно від того, скільки алелів має певний ген у популяції і який характер взаємодії між ними, суми частот алелів і генотипів, що ними утворені, завжди дорівнюватимуть одиниці. Питання полягає в іншому – чи будуть змінюватися співвідношення частот генотипів та генів у поколіннях і чому? Саме тому, пропонування учням для заповнення та подальшого аналізу таблиці 4.3, порівняно з таблицею 4.4, видається нам ефективнішим способом формування переконань про співвідношення генів і генотипів та напрямок еволюційних змін у популяції при відсутності дії на неї факторів генетичної динаміки.

Експеримент 2. Моделювання генетичної структури популяції при дії природного відбору*.

Мета. З'ясувати напрямок еволюційних змін у популяції при 100% життєздатності домінантних гомозигот та гетерозигот і нежиттєздатності рецесивних гомозигот.

Матеріали: 70 фішок червоного кольору, 30 фішок білого кольору, 1 пакет.

Примітка* - одна особина утворює 2 гамети.

Хід роботи:

1. Перемішайте фішки у пакеті.
2. Діставайте по 2 фішки з пакету і кладіть їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету. Так моделюється батьківська популяція.
3. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для батьківського покоління в таблиці 4.5.
4. Зберіть фішки у пакет, перемішайте та повторіть дію № 2. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для першого покоління в таблиці 4.5. Фішки з третьої купи відкладіть і не включайте їх до загальної кількості особин. Так ми видаляємо рецесивних гомозигот з популяції, усвідомлюючи при цьому, що рецесивні гомозиготні генотипи утворюються, але є нежиттєздатними (у таблиці відповідні клітинки позначено сірим кольором). Зберіть фішки у пакет з перших двох куп.
5. Виконайте дію № 4 ще 5 разів, кожного разу відкладаючи фішки з третьої купи в бік. Результати занесіть у рядки таблиці для наступних поколінь.
6. Обчисліть частоти генотипів та генів у кожному поколінні.

Таблиця 4.5

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти алелів	
		AA		Aa		Aa		A(p)	a(q)
P	50	23	0,46	24	0,48	3	0,06	0,7	0,3
F ₁	47	23	0,49	24	0,51	3	0	0,74	0,26
F ₂	44	26	0,59	18	0,41	3	0	0,8	0,2
F ₃	41	29	0,71	12	0,29	3	0	0,85	0,15
F ₄	39	31	0,79	8	0,21	2	0	0,9	0,1
F ₅	39	31	0,79	8	0,21	0	0	0,9	0,1
F ₆	38	32	0,84	6	0,16	1	0	0,92	0,08

При заповненні цієї таблиці, а саме обчисленні частот алелів, можна користуватися як формулами, наведеними у першому експерименті, так і визначати частоту домінантного алеля шляхом витягнення квадратного кореня з частоти домінантних гомозигот, а частоту рецесивного – з добутку $2pq$. Витягувати квадратний корінь з частоти рецесивних гомозигот не представляється можливим, оскільки такі генотипи на певному етапі онтогенезу елімінуються з популяції. Одразу зазначимо, що в цілому результати обчислень кожного з обраних способів співпадатимуть, відмінності будуть у сотих частках. Вони обумовлюються незначною чисельністю популяції, тобто тією ж причиною, що і в першому модельному експерименті.

7. Сформулюйте висновки згідно плану (див. експеримент 1, п. 6).

Із заповненої таблиці видно, що у популяції при 100% життєздатності домінантних гомозигот та гетерозигот і нежиттєздатності рецесивних гомозигот у поколіннях:

- збільшується частота домінантних гомозигот, зменшується частота гетерозигот;
- зростає частота домінантного алеля (p), і відповідно знижується частота рецесивного алеля (q);
- у процесі еволюції такої популяції рецесивний алель поступово переходить у гетерозиготний стан. Частота виникнення рецесивних гомозигот зменшується, оскільки із зниженням частоти гетерозигот зменшується ймовірність схрещування останніх. Можна очікувати, що у такій популяції при подальшому збереженні умов, а саме вказаної життєздатності генотипів, їх плідності, панміксії та відсутності впливу інших факторів, у майбутньому рецесивний алель повністю елімінується.

При проведенні експерименту у школярів може виникнути питання, чому в батьківській популяції не видалялися рецесивні гомозиготи. Вчитель пояснює, що спочатку необхідно було змоделювати вихідну популяцію, в якій усі генотипи однаково пристосовані до дії певного абіотичного фактору, наприклад, солоності води. На певному етапі існування популяції змінилися умови існування, внаслідок чого підвищилася солоність води. Виявилось, що рецесивні

гомозиготи не здатні витримувати такий показник солоності і гинули. За цієї причини, пояснює вчитель, рецесивні гомозиготи видалялися з дочірніх популяцій.

Відмітимо, що описаний експеримент у надзвичайно спрощеному вигляді моделює ті процеси, які відбуваються у природних популяціях при зміні умов існування. Зміна умов середовища і як результат боротьба членів популяції за існування з абіотичними факторами середовища, розширення або звуження норми реакції, утворення потомства найбільш пристосованими особинами та загибель непристосованих, тобто дія природного відбору відбувається в природних популяціях поступово, повільніше, ніж це змодельовано в експерименті. Вчителю слід звернути на це увагу учнів у ході обговорення отриманих результатів, але одночасно підкреслити, що в модельному експерименті змодельовано загальну тенденцію динаміки генетичної структури популяції при дії на неї певного фактору.

Повернемося до питання, сформульованого на початку про те, що, на нашу думку, слід вважати навчальною моделлю генетичної структури популяції.

Беручи до уваги сформульовані вище вимоги до навчальної моделі генетичної структури популяції, враховуючи етапи роботи з моделями: перший – побудова моделі, другий – її дослідження, третій – інтерпретація результатів [15], аналізуючи результати двох описаних експериментів, пропонуємо вважати отримане в ході експериментальних дій з елементами моделі перше співвідношення частот генотипів та співвідношення частот генів, тобто співвідношення частот генотипів та генів у батьківській популяції, навчальною моделлю генетичної структури популяції. Обґрунтуємо це твердження.

Насамперед, у першому отриманому співвідношенні генотипів, тобто у батьківській популяції, алелі в експерименті об'єднуються попарно у генотипи, тому можна говорити про генетичну структуру утвореної популяції, на відміну від співвідношення тільки алелів у наборі елементів для моделювання.

По-друге, отримання першого співвідношення генотипів та генів є по суті початковим етапом роботи з моделлю – етапом побудови останньої.

По-третє, сукупність експериментальних дій у другому експерименті, спрямованих на поступове вилучення рецесивних гомозигот, а також відсутність будь – якого впливу на популяцію у першому експерименті, є другим етапом роботи з моделлю, тобто її дослідженням. Іншими словами, на другому етапі вивчається динаміка генетичної структури батьківської популяції в наступних поколіннях під дією певного фактору та без нього.

По-четверте, інтерпретація результатів експерименту здійснюється на основі аналізу та порівняння генетичної структури батьківської популяції із дочірніми. При цьому відбувається пошук відповіді на питання – які зміни відбулися з моделлю в ході експериментальних дій? В залежності від відповіді на це та інші питання [15] можливі наступні висновки з експериментування: модель відкидається, модель вписується у раніше засвоєні уявлення про об'єкт, модель стає фундаментом для побудови нових знань про об'єкт. Для нас важливими є два останні варіанти. Так, отримані результати остаточно переконують учнів у тому, що в ідеальних популяціях частоти генів та співвідношення генотипів із покоління в покоління зберігаються (результати першого експерименту), на відміну від популяцій, для яких умови достовірності закону Харді – Вайнберга порушуються (результати другого експерименту). Отже, результати експериментів є фактичним підтвердженням теоретичних знань, засвоєних учнями раніше.

З іншого боку, результати експериментів є підґрунтям для розуміння учнями первинних еволюційних процесів у популяціях, у тому числі формування уявлень про популяцію як елементарну одиницю еволюції, мікроеволюцію.

Вважаємо, що постановка модельних експериментів взагалі та з генетики й еволюції популяцій зокрема має переслідувати не тільки цілі, окреслені вище. Справа в тому, що обидва розглянуті приклади передбачають вихідну заданість умов експериментування. Учні працюють із попередньо сформульованими темою, метою, виконують визначену послідовність експериментальних дій, формулюють висновок за складеним вчителем планом. Закономірно виникає питання, а чи в повній мірі оволодівають учні вмінням моделювання при цьому? Адже останнє передбачає, перш за все, побудову моделі, а не тільки її дослідження та аналіз результатів експериментування.

Вважаємо, що метод модельного експерименту повинен, насамперед, сприяти формуванню та розвитку в учнів вміння моделювання. При цьому це завдання є першочерговим для будь-якого модельного експериментування безвідносно до конкретного змісту останнього.

Пояснимо процес формування вміння моделювання динаміки генетичної структури популяції, звернувшись до основних етапів формування вмінь. На першому етапі – введення прийому – учні повинні усвідомити сутність процесу створення моделі генетичної структури популяції за допомогою набору елементів для моделювання. На другому етапі – виконання вправ за зразком (тренувальні вправи) – школярами вивчається динаміка генетичної структури популяції при відсутності факторів впливу на неї. На третьому етапі – закріплення прийому (творчі вправи) – досліджуються зміни в генетичній структурі популяції в поколіннях при дії на неї різних факторів, таких як природний відбір, міграції, мутації, дрейф генів.

Описані експеримент № 1 та експеримент № 2 відповідають другому та третьому етапам. Перший етап розкриємо нижче. Його прикінцевий опис пояснюється логікою розмірковувань стосовно того, що є навчальною моделлю генетичною структурою популяції. Підкреслимо, що у реальному навчанні описаний нижче етап відповідає етапу побудови моделі і передусє експериментам № 1 та 2.

Спочатку організовується бесіда з повторення основних понять: ген, домінантний та рецесивний алелі, гомозигота, гетерозигота, популяція, генофонд, генетична структура популяції, закон Харді – Вайнберга та умови його достовірності, генетична рівновага, модель.

Експеримент проводиться демонстраційно. Для цього необхідно мати 100 червоних та 100 білих фішок, непрозорий пакет.

Вчитель формулює завдання: необхідно побудувати модель генетичної структури ідеальної популяції за двоухалельним аутосомним геном з кількістю особин 50. Вчитель самостійно визначає послідовність дій для побудови моделі та виконує їх.

1. Обчислюємо загальну кількість алелів двоухалельного гена у популяції з кількістю особин 50: $50 \times 2 = 100$ (алелів)

Отже, сума червоних та білих фішок має дорівнювати 100.

2. Визначаємося із співвідношенням домінантного та рецесивного алелів (наприклад, частки p та q дорівнюватимуть по 0,5, пам'ятаючи, що $p + q = 1$) і відбираємо відповідну кількість фішок (по 50 червоних та білих фішок).

3. Вміщуємо відібрані фішки у непрозорий пакет, перемішуємо їх.

4. Моделюємо співвідношення генотипів у популяції. Для цього, не зазираючи у пакет, дістаємо по 2 фішки і кладемо їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок (генотип AA), до другої – пари з червоної та білої (генотип Aa), до третьої – пари білих фішок (генотип aa). Робимо так доти, доки не витягнемо всі фішки з пакету.

5. Підраховуємо кількість пар фішок у кожній купі, занотовуємо результати.

6. Обчислюємо отримані частоти генотипів. Формулюємо висновок про змодельовану генетичну структуру популяції.

Співвідношення алелів можна варіювати (наприклад, $p = 0,7$ та $q = 0,3$; $p = 0,2$ та $q = 0,8$), саме тому для демонстраційного експерименту рекомендуємо брати по 100 фішок кожного кольору.

Цей експеримент можна ускладнити, використавши евристичну бесіду. Для цього вчитель пропонує учням самостійно визначити послідовність дій, необхідних для побудови моделі. Найтипovишими при цьому є дві помилки школярів. Перша – обмеження процесу побудови моделі відбором алелів у вибраному співвідношенні. Друга – цілеспрямований підбір пар алелів (фішок), які в сукупності дорівнюють заданому розміру модельної популяції. Якщо має місце перша помилка, хід евристичної бесіди слід спрямувати на повторення поняття «генетична структура популяції» і акцентування уваги учнів на відсутності у створеній моделі генотипів особин. Під час аналізу другої помилки вчитель відмічає цілеспрямований характер підбору пар алелів і пропонує подумати, яку з умов достовірності закону рівноваги генних концентрацій не дотримано.

Нижче розглянемо моделювання впливу на популяцію таких факторів її генетичної динаміки як потік генів, випадкові неспрямовані процеси, що призводять до дрейфу генів, мутації.

Потік генів – обмін генами між популяціями, що здійснюється у формі нерегулярних спарювань між особинами, проникнення в дану популяцію тварини, яка народилась в іншому місці, або ж внесення чужого насіння або пилку [347, с.130].

Потоком генів називають переміщення алелів з однієї популяції в іншу в результаті схрещувань між членами цих двох популяцій [88, с. 288]. Вважається, що потік генів підсилює генетичну мінливість у популяціях, але на процес еволюції виду його дія є консервативною. Це пояснюється тим, що, поширюючи мутантні алелі серед популяцій, потік генів призводить до зменшення відмінностей між ними.

Перед проведенням експерименту з моделювання потоку генів вчитель формулює завдання: «Уявіть, що існує дві популяції тварин – популяція А чисельністю 30 особин і популяція В чисельністю 15 особин. Частота домінантного алеля у першій популяції – 0,8, у другій – 0,4. Змодельуйте в ході експерименту генетичну структуру першого покоління популяції С, що утвориться в результаті злиття популяцій А та В».

У процесі обговорення етапів експерименту, насамперед, визначається необхідна кількість червоних та білих фішок Нагадаємо, що червоні фішки – домінантні алелі, білі фішки – рецесивні алелі.

Вчитель: Скільки домінантних алелів досліджуваного гена в популяції А? Яка частота рецесивного алеля та скільки рецесивних алелів досліджуваного гена в популяції А?

Учні розмірковують приблизно так: якщо у популяції А 30 особин, а досліджуваний ген двохалельний, значить кількість алелів цього гена дорівнює 60. Оскільки за умовою завдання частота домінантного алеля 0,8, значить кількість домінантних алелів дорівнює $60 \times 0,8 = 48$. Далі розраховується частота рецесивного алеля $q = 1 - p$, $q = 1 - 0,8 = 0,2$ та кількість рецесивних алелів $60 - 48 = 12$.

Відповідь: у популяції А кількість домінантних алелів 48, рецесивних – 12. Необхідно взяти 48 червоних та 12 білих фішок.

Аналогічно розраховується кількість фішок для популяції В. Для неї треба взяти 12 червоних та 18 білих фішок.

Експеримент 3. Моделювання впливу потоку генів на генетичну структуру популяції*.

Мета. З'ясувати вплив потоку генів на генетичну структуру популяції.

Матеріали: 48 червоних та 12 білих фішок для популяції А, 12 червоних та 18 білих фішок для популяції В, 2 непрозорі пакети.

*Примітка – одна особина утворює 2 гамети.

Хід роботи:

1. Розкладіть фішки для обох популяцій в окремі пакети. Перемішайте фішки в кожному з них.

2. Не зазираючи у перший пакет, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету. Так моделюється генетична структура популяції А.

3. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для популяції А таблиці 4.6.

4. Виконайте дії п. 2 та п.3 із фішками з другого пакету, моделюючи генетичну структуру популяції В. Результати занесіть у рядок для популяції В таблиці 4.6.

5. Зберіть усі фішки у один пакет, перемішайте та повторіть дії № 2 та 3 послідовно ще два рази, заповнюючи відповідно рядки у таблиці для новоутвореної популяції С та її першого покоління. Так моделюємо процес злиття популяцій А та В.

6. Обчисліть частоти генотипів та генів у кожній популяції, заповніть таблицю 4.6.

7. Сформулюйте висновок згідно плану:

- співвідношення частот генотипів у популяції;
- співвідношення частот генів у популяції;
- напрямок еволюційних змін.

У заповненому вигляді таблиця може виглядати так:

Таблиця 4.6

Популяція	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти алелів	
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)
A	30	19	0,64	10	0,33	1	0,03	0,8	0,2
B	15	3	0,2	6	0,4	6	0,4	0,4	0,6
C	45	23	0,51	14	0,31	8	0,18	0,67	0,33
F ₁	45	24	0,53	12	0,27	9	0,2	0,67	0,33

Для обчислення частот генів використовуються формули: $p = (D + 0,5H)/N$ та $q = (R + 0,5H)/N$, де p – частота домінантного алеля, q – частота рецесивного алеля, D – кількість домінантних гомозигот, R – кількість рецесивних гомозигот, H – кількість гетерозигот, N – загальна кількість членів популяції.

У ході обговорення школярі формулюють висновок, що, по-перше, частоти генів та генотипів в утвореній популяції С змінилися порівняно з такими у вихідних популяціях А та В. По-друге, частоти генів та генотипів залишаються відносно сталими в першому поколінні F₁ порівняно з батьківською популяцією С. Це пояснюється тим, що після об'єднання на змішану популяцію більше не діють фактори генетичної динаміки, і зберігаються умови достовірності закону Харді – Вайнберга.

Вчитель підкреслює, що незначні відмінності в розрахованих частотах генотипів у першому поколінні порівняно з батьківською популяцією С пояснюються її невеликим розміром (45 особин). Зміни в генетичній структурі популяцій при потоку генів (в нашому випадку злитті цілих популяцій) полягають у встановленні нового співвідношення генів у змішаній популяції та його збереженні в поколіннях при відсутності подальшої дії факторів генетичної динаміки.

Розрахувати частоти генів можна і в інший спосіб - витягненням квадратних коренів з частот гомозигот. У такому випадку будуть мати місце певні розбіжності у розрахованих частотах генів у батьківській популяції С, першому поколінні F₁ та значеннями цих частот, розрахованих за формулою (див. нижче). Причини таких розбіжностей та обговорення їх з учнями наведені вище при розгляді методики постановки експерименту «Моделювання генетичної структури ідеальної популяції».

Змоделювати генетичну структуру першого покоління популяції С можна в ході логічних міркувань, не вдаючись до методу експериментування. Це й пропонує школярам зробити вчитель. Для цього на першому етапі слід скористатися формулою для обчислення частоти алеля при змішуванні популяцій [22, с. 198]

$$P_{\text{зміш}} = (\Pi_1 \times P_1 + \Pi_2 \times P_2) / N,$$

де $P_{\text{зміш}}$ – частота алеля А у новій за складом популяції, P_1 – частота алеля А у першій популяції, P_2 – частота алеля А у групі прибульців, Π_1 – кількість особин у першій популяції, Π_2 – кількість особин у групі прибульців, N – число особин у змішаній популяції.

За вищенаведеною формулою розраховується частота домінантного алеля p у популяції С: $(30 \times 0,8 + 15 \times 0,4) / 45 = 0,67$. Частота рецесивного алеля q дорівнюватиме $1 - p = 1 - 0,67 = 0,33$.

Другим етапом є знаходження частот генів для першого покоління змішаної популяції. Вчитель нагадує, що експериментальні дії виконувати не потрібно, частоти алелів необхідно визначити в ході логічних міркувань. У результаті обговорення школярі мають дійти висновку, що частоти алелів у першому поколінні популяції С при відсутності дії факторів генетичної динаміки залишаться сталими порівняно з батьківською популяцією. Причиною цього є дія закону рівноваги генних концентрацій.

Підсумуємо, що при постановці експерименту з моделювання впливу потоку генів на генетичну структуру популяції слід акцентувати увагу учнів не тільки на зміні частот генів та генотипів у змішаній популяції, а й на збереженні встановленого їх співвідношення у наступних поколіннях за умови відсутності подальшої дії факторів генетичної динаміки.

Вище наведений найпростіший спосіб моделювання впливу потоку генів на генетичну структуру популяції. Експеримент з такою метою можна провести за іншою схемою, а завдання для учнів сформулювати так: «Уявіть, що існує дві популяції тварин – популяція А чисельністю 30 особин і популяція В чисельністю 15 особин. Частота домінантного алеля у першій популяції –

0,8, у другій популяції – 0,4. Третина особин першої популяції мігрувала до другої та схрестилася з нею. Змодельуйте в ході експерименту генетичну структуру першого покоління популяції С, що утвориться в результаті злиття 1/3 частини популяції А та всієї популяції В. Змодельуйте генетичну структуру першого покоління популяції А після міграції з неї 1/3 частини особин».

Вкажемо, що у схемі цього експерименту матимуть місце додаткові дії порівняно з вихідним експериментом (експеримент 3), а саме: неспрямоване вилучення з популяції А 10 мігруючих особин (20 фішок) і моделювання генетичної структури першого покоління популяції А після цього.

Дрейф генів – зміна генних частот, яка не є прямим результатом природного відбору [347, с. 188].

Дрейф генів – генетико-автоматичні процеси, зміни частоти генів у популяції в ряду поколінь під дією випадкових (стохастичних) факторів, що призводить, як правило, до зниження спадкової мінливості популяцій [41, с. 184]. Дрейф генів є важливим механізмом еволюційних змін у невеликих та ізольованих популяціях. Випадковий дрейф генів непередбачуваний, оскільки може невелику популяцію привести до загибелі, може зробити її більш пристосованою до даного середовища, а може посилити її дивергенцію від батьківської популяції [88, с. 287].

Дрейф генів – процес різкої неспрямованої зміни частот алелів у популяції за зменшення її чисельності. «Найчастіше дрейф генів пов'язаний із стихійними лихами чи екологічними катастрофами (пожежа в лісі, повінь тощо). Це призводить до різкого зниження чисельності популяцій (так званий ефект шийки пляшки), а невелика група особин, які залишилися, формують нову популяцію зі зміненими частотами алелів і генотипів (ефект засновника)» [11, с. 182].

Перед проведенням експерименту з моделювання дрейфу генів вчитель формулює завдання: «Уявіть, що існує популяція лісових тварин чисельністю 50 особин. Частота домінантного алеля у популяції – 0,7. Раптово у лісі виникла пожежа, в результаті якої вижила 1/10 частина популяції. Змодельуйте в ході експерименту генетичну структуру цієї популяції в першому поколінні».

Кількість необхідних для моделювання червоних та білих фішок розраховується так, як описано для експерименту 3.

Експеримент 4. Моделювання впливу випадкових процесів на генетичну структуру популяції, моделювання дрейфу генів*.

Мета. З'ясувати вплив випадкових факторів на генетичну структуру популяції, змодельувати дрейф генів.

Матеріали: 70 фішок червоного кольору, 30 фішок білого кольору, 1 непрозорий пакет.

*Примітка – одна особина утворює 4 гамети.

Хід роботи:

1. Покладіть фішки до пакету і перемішайте їх
2. Не зазираючи у пакет, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету. Так моделюється генетична структура батьківської популяції.
3. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для батьківської популяції Р₁ таблиці 4.7.
4. Зберіть усі фішки в один пакет, перемішайте. Не зазираючи у пакет, дістаньте з нього почергово 5 пар фішок і покладіть кожну з пар до однієї з трьох куп. Всі інші фішки відкладіть окремо. Так моделюється процес виживання 1/10 частини популяції.
5. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для батьківської популяції Р₂ таблиці 4.7.
6. Пам'ятаючи, що кожна особина дає 4 гамети, покладіть у пакет відповідну кількість фішок (20 фішок).
7. Повторіть дії 2 та 3 ще один раз. Результати занесіть у рядок для F₁ таблиці 5.7. Так моделюється генетична структура першого покоління популяції після стихійного лиха.
8. Обчисліть частоти генотипів та генів у кожній популяції, заповніть таблицю 4.7.
9. Сформулюйте висновок згідно плану:

- співвідношення частот генотипів у популяції;
- співвідношення частот генів у популяції;
- напрямок еволюційних змін.

У заповненому вигляді таблиця може виглядати так:

Таблиця 4.7

Популяція	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти алелів	
		AA		Aa		Aa		A(p)	a(q)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₁	50	25	0,5	20	0,4	5	0,1	0,7	0,3
P ₂	5	1	0,2	4	0,8	-	-	0,6	0,4
F ₁	10	3	0,3	6	0,6	1	0,1	0,6	0,4

Частоти генів обчислюються за тими ж формулами, що і для експерименту 3.

Оскільки дія стихійного лиха є неспрямованою, можливі й інші варіанти генетичної структури популяції P₂ та F₁ при тих же вихідних умовах (табл.4.8):

Таблиця 4.8

Популяція	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти алелів	
		AA		Aa		Aa		A(p)	a(q)
P ₁	50	25	0,5	20	0,4	5	0,1	0,7	0,3
P ₂	5	3	0,6	2	0,4	-	-	0,8	0,2
F ₁	10	7	0,7	2	0,2	1	0,1	0,8	0,2

Експеримент із дрейфом генів доцільно повторити мінімум двічі. Це необхідно для того, щоб продемонструвати випадковість загибелі однієї частини популяції та виживання іншої. При цьому учні переконуються у неспрямованому характері встановлення генетичної структури дочірньої популяції.

Аналізуючи отримані експериментальні дані, школярі відмічають, що частоти генотипів та генів у вихідній популяції та дочірній відрізняються. При дії неспрямованих факторів та випадковому виживанні особин генетична структура дочірньої популяції є непередбачуваною і багатоваріантною.

Дія випадкових процесів на батьківську популяцію може призводити до дрейфу генів, а еволюційними змінами в генетичній структурі дочірньої популяції буде встановлення нового співвідношення алельних генів та його збереження в поколіннях при відсутності подальшої дії факторів генетичної динаміки.

Експерименти з впливу мутацій на генетичну структуру популяції наведемо у двох варіантах, а саме змодельюємо виникнення корисних та шкідливих (летальних) мутацій.

Перед проведенням експерименту з моделювання впливу корисних мутацій вчитель формулює завдання: «Уявіть, що існує популяція комах чисельністю 50 особин. Частота домінуючого алеля у популяції – 0,7. На популяцію подіяли сильнодіючим інсектицидом. У 4 статевих клітинах відбулася мутація гена а на ген а^М. В наступних поколіннях організми з генотипами AA, Aa та aa стали нежиттєздатними, організми з генотипами Aa^М, aa^М та a^Мa^М – життєздатними носіями мутантного гена. Змодельуйте в ході експерименту генетичну структуру цієї популяції в п'яти поколіннях».

Кількість необхідних для моделювання червоних та білих фішок розраховується так, як описано для експерименту 3. Крім того, для проведення експерименту потрібно 20 фішок (**) зеленого кольору, які слугуватимуть моделями мутантного гена ам.

Експеримент 5. Моделювання впливу корисних мутацій на генетичну структуру популяції.

Мета. З'ясувати вплив корисних мутацій на генетичну структуру популяції*.

Матеріали: 70 фішок червоного кольору, 30 фішок білого кольору, 20 фішок зеленого кольору, 1 непрозорий пакет.

*Примітка – одна особина утворює 2 гамети.

Хід роботи:

1. Покладіть червоні та білі фішки до пакету, перемішайте їх
2. Не зазираючи у пакет, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету. Так моделюється генетична структура батьківської популяції.
3. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для батьківської популяції Р таблиці 4.9.
4. Відкладіть окремо 4 білі фішки. Зберіть всі інші білі та червоні фішки, додайте 4 зелені та покладіть їх у пакет, перемішайте. Так моделюється процес мутації гена а в ген a^M . Співвідношення алельних нормальних та мутантних генів наведено у рядку P_M таблиці 4.9.
5. Не зазираючи у пакет, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з шести куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок, до четвертої – пари з червоної та зеленої, до п'ятої – пари з білої та зеленої, до шостої – пари зелених фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету.
6. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для F_1 таблиці 4.9.
7. Пам'ятаючи про життєздатність генотипів, відкладіть окремо нежиттєздатні (у таблиці відповідні клітинки позначено сірим кольором). Так моделюється генетична структура першого покоління популяції після дії інсектициду. Зберіть фішки у пакет з куп, що залишилися.
8. **Повторіть дії 5–7 ще чотири рази. Результати занесіть у відповідні рядки таблиці. Так моделюються генетичні структури другого – п'ятого поколінь популяції. Іншими словами, так моделюється процес поширення мутантного гена.
10. Обчисліть частоти генотипів та генів у Р та $F_1 - F_5$, заповніть таблицю 4.9.
11. Сформулюйте висновок згідно плану:
 - співвідношення частот генотипів у популяції;
 - співвідношення частот генів у популяції;
 - напрямок еволюційних змін.

Таблиця 4.9

Популяція	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти алелів								
		AA		Aa		aa		Aa ^M		aa ^M		a ^M a ^M		A(p)	a(q)	a ^M (q ^M)
P	50	24	0,48	22	0,44	4	0,08							0,7	0,3	0
P_M	50													0,7	0,26	0,04
F_1	4	25	0	16	0	5	0	4	1					0,5	0	0,5
F_2	3	1	0					2	0,67			1	0,33	0,33	0	0,67
** F_2	15													0,33	0	0,67
F_3	12	3	0					4	0,33			8	0,67	0,17	0	0,83
F_4	12							4	0,33			8	0,67	0,17	0	0,83
F_5	12							4	0,33			8	0,67	0,17	0	0,83

**Примітка – подальше моделювання здійснюється на модельній популяції більшого розміру. Для подальшого експериментування з F_2 кількість особин збільшено у 5 разів (15 особин). Кількість необхідних для моделювання червоних та зелених фішок розраховується так, як описано для експерименту 1, а саме червоних фішок потрібно 10, зелених – 20 штук. Це відповідає співвідношенню алелів у F_2 .

Обговорення результатів п'ятого експерименту слід спрямувати так, щоб учні усвідомили корисність мутації а – a^M .

Вчитель: «Проаналізуйте дані експерименту і визначте, шкідливою чи корисною є дана мутація для організмів». Можливо, учні відмітять, що мутація є шкідливою, оскільки 50% усіх генотипів виявилися нежиттєздатними. У такому разі слід наголосити на тому, що всі генотипи, які містять мутантний ген, є життєздатними. Це означає, що мутація, спричинена дією хімічної

речовини, виявилася корисною для популяції. Вона забезпечила виживання тих організмів, генотипи яких містили мутантний ген. Іншими словами, мутація підвищила пристосованість членів популяції до дії несприятливого фактора.

Перед проведенням експерименту з моделювання впливу шкідливих (летальних) мутацій вчитель формулює завдання: «Уявіть, що існує популяція комах чисельністю 50 особин. Частота домінантного алеля у популяції – 0,7. Тварин піддали впливу рентгенівського випромінювання. У 4 статевих клітинах відбулася мутація гена a на ген a^M . В наступних поколіннях організми з генотипом $a^M a^M$ стали нежиттєздатними, з генотипами Aa^M , aa^M – життєздатними носіями летального гена. Організми з генотипами AA , Aa та aa також зберегли життєздатність. Змодельуйте в ході експерименту генетичну структуру цієї популяції в п'яти поколіннях».

Кількість необхідних для моделювання червоних та білих фішок розраховується так, як описано для експерименту 1. Крім того, для проведення експерименту потрібно 4 фішки зеленого кольору, які слугуватимуть моделями мутантного гена a^M .

Експеримент 6. Моделювання впливу шкідливих мутацій на генетичну структуру популяції.

Мета. З'ясувати вплив шкідливих мутацій на генетичну структуру популяції*.

Матеріали: 70 фішок червоного кольору, 30 фішок білого кольору, 4 фішки зеленого кольору, 1 непрозорий пакет.

*Примітка – одна особина утворює 2 гамети.

Хід роботи:

1. Покладіть червоні та білі фішки до пакету, перемішайте їх
2. Не зазираючи у пакет, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з трьох куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету. Так моделюється генетична структура батьківської популяції.
3. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для батьківської популяції Р таблиці 4.10.
4. Відкладіть окремо 4 білі фішки. Зберіть всі інші білі та червоні фішки, додайте 4 зелені та покладіть їх у пакет, перемішайте. Так моделюється процес мутації гена a в ген a^M . Співвідношення алельних нормальних та мутантних генів наведено у рядку P_M таблиці 4.10.
5. Не зазираючи у пакет, діставайте по 2 фішки і кладіть їх до однієї з шести куп: до першої – пари червоних фішок, до другої – пари з червоної та білої, до третьої – пари білих фішок, до четвертої – пари з червоної та зеленої, до п'ятої – пари з білої та зеленої, до шостої – пари зелених фішок. Робіть так доти, доки не витягнете всі фішки з пакету.
6. Порахуйте кількість пар фішок у кожній купі. Результати занесіть у рядок для F_1 таблиці 4.10.
7. Пам'ятаючи про життєздатність генотипів, відкладіть окремо нежиттєздатні (у таблиці відповідні клітинки позначено сірим кольором). Так моделюється генетична структура першого покоління популяції після дії рентгенівського випромінювання. Зберіть фішки у пакет з куп, що залишились.
8. Повторіть дії 5–7 ще чотири рази. Результати занесіть у відповідні рядки таблиці. Так моделюється генетичні структури другого – п'ятого поколінь популяції. Іншими словами, так моделюється процес поширення мутантного гена.
9. Обчисліть частоти генотипів та генів у Р та $F_1 - F_5$, заповніть таблицю 5.10.
10. Сформулюйте висновок згідно плану:
 - співвідношення частот генотипів у популяції;
 - співвідношення частот генів у популяції;
 - напрямок еволюційних змін.

Обговорення результатів останнього експерименту спрямовується так, щоб учні усвідомили шкідливість для популяції рецесивної мутації $a - a^M$. Як і в попередньому експерименті, вчитель пропонує проаналізувати отримані дані і визначити, шкідливою чи корисною є дана мутація для організмів. У процесі бесіди слід наголосити на тому, що тільки один генотип, який містить мутантний ген, є нежиттєздатним – $a^M a^M$. Гомозиготні мутанти елімінуються з популяції. Всі інші

генотипи є життєздатними. Це означає, що мутантний ген не видаляється з популяції, а зберігається в ній у гетерозиготному стані.

Таблиця 4.10

Популяція	Кількість особин	Розподіл генотипів										Частоти алелів				
		AA		Aa		aa		Aa ^M		aa ^M		a ^M a ^M		A(p)	a(q)	a ^M (q ^M)
P	50	24	0,48	22	0,44	4	0,08							0,7	0,3	0
P _M	50													0,7	0,26	0,04
F ₁	50	24	0,48	19	0,38	3	0,06	3	0,06	1	0,02			0,7	0,26	0,04
F ₂	50	24	0,48	19	0,38	3	0,06	3	0,06	1	0,02			0,7	0,26	0,04
F ₃	49	30	0,61	9	0,19	8	0,16	1	0,02	1	0,02	1	0	0,71	0,27	0,02
F ₄	49	25	0,51	19	0,39	3	0,06	1	0,02	1	0,02			0,71	0,27	0,02
F ₅	49	25	0,51	19	0,39	3	0,06	1	0,02	1	0,02			0,71	0,27	0,02

Керуючи бесідою далі, вчитель запитує: «Що об'єднує та чим різняться результати модельних експериментів на вивчення впливу мутацій? Як поява корисних та шкідливих (летальних) мутацій може відбитися на напрямку еволюційних змін у популяціях?»

Школярі самостійно або за допомогою вчителя формулюють наступний висновок: спільним у експериментах є те, що поява мутацій призвела до змін у генетичній структурі обох популяцій. Водночас у першому випадку частка мутантного алеля невпинно зростає, в другому – знижується. У випадку з корисною мутацією це може призвести до подальших мікроеволюційних перетворень і виникнення нового виду, стійкого проти використаного інсектициду. У випадку із шкідливою мутацією мікроеволюційні перетворення малоймовірні, оскільки мутантний ген поступово видаляється з популяції, хоча довгий час може зберігатися в гетерозиготному стані.

Відмітимо, що вихідні умови завдання для моделювання можна варіювати. Наприклад, у завданні для п'ятого експерименту генотипи без мутантного алеля вважати життєздатними, але їх плідність знизити вдвічі порівняно з плідністю носіїв мутантного гена, плідність гомозиготних мутантів збільшити вдвічі порівняно з носіями мутантного гена; у завданні з шкідливими мутаціями вважати гомозиготних мутантів життєздатними, але нездатними до розмноження, а плідність гетерозигот із мутантним алелем знизити вдвічі, порівняно з іншими.

Модельні експерименти з вивчення впливу мутацій на генетичну структуру популяції є найскладнішими серед описаних вище модельних експериментів. Під час їх проведення увага учнів акцентується на таких суттєвих характеристиках мутаційного процесу як:

1. Мутаційний процес існує, мутації постійно виникають у популяціях.
2. Мутації є одним із факторів динаміки генетичної структури популяції.
3. Найбільшого фенотипового прояву мають рецесивні гомозиготні мутанти. У гетерозиготному стані рецесивні мутації довгий час зберігаються в популяції.

Одночасно з цим, у описаних модельних експериментах не враховані інші ознаки мутаційного процесу, а саме:

- мутації бувають не тільки прямими, а й зворотними. Так, частота алеля A1 залежить виключно від частоти, з якою він мутує до A2, а також від частоти з якою A2 зворотно мутує до алеля A1 [347, с. 129]. Якщо частота прямого мутування дорівнює частоті зворотного, то ефективної зміни концентрацій генів не відбувається. Якщо ж частоти прямих та зворотних мутацій відрізняються, то виникає мутаційний тиск. Його напрямок залежить від кількісного співвідношення прямих та зворотних мутацій [22, с. 185];

- прийнята в експерименті частота мутацій набагато більша, ніж у природних популяціях. Для того, щоб мутація могла закріпитися, вона повинна мати не тільки селективні переваги, але й характеризуватися достатньою вихідною частотою [347, с. 130]. В середньому частота мутацій складає $10^{-4} - 10^{-8}$ на один ген на одне покоління (тобто від однієї мутації в даному локусі на 10000 генів в одному поколінні до всього лише однієї на 100000000 генів в одному поколінні) [347, с. 127] При нормальній частоті мутацій ($10^{-4} - 10^{-9}$) для того, щоб половина алелів A1 була замінена на алель A2 потрібно від мінімум 5000 до більш ніж 50000000 поколінь [347, с. 129];

- до еволюційних змін, як правило, призводить накопичення мутацій за багатьма генами та ін..

Врахувати названі вище ознаки мутаційного процесу в умовах шкільного модельного експерименту представляється неможливим, тому до уваги взяті лише його суттєві характеристики. На це звертає увагу школярів учитель під час обговорення з ними схем відповідних модельних експериментів.

Підбиваючи підсумки, наголосимо, що розвиток уміння моделювання під час постановки модельних експериментів з генетики та еволюції популяцій з одного боку відбувається згідно з етапами формування вмінь, з іншого – обумовлюється конкретним змістом навчального матеріалу. Завдяки такому зв'язку останній засвоюється не тільки на рівні знань, а й стійких переконань учнів.

Використання комп'ютерних технологій у моделюванні генетико-еволюційних процесів у старшій школі. Аналіз змісту методичної літератури за останні роки довів, що особливості використання комп'ютера у процесі навчання біології розглядалися час від часу на її сторінках (О. О. Браславська, М. М. Карнаухова, Н. Ю. Матяш, Л. П. Міронець, Г. І. М'ясоїд, Г. В. Скрипка). Водночас недостатньо висвітленим залишається питання про можливості застосування комп'ютерних технологій у старшій школі зокрема. Це констатує й М. М. Сидорович, зазначаючи, що «методичне забезпечення навчального процесу з біології, особливо для старшої школи, у цілому нині все ще залишається недостатнім» [339].

Підтримуємо думку про те, що «необхідною умовою сучасного уроку біології є методично виважене використання учителем педагогічних програмних (мультимедійних) засобів навчання, а саме наповнення компонентів уроку різними формами вираження навчальної інформації...» [239]. Вважаємо, що на особливу увагу заслуговує проблема використання комп'ютерної техніки, в тому числі індивідуальних комп'ютерних мобільних засобів, при організації факультативного навчання біології, проведенні індивідуальних та групових консультацій з учнями, впровадженні елективних курсів біологічного змісту, підготовці учнів до участі у біологічних олімпіадах.

Одним із сучасних ефективних прийомів застосування комп'ютерних технологій, спрямованих на досягнення мети навчання, є використання елементів комп'ютерного моделювання явищ і процесів оточуючої дійсності [388]. Слід відмітити, що на сторінках методичної літератури широко і всебічно висвітлюється проблема використання прийомів комп'ютерного моделювання переважно на уроках з предметів математичного циклу. Зокрема, більш-менш усталеними є визначення термінів «математична модель», «комп'ютерна модель», «інформаційна модель», етапи створення комп'ютерної моделі [86; 193]. Під комп'ютерною моделлю «розуміються комп'ютерні програми, що імітують фізичні досліди чи явища, ідеалізовані модельні ситуації, що зустрічаються у фізичних задачах» [388]. При навчанні фізики комп'ютер дозволяє змоделювати явища, що відбуваються в мікросвіті, мобілізують увагу учнів. Крім того, створення моделей дозволяє відійти виключно від дослідження, а паралельно формувати практичні вміння і навички, переводити нестійкий інтерес до вивчення предмета через стадію допитливості у стадію стійкого пізнавального інтересу. Мету та можливості застосування прийому комп'ютерного моделювання можна резюмувати так: «Використання моделей надає унікальну можливість візуалізації не реального явища природи, а його спрощеної теоретичної моделі з поетапним включенням до розгляду додаткових ускладнюючих факторів, що поступово наближають цю модель до реального явища» [413]. При вивченні хімії використання комп'ютера є доцільним при моделюванні хімічних процесів і явищ, які неможливо або шкідливо показати в шкільній лабораторії. При цьому учень може змінити параметри, порівняти одержані результати, проаналізувати їх та зробити висновки [362]. Враховуючи активне впровадження в систему освіти електронних освітніх ресурсів [93], використовувати прийоми комп'ютерного моделювання доцільно і при навчанні учнів іншим предметам природничого циклу, зокрема біології.

У змісті шкільного курсу біології старшої школи є ряд моментів, які, як свідчить досвід, залишаються малозрозумілими для більшості учнів. Серед них – поняття ідеальної популяції, матеріал про генетичну структуру ідеальних та реальних популяцій у часі, еволюційні процеси, що відбуваються на субвидовому рівні та їх причини, конкретний механізм мікроеволюційних процесів, і як результат – макроеволюційних змін в органічному світі. Причин цьому декілька.

Насамперед, високий рівень теоретизації згаданого матеріалу. Для його розуміння та засвоєння учні мають оперувати широким спектром узагальненого знання, починаючи від спеціальних і загальнобіологічних понять (популяція, вид, еволюція, ген, мутація, алель, генотип, гомозигота, гетерозигота, природний добір, дрейф генів та інші), до біологічних законів і теорій (мутаційна теорія, хромосомна теорія спадковості, закони спадковості Г. Менделя, закон генетичної рівноваги у популяціях Харді – Вайнберга). По-друге, розділ «Історичний розвиток органічного світу» і тема в ньому «Основи еволюційного вчення» вивчаються наприкінці 11 класу, і не секрет, що в останні місяці навчального року (березень-квітень) проведення уроків для випускників часто стикається з рядом організаційних труднощів за різних, не залежних від вчителя біології, обставин.

У попередніх публікаціях [162; 163], вище у підрозділі була висвітлена авторська позиція щодо розуміння сутності поняття «навчальна модель», «навчальна модель ідеальної популяції», описано етапи роботи з нею. Було наголошено, що в умовах навчального процесу за допомогою моделі ідеальної популяції можливо пояснити школярам сутність одного з біологічних законів, який вивчається в курсі біології старшої школи – закон Харді-Вайнберга, розкрити умови, за яких він є достовірним, підвести старшокласників до усвідомлення механізмів мікро- та макроеволюційних змін в органічному світі.

Апробація в навчальному процесі запропонованого алгоритму дій по створенню моделі ідеальної популяції та її подальшому вивченню засвідчила, що методику роботи з моделлю слід видозмінити, вдосконалити на користь зменшення часу, що витрачається на аналіз отриманих у ході модельного експериментування результатів.

Нами розроблена методика моделювання генетичних та еволюційних процесів у популяціях з використанням комп'ютерних технологій, а саме здійснення кількісної та якісної онлайн обробки результатів модельних експериментів.

Відмітимо, що розроблена система онлайн обробки результатів може бути використана тільки у випадку, якщо у модельному експерименті, який проводиться учнями, кількість особин популяції незначна. Розмір популяції обмежується об'єктивною можливістю створення відповідної кількості фішок – моделей алелів гена. З досвіду роботи можемо порадижити максимальну кількість фішок 100. У такому випадку кількість членів популяції дорівнюватиме 50. Звичайно можна взяти як більшу, так і меншу кількість об'єктів. У першому випадку такий вибір буде пов'язаний із зростанням матеріальних витрат на виготовлення елементів моделі. У другому випадку розраховані величини (частоти алелів) будуть значно відхилятися від встановлених попередньо частот, а рівень статистичної достовірності отриманих результатів зменшуватиметься.

Задля реалізації поставленої мети – вдосконалення методики створення моделі популяції, часової оптимізації роботи учнів по моделюванню генетичних та еволюційних процесів у ній, було розроблено веб-сторінки <http://mybio.education/mod/exp1/>, <http://mybio.education/mod/exp2/>, <http://mybio.education/mod/exp3/>, <http://mybio.education/mod/exp4/>, <http://mybio.education/mod/exp5/>, <http://mybio.education/mod/exp6/> та інші.

На них розміщено алгоритми дій для учнів по створенню моделі генетичної структури як ідеальної популяції, так і такої, на яку діють різні фактори, що змінюють її генетичну структуру, а також таблиці для внесення школярами кількісних результатів модельного експериментування. Далі опишемо методику їх аналізу на основі онлайн побудованих графіків та діаграм, що унаочнюють процеси, які відбуваються в поколіннях популяції.

Модельний експеримент 1

Тема. Вивчення генетичної структури ідеальної популяції (1 варіант обробки результатів)

1. Відкриваємо сторінку <http://mybio.education/mod/exp1/>. *
2. Визначаємося із кількістю особин у модельній популяції (див. вище), наприклад 50.
3. У стовпчик 2 для батьківського покоління Р вносимо кількість пар алелей двохалельного гена (по-іншому – кількість особин).
4. Визначаємося із співвідношенням домінантного (А) та рецесивного (а) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок, наприклад 70 червоних та 30 білих.
5. Кладемо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.

6. Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (AA), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Aa), у третю – пару з другого кольору, білі (aa).
 7. Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
 8. Результати заносимо до рядка P: в стовпчик 3 – кількість AA, в стовпчик 5 – Aa, в стовпчик 7 – aa.
 9. Натискаємо кнопку «Розрахувати».
 10. Збираємо фішки до пакету, перемішуємо, повторюємо дії 6 та 7 послідовно ще два рази, заповнюючи рядки для першого (F₁) та другого (F₂) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.
 11. Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F₁ та F₂, рядка «Всього» та «Середнє арифметичне».
 12. Натискаємо кнопку «Показати графіки».
 13. На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.
- * - на веб-сторінці послідовність дій наведена з п. 3.
У незаповненому вигляді веб-сторінка <http://mybio.education/mod/exp1/> виглядає так (рис. 4.1):

Модельний експеримент 1. Вивчення генетичної структури ідеальної популяції

1. У стовпчик 2 для батьківського покоління P вносимо кількість пар алелей двохалельного гена (по-іншому – кількість особин).
2. Визначаємося із співвідношенням домінантного (A) та рецесивного (a) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок.
3. Кладемо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.
4. Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (AA), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Aa), у третю – пару з другого кольору, білі (aa).
5. Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
6. Результати заносимо до рядка P: в стовпчик 3 – кількість AA, в стовпчик 5 – Aa, в стовпчик 7 – aa.
7. Натискаємо кнопку «Розрахувати».
8. Збираємо фішки до пакету, перемішуємо, повторюємо дії 6 та 7 послідовно ще два рази, заповнюючи рядки для першого (F₁) та другого (F₂) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.
9. Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F₁ та F₂, рядка «Всього» та «Середнє арифметичне».
10. Натискаємо кнопку «Показати графіки».
11. На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.

Таблиця 1. Генетична структура ідеальної популяції

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти генів	
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P									
F ₁									
F ₂									
Всього									
Середнє арифметичне									

Примітка: частоти генів розраховуються автоматично способом витягнення квадратних коренів з частот гомозигот.

[Показати графіки](#)

Рис. 4.1. Вигляд веб-сторінки <http://mybio.education/mod/exp1/> до внесення результатів моделювання.

Рядки, виділені блакитним кольором у таблиці заповнюються вручну учнями на підставі підрахунку кількості отриманих пар алелів (стовпчики 3, 5, 7 для батьківської та дочірніх популяцій), а також вручну заповнюється стовпчик 2 для батьківського покоління.

Після проведених маніпуляцій згідно наведеного алгоритму дій таблиця може мати вигляд, як на рис. 4.2.

Модельний експеримент 1. Вивчення генетичної структури ідеальної популяції

- У стовпчик 2 для батьківського покоління P вносимо кількість пар алелей домінуючого гена (по-іншому – кількість особин).
- Визначаємо із співвідношенням домінуючого (A) та рецесивного (a) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок.
- Кладемо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.
- Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (AA), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Aa), у третю – пару з другого кольору, білі (aa).
- Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
- Результати заносимо до рядка P: в стовпчик 3 – кількість AA, в стовпчик 5 – Aa, в стовпчик 7 – aa.
- Натискаємо кнопку «Розрахувати».
- Збираємо фішки до пакету, перемішуємо, повторюємо дії 6 та 7 послідовно ще два рази, заповнюючи рядки для першого (F1) та другого (F2) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.
- Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F1 та F2, рядка «Всього» та «Середнє арифметичне».
- Натискаємо кнопку «Показати графіки».
- На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.

Таблиця 1. Генетична структура ідеальної популяції

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти генів		
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P	50	23	0.460	24	0.480	3	0.060	0.678	0.245	Розрахувати
F1	50.000	26	0.520	18	0.360	6	0.120	0.721	0.346	Розрахувати
F2	50.000	24	0.480	22	0.440	4	0.080	0.693	0.283	Розрахувати
Всього	150.000	73.000		64.000		13.000				Розрахувати
Середнє арифметичне	50.000		0.487		0.427		0.207	0.697	0.291	Розрахувати

Примітка: частоти генів розраховуються автоматично способом витягнення квадратних коренів з частот гомозигот.

[Показати графіки](#)

Рис. 4.2. Вигляд веб-сторінки <http://mybio.education/mod/exp1/> після внесення даних та обробки результатів.

Модельний експеримент 1

Тема. Вивчення генетичної структури ідеальної популяції (2 варіант обробки результатів)

- Відкриваємо сторінку <http://mybio.education/mod/exp2/>.
- Виконуємо дії 2-13 для 1 варіанту.

У незаповненому вигляді веб-сторінка <http://mybio.education/mod/exp2/> виглядає так само, як і сторінка <http://mybio.education/mod/exp1/>. Так само, як і для 1 варіанту, рядки, виділені блакитним кольором у таблиці заповнюються вручну учнями.

Після проведених маніпуляцій згідно наведеного алгоритму дій таблиця може мати вигляд, як на рис. 4.3.

Модельний експеримент 1. Вивчення генетичної структури ідеальної популяції

- У стовпчик 2 для батьківського покоління P вносимо кількість пар алелей домінуючого гена (по-іншому – кількість особин).
- Визначаємо із співвідношенням домінуючого (A) та рецесивного (a) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок.
- Кладемо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.
- Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (AA), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Aa), у третю – пару з другого кольору, білі (aa).
- Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
- Результати заносимо до рядка P: в стовпчик 3 – кількість AA, в стовпчик 5 – Aa, в стовпчик 7 – aa.
- Натискаємо кнопку «Розрахувати».
- Збираємо фішки до пакету, перемішуємо, повторюємо дії 6 та 7 послідовно ще два рази, заповнюючи рядки для першого (F1) та другого (F2) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.
- Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F1 та F2, рядка «Всього» та «Середнє арифметичне».
- Натискаємо кнопку «Показати графіки».
- На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.

Таблиця 2. Генетична структура ідеальної популяції

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти генів		
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P	50	23	0.460	24	0.480	3	0.060	0.700	0.300	Розрахувати
F1	50.000	26	0.520	18	0.360	6	0.120	0.700	0.300	Розрахувати
F2	50.000	24	0.480	22	0.440	4	0.080	0.700	0.300	Розрахувати
Всього	150.000	73.000		64.000		13.000				Розрахувати
Середнє арифметичне	50.000		0.487		0.427		0.207	0.700	0.300	Розрахувати

Примітка: частоти генів розраховуються автоматично за формулами: $p = (D + 0,5H) / N$ та $q = (R + 0,5H) / N$, де p – частота домінуючого алеля, q – частота рецесивного алеля, D – кількість домінуючих гомозигот, R – кількість рецесивних гомозигот, H – кількість гетерозигот, N – загальна кількість членів популяції.

[Показати графіки](#)

Рис. 4.3. Вигляд веб-сторінки <http://mybio.education/mod/exp2/> після внесення результатів моделювання.

У чому відмінність між двома представленими варіантами обробки результатів експерименту? Відмінність у способах обчислення частот генів. У першому варіанті частоти генів розраховуються автоматично способом витягнення квадратних коренів з частот гомозигот AA та aa. У другому варіанті частоти генів розраховуються автоматично за формулами: $p = (D + 0,5H)/N$ та $q = (R + 0,5H)/N$, де p – частота домінантного алеля, q – частота рецесивного алеля, D – кількість домінантних гомозигот, R – кількість рецесивних гомозигот, H – кількість гетерозигот, N – загальна кількість членів популяції.

У попередніх роботах автора [162; 163] було проаналізовано варіанти обробки результатів, здійснюваних вручну, і вказано, що окрім різних способів розрахунку шуканих величин, вони відрізняються отриманими величинами частот генів (алелів) у поколіннях. Однак, не зважаючи на це, обидва способи розрахунку дозволяють сформулювати найголовніший висновок – в ідеальних популяціях співвідношення частот генів і генотипів залишаються постійними в поколіннях, а сума їх часто дорівнює 1.

У процесі обговорення результатів вчитель наголошує на невеликому розмірі модельної популяції – 50 особин. Звичайно, для експерименту можна взяти меншу або більшу кількість особин, але слід враховувати, що, з однієї сторони, чим менший розмір вибірки, тим більша похибка у виконаних розрахунках. З іншої сторони, особливістю подібних досліджень є те, що в умовах шкільного експериментування з навчальною моделлю ідеальної популяції з виконанням практичних дій із матеріальними об'єктами – моделями алелів (фішками) – неможливо дотриматися такої умови достовірності закону Харді – Вайнберга, як великий розмір популяції. Теоретично врахувати цю умову можна, якщо відійти від практичного оперування матеріальними об'єктами, замінивши його повністю автоматизованим процесом визначення генетичної (генотипної та генної) структури популяції. При цьому учнями вручну будуть вноситися у модель дані про чисельність досліджуваної батьківської популяції та вихідні частоти алельних генів у ній. Мова йде про створення навчальної комп'ютерної програми з моделювання генетичної структури популяції та її дослідження.

Оскільки розмір модельної популяції не змінюється в поколіннях (за замовчуванням, оскільки це також пов'язано із матеріальними витратами на виготовлення фішок), на популяцію не впливають фактори, що змінюють її генетичну структуру, то можна умовно вважати, що експеримент 1 (будь-який варіант) проведений у трьох повторностях. Це означає, що можна знайти середні арифметичні значення частот генотипів і генів. На веб-сторінках <http://mybio.education/mod/exp1/> та <http://mybio.education/mod/exp2/> середні арифметичні значення розраховуються автоматично в останньому рядку таблиць після внесення даних за трьома повторностями. Вчитель підсумовує, що середні арифметичні частот генів в обох варіантах обробки результатів модельного експерименту співпадають. Отже, із збільшенням кількості проаналізованих поколінь моделі генетичної структури ідеальної популяції буде зростати точність розрахованих частот генів.

У роботах автора вказувалось на те, що обидва варіанти обробки результатів експерименту можуть бути використані учнями. Однак, все ж вважаємо і наголошуємо на цьому – перший варіант обробки результатів експерименту є більш прийнятним для реалізації мети експериментування в повному обсязі. Пояснимо це детальніше.

Основною метою модельного експерименту з моделювання генетичної структури ідеальної популяції є доведення того, що за певних умов (умови достовірності закону Харді – Вайнберга) зберігається стале співвідношення генотипів і генів у популяції в поколіннях. Іншою метою, так званою підрядною, є формування в учнів уявлень про можливості застосування елементарних статистичних методів в біологічних дослідженнях, розуміння сутності статистичних законів, зокрема, закону великих чисел. І саме перший варіант обробки результатів модельного експериментування дозволяє цей закон продемонструвати – чим більше повторностей експерименту буде проведено, тим більш наближеними до середньоарифметичного значення будуть частоти генів.

Вдосконалення методики створення моделі ідеальної популяції полягало й у тому, що після внесення даних у таблиці на веб-сторінках автоматично будуються графіки та діаграми, що дозволяють, по-перше, унаочнити отримані результати в графічному вигляді. По-друге, ефективно здійснити їх порівняльний аналіз та сформулювати висновки за наведеним у алгоритмі дій планом.

Нижче наводимо вигляд побудованих у автоматичному режимі графіків та діаграм (рис. 4.4 та рис. 4.5). Для прикладу взятий перший варіант обробки результатів експерименту.

На першому графіку відображається генна структура популяції в проаналізованих поколіннях, на другому – генотипна структура.

Обидві діаграми (рис. 4.4) демонструють генетичну структуру популяції. Слід звернути увагу на те, що представлені на рис. 4.4 графіки містять інформацію окремо або про аallelну (генну), або про генотипну структуру популяції.

Побудовані діаграми за змістовим наповненням абсолютно ідентичні. Вони відрізняються способом унаочнення результатів, тобто формою їх представлення. Учитель може звернути увагу учнів на один із варіантів діаграми з пропозицією порівняти генну, генотипну структуру популяції в поколіннях. Можливий і інший, більш ускладнений варіант роботи із аналізом побудованих діаграм. Для цього учні самостійно обирають діаграму для аналізу даних та формулювання висновків.

Підкреслимо, що обидва варіанти діаграми мають переваги і недоліки.

У першому варіанті діаграми числові дані результатів експерименту внесені у відповідні сегменти кожного стовпчика. Всі дані одночасно виведені на екрані, тому учневі досить легко порівнювати числа.

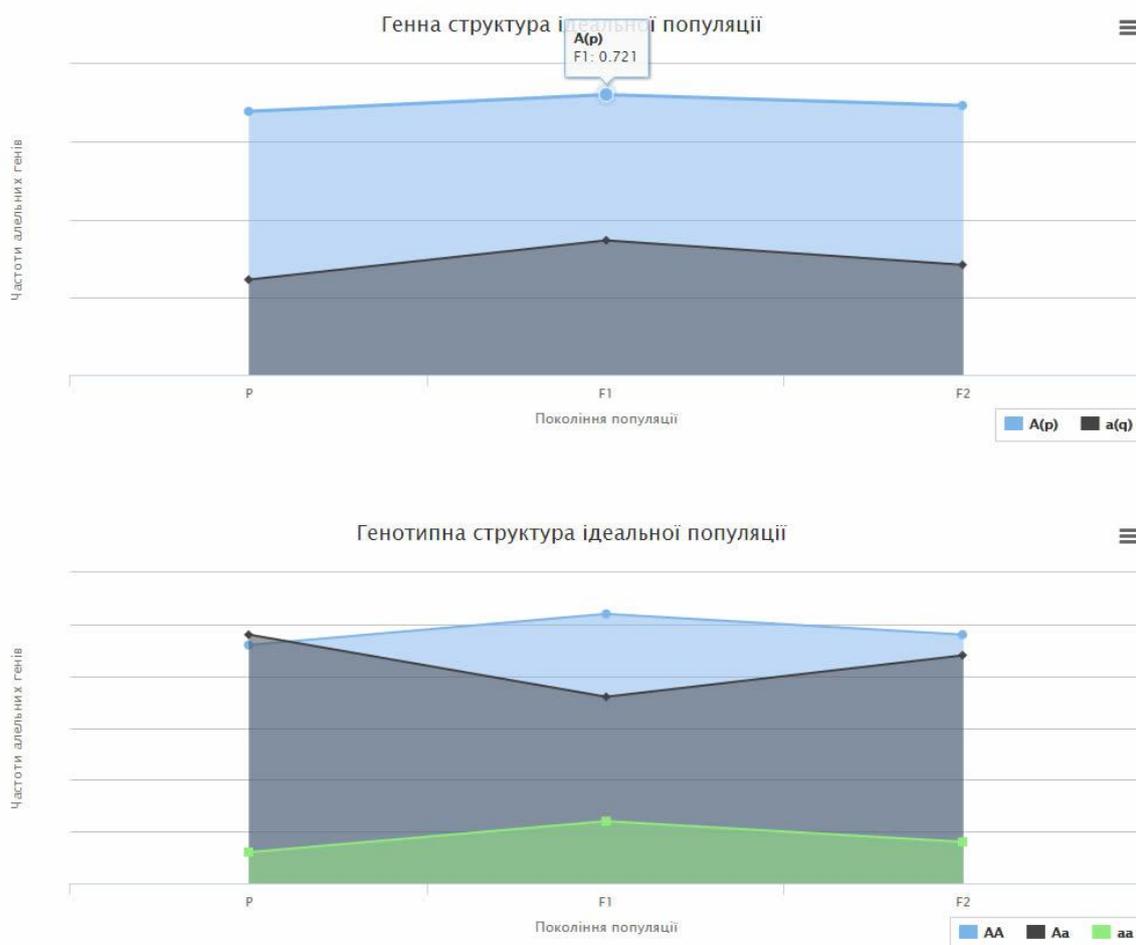


Рис. 4.4. Вигляд побудованих в автоматичному режимі графіків на веб-сторінці <http://mybio.education/mod/exp1/>.

У другому варіанті діаграми сегменти кожного стовпчика розташовані один позаду іншого, причому так, що перший, найвузький сегмент, відповідає батьківському поколінню, а останній,

самий широкий – останньому дочірньому. Такий спосіб представлення даних подобається учням через те, що, навіть не оперуючи числовими даними, візуально легко порівняти величину (висоту) різнокольорових стовпчиків. До того ж, при наведенні курсором на відповідний стовпчик, на екрані з'являється необхідна числова інформація.

Таким чином, аналіз отриманих даних модельного експериментування учнями здійснюється на основі аналізу побудованих:

- 1) тільки графіків генної та генотипної структури популяції в поколіннях;
- 2) однієї з діаграм генетичної структури популяції в поколіннях;
- 3) і графіків, і діаграм, які дублюють один одного.

Різноманіття представлених графічних варіантів унаочнення результатів експерименту дозволяє ознайомити школярів із способами їх статистичної обробки та презентації. Це і є відповіддю на питання, наскільки доцільним на веб-сторінках будувати і графіки, і різні види діаграм. Слід пам'ятати про другу, підрядну мету модельного експериментування.

Ускладненим варіантом аналізу отриманих практичним шляхом та розрахованих автоматично в таблиці даних може бути наступний.

Під час виконання практичних дій учнями для обох варіантів модельного експерименту вчитель пояснює, що дію № 12 у наведеному вище формулюванні не виконувати. Нове формулювання завдання № 12 звучатиме так: «На основі даних таблиці побудуйте графіки «Генна структура ідеальної популяції в поколіннях», «Генотипна структура ідеальної популяції в поколіннях» та стовпчасту діаграму «Генетична структура ідеальної популяції в поколіннях». Дія № 13 виконується учнями за тим формулюванням завдання, що наведене вище.

Після самостійного складання учнями графіків та діаграм (цю роботу доцільно організувати у вигляді групових завдань), вчитель пропонує натиснути кнопку «Показати графіки». Учні порівнюють побудовані автоматично та власноруч графіки та діаграми, відбувається їх обговорення та корекція останніх.

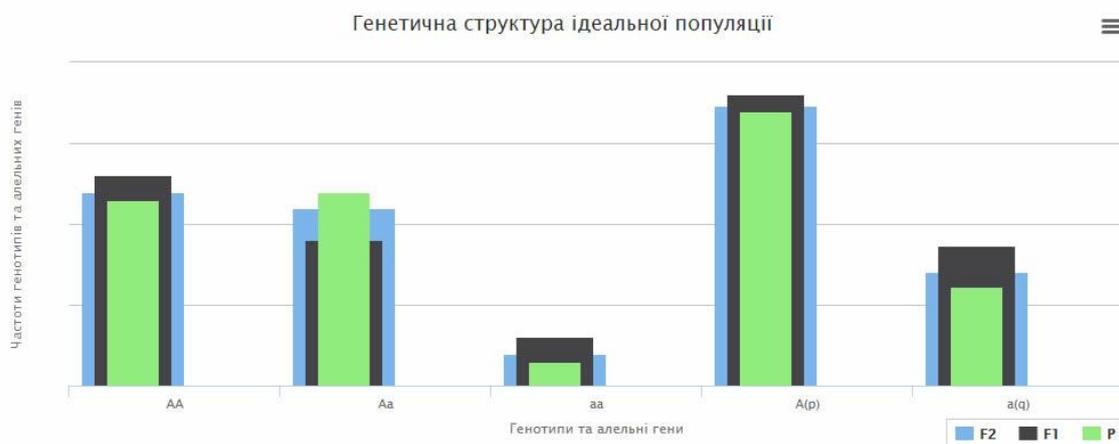
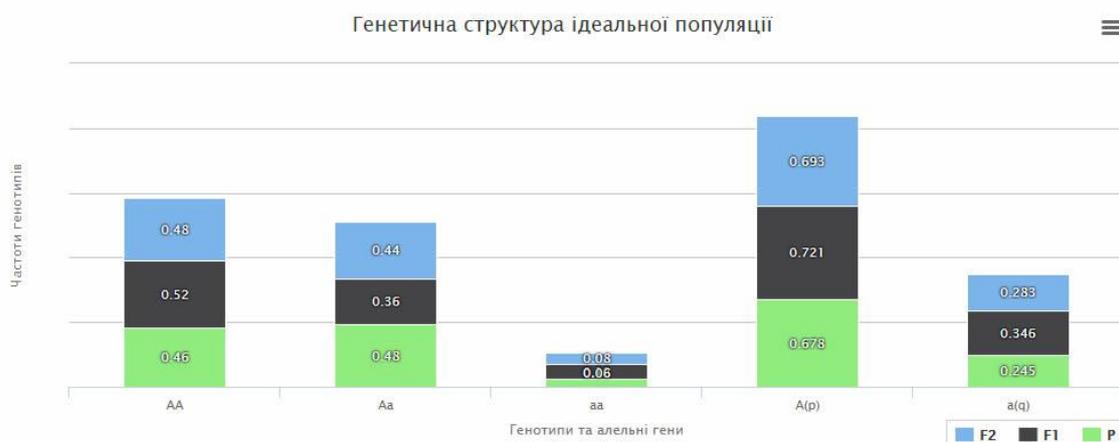


Рис. 4.5. Вигляд побудованих в автоматичному режимі діаграм на веб-сторінці <http://mybio.education/mod/exp1/>.

Підіб'ємо проміжні підсумки.

По-перше, моделювання біологічних процесів у ідеальній популяції є ефективним методом формування в учнів ряду генетичних та еволюційних понять.

По-друге, використання комп'ютерних технологій як засобу моделювання, в нашому випадку генетичних та еволюційних процесів у ідеальній популяції, призводить до економії часових ресурсів на уроці або на занятті гуртка, факультативу тощо.

По-третє, використання комп'ютерних технологій як засобу моделювання сприяє формуванню в учнів уявлень про можливості застосування елементарних статистичних методів в біологічних дослідженнях, розумінню сутності статистичних законів, зокрема, закону великих чисел.

Вище описано методику використання комп'ютерних засобів навчання під час моделювання біологічних процесів у старшій школі, а саме використання веб-сторінок для онлайн обробки результатів моделювання генетичної структури ідеальної популяції. Нижче розглянемо методику комп'ютерного моделювання генетичних та еволюційних процесів у популяціях, на які діє такий фактор, як природний добір. Процес моделювання у даному випадку також ґрунтується на здійсненні кількісної та якісної онлайн обробки результатів модельного експерименту.

Методика постановки модельного експерименту «Моделювання генетичної структури популяції при дії природного відбору» без застосування комп'ютерних засобів була висвітлена вище та на сторінках періодичної преси [162; 163].

Апробація експерименту в умовах навчального процесу довела, що методику роботи з моделлю слід видозмінити, вдосконалити на користь зменшення часу, що витрачається на аналіз отриманих у ході модельного експериментування результатів.

Задля реалізації поставленої мети, часової оптимізації роботи учнів по моделюванню генетичних та еволюційних процесів у популяції, було розроблено веб-сторінку <http://mybio.education/mod/exp3/>. На ній розміщено алгоритм дій для учнів по створенню моделі генетичної структури популяції та роботі з нею, а також таблиця для внесення школярами кількісних результатів модельного експериментування.

Модельний експеримент 2

Тема. Вивчення генетичної структури популяції при дії природного відбору

1. Відкриваємо сторінку <http://mybio.education/mod/exp3/>.
2. Визначаємося із кількістю особин у модельній популяції (див. [147]), наприклад 50.
3. У стовпчик 2 для батьківського покоління Р вносимо кількість пар алелів двохалельного гена (по-іншому – кількість особин).
4. Визначаємося із співвідношенням домінантного (А) та рецесивного (а) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок, наприклад 70 червоних та 30 білих.
5. Кладемо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.
6. Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (АА), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Аа), у третю – пару з другого кольору, білі (аа). Так моделюється батьківська популяція.
7. Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
8. Результати заносимо до рядка Р: в стовпчик 3 – кількість АА, в стовпчик 5 – Аа, в стовпчик 7 – аа.
9. Натискаємо кнопку «Розрахувати».
10. Збираємо фішки до пакету, перемішуємо та повторюємо дію № 6 та 7, заповнюючи рядок для першого (F₁) дочірнього покоління, стовпчики 3, 5, 7. При цьому фішки з третьої купи (аа) відкладаємо і не включаємо їх до загальної кількості особин наступного покоління. Так ми видаляємо рецесивних гомозигот з популяції, усвідомлюючи при цьому, що рецесивні гомозиготні генотипи утворюються, але є нежиттєздатними. Тобто збираємо фішки у пакет з перших двох куп.
11. Виконуємо дію № 10 ще 5 разів, кожного разу відкладаючи фішки з третьої купи, заповнюючи рядки для другого (F₂) – шостого (F₆) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.

12. Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F₁ – F₆.
13. Натискаємо кнопку «Показати графіки».
14. На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.

* - на веб-сторінці послідовність дій наведена з п. 3.

У незаповненому вигляді веб-сторінка <http://mybio.education/mod/exp3/> виглядає так (рис. 4.6).

Комірки, виділені блакитним кольором у таблиці, заповнюються вручну учнями на підставі підрахунку кількості отриманих пар алелів (стовпчики 3, 5, 7 для батьківської та дочірніх популяцій), а також вручну заповнюється стовпчик 2 для батьківського покоління. Комірки яскраво-рожевого кольору містять дані про кількість гомозиготних рецесивних особин (aa) і автоматично не включаються до загальної кількості особин стовпчика 2 рядків F₁ – F₆.

Модельний експеримент 2. Вивчення генетичної структури популяції при дії природного відбору

1. У стовпчик 2 для батьківського покоління P вносимо кількість пар алелів двоалельного гена (по-іншому – кількість особин).
2. Визначаємося із співвідношенням домінантного (A) та рецесивного (a) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок, наприклад 70 червоних та 30 білих.
3. Кладемо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.
4. Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (AA), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Aa), у третю – пару з другого кольору, білі (aa). Так моделюється батьківська популяція.
5. Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
6. Результати заносимо до рядка P: в стовпчик 3 – кількість AA, в стовпчик 5 – Aa, в стовпчик 7 – aa.
7. Натискаємо кнопку «Розрахувати».
8. Збираємо фішки до пакету, перемішуємо та повторюємо дію № 6 та 7, заповнивши рядок для першого (F₁) дочірнього покоління, стовпчики 3, 5, 7. При цьому фішки в третій купі (aa) відкладаємо і не включаємо їх до загальної кількості особин наступного покоління. Так ми видалаємо рецесивних гомозигот з популяції, усвідомлюючи при цьому, що рецесивні гомозиготні генотипи утворюються, але є нежиттєздатними. Тобто збираємо фішки у пакет з перших двох куп.
9. Виконуємо дію № 10 ще 5 разів, кожного разу відкладаючи фішки з третьої купи, заповнивши рядки для другого (F₂) – шостого (F₆) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.
10. Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F₁ – F₆.
11. Натискаємо кнопку «Показати графіки».
12. На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.

Таблиця 3. Генетична структура популяції при дії природного відбору

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти генів	
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P									
F ₁									
F ₂									
F ₃									
F ₄									
F ₅									
F ₆									

Примітка: частоти генів розраховуються автоматично способом витягнення квадратного кореня з частоти домінантних гомозигот для домінантного алеля A та знаходження частоти рецесивного алеля a з частоти гетерозигот, а саме з добутку $2 \times p \times q$ ($2 \times A \times a$).

Показати графіки

Рис. 4.6. Вигляд веб-сторінки <http://mybio.education/mod/exp3/> до внесення результатів моделювання.

Після проведених маніпуляцій згідно наведеного алгоритму дій таблиця може мати вигляд, як на рис. 4.7.

При заповненні таблиці в автоматичному режимі розраховуються частоти генотипів та частоти алелів (стовпчики 4, 6, 8, 9, 10). У автоматичному режимі заповнюється стовпчик 2 для рядків F₁ – F₆. Програма побудована так, що обчислення частоти домінантного алеля здійснюється шляхом витягнення квадратного кореня з частоти домінантних гомозигот, а частота рецесивного – з добутку $2pq$. Витягувати квадратний корінь з частоти рецесивних гомозигот не представляється можливим, оскільки такі генотипи на певному етапі онтогенезу елімінуються з популяції.

Із заповненої таблиці (рис. 4.7) видно, що у популяції при 100 % життєздатності домінантних гомозигот та гетерозигот і нежиттєздатності рецесивних гомозигот у поколіннях:

- збільшується частота домінантних гомозигот, зменшується частота гетерозигот;
- зростає частота домінантного алеля (p), і відповідно знижується частота рецесивного алеля (q);

- у процесі еволюції такої популяції рецесивний алель поступово переходить у гетерозиготний стан. Частота виникнення рецесивних гомозигот зменшується, оскільки із зниженням частоти гетерозигот зменшується ймовірність схрещування останніх. Можна очікувати, що у такій популяції при подальшому збереженні умов, а саме вказаній життєздатності генотипів, їх плідності, панміксії та відсутності впливу інших факторів, у майбутньому рецесивний алель повністю елімінується.

Модельний експеримент 2. Вивчення генетичної структури популяції при дії природного відбору

- У стовпчик 2 для батьківського покоління P вносимо кількість пар алелей домінуючого (A) та рецесивного (a) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок, наприклад 70 червоних та 30 білих.
- Визначаємо із співвідношенням домінуючого (A) та рецесивного (a) алелів і відбираємо необхідну кількість фішок, наприклад 70 червоних та 30 білих.
- Кладаємо відібрану кількість фішок у непрозорий пакет, перемішуємо.
- Дістаємо по 2 фішки і кладемо до однієї з трьох куп: у першу – пару з одного кольору, червоні (AA), в іншу – пару з різних кольорів, червоні та білі (Aa), у третю – пару з другого кольору, білі (aa). Так моделюється батьківська популяція.
- Рахуємо кількість пар фішок у кожній купі.
- Результати заносимо до рядка P: в стовпчик 3 – кількість AA, в стовпчик 5 – Aa, в стовпчик 7 – aa.
- Натискаємо кнопку «Розрахувати».
- Збираємо фішки до пакету, перемішуємо та повторюємо дію № 6 та 7, заповнюючи рядок для першого (F1) дочірнього покоління, стовпчики 3, 5, 7. При цьому фішки з третьої купи (aa) відкладаємо і не включено їх до загальної кількості особин наступного покоління. Так ми видаляємо рецесивних гомозигот з популяції, усвідомлюючи при цьому, що рецесивні гомозиготні генотипи утворюються, але є нежиттєздатними. Тобто збираємо фішки у пакет з перших двох куп.
- Виконуємо дію № 10 ще 5 разів, кожного разу відкладаючи фішки з третьої купи, заповнюючи рядки для другого (F2) – шостого (F6) дочірніх поколінь, стовпчики 3, 5, 7.
- Натискаємо кнопку «Розрахувати» напроти рядків F1 – F6.
- Натискаємо кнопку «Показати графіки».
- На основі аналізу отриманих графіків та діаграм сформулюйте висновки за планом:
 - Зміна співвідношення частот генотипів у поколіннях;
 - Зміна співвідношення частот генів у поколіннях;
 - Напрямок еволюційних змін популяції.

Таблиця 3. Генетична структура популяції при дії природного відбору

Покоління	Кількість особин	Розподіл генотипів						Частоти генів		
		AA		Aa		aa		A(p)	a(q)	
P	50	23	0.460	24	0.480	3	0.060	0.678	0.245	Розрахувати
F1	47.000	23	0.489	24	0.511	3	0.000	0.700	0.522	Розрахувати
F2	44.000	26	0.591	18	0.409	3	0.000	0.769	0.346	Розрахувати
F3	41.000	29	0.707	12	0.293	3	0.000	0.841	0.207	Розрахувати
F4	39.000	31	0.795	8	0.205	3	0.000	0.892	0.129	Розрахувати
F5	39.000	31	0.795	8	0.205	3	0.000	0.892	0.129	Розрахувати
F6	38.000	32	0.842	6	0.158	3	0.000	0.918	0.084	Розрахувати

Примітка: частоти генів розраховуються автоматично способом витягнення квадратного кореня з частоти домінуючих гомозигот для домінуючого алеля A та знаходження частоти рецесивного алеля a з частоти гетерозигот, а саме з добутку 2 x p x q (2 x A x a).

[Показати графіки](#)

Рис. 4.7. Вигляд веб-сторінки <http://mybio.education/mod/exp3/> після внесення результатів моделювання.

Вдосконалення методики створення моделі генетичної структури популяції, на яку діє такий фактор, як природний добір, та її поколінь (експеримент 2) полягало й у тому, що після внесення даних у таблицю на веб-сторінці є можливість автоматичної побудови графіків та діаграм, що дозволяють, по-перше, унаочнити отримані результати в графічному вигляді, по-друге, ефективно здійснити їх порівняльний аналіз та сформулювати висновки за наведеним у алгоритмі дій планом (та само, як і при обробці результатів експерименту 1).

Нижче наводимо вигляд побудованих у автоматичному режимі графіків та діаграм (рис. 4.8 та рис. 4.9).

На першому графіку відображається генна структура популяції в проаналізованих поколіннях, на другому – генотипна структура.

Обидві діаграми (рис. 4.9) демонструють генетичну структуру популяції. Слід звернути увагу на те, що представлені на рис. 4.8 графіки містять інформацію окремо або про алельну (генну), або про генотипну структуру популяції.

Побудовані діаграми за змістовим наповненням абсолютно ідентичні, про що було сказано раніше. Вони відрізняються способом унаочнення результатів, тобто формою їх представлення. Учитель може звернути увагу учнів на один із варіантів діаграми з пропозицією порівняти генну, генотипну структуру популяції в поколіннях. Можливий і інший, більш ускладнений варіант роботи із аналізом побудованих діаграм. Для цього учні самостійно обирають діаграму для аналізу даних та формулювання висновків.

Підкреслимо, що обидва варіанти діаграми мають переваги і недоліки, описані автором раніше.

Таким чином, аналіз отриманих даних модельного експериментування учнями здійснюється, як і для модельного експерименту 1 на основі аналізу побудованих:

- 1) тільки графіків генної та генотипної структури популяції в поколіннях;
- 2) однієї з діаграм генетичної структури популяції в поколіннях;
- 3) і графіків, і діаграм, які дублюють один одного.

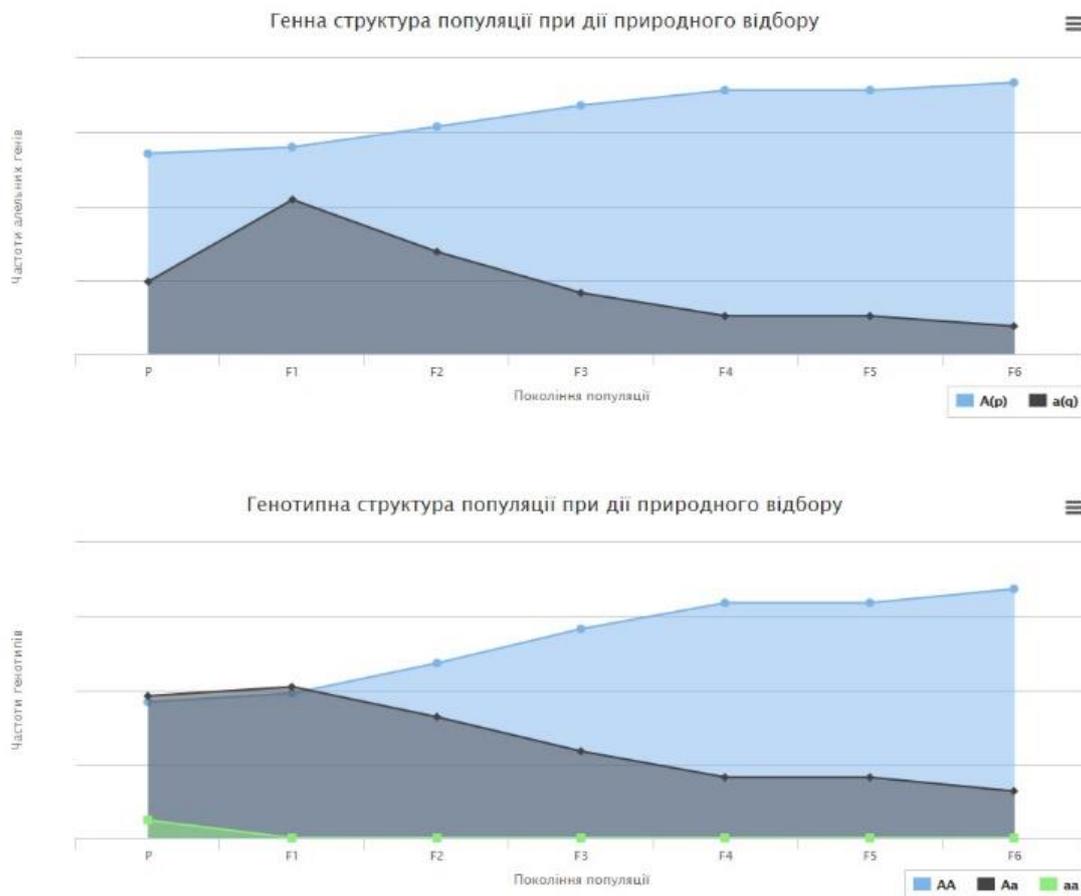


Рис. 4.8. Вигляд побудованих в автоматичному режимі графіків на веб-сторінці <http://mybio.education/mod/exp3/>.

Ускладнення завдання для учнів полягатиме у переформулюванні завдання № 13, а саме так: «На основі даних таблиці самостійно побудуйте графіки «Генна структура поколінь популяції, на яку діє природний відбір», «Генотипна структура поколінь популяції, на яку діє природний відбір» та стовпчасту діаграму «Генетична структура поколінь популяції, на яку діє природний відбір»».

Після самостійного складання графіків та діаграм учні натискають кнопку «Показати графіки» і порівнюють побудовані автоматично та власноруч графіки та діаграми. Відбувається їх обговорення та корекція.

Підкреслимо, що ускладнений варіант завдання потребує в декілька разів більше часу на виконання, порівняно з автоматичною обробкою даних, але тільки в такому випадку можна досягти в повній мірі мети навчального моделювання генетичної структури популяції та її поколінь при дії на них природного відбору.

Автором розроблено веб-сторінки для створення та дослідження моделей генетичної структури популяцій, у яких не дотримано такі умови достовірності закону рівноваги генних концентрацій, як наявність потоку генів та дрейфу генів – <http://mybio.education/mod/exp4/> <http://mybio.education/mod/exp5/> відповідно.

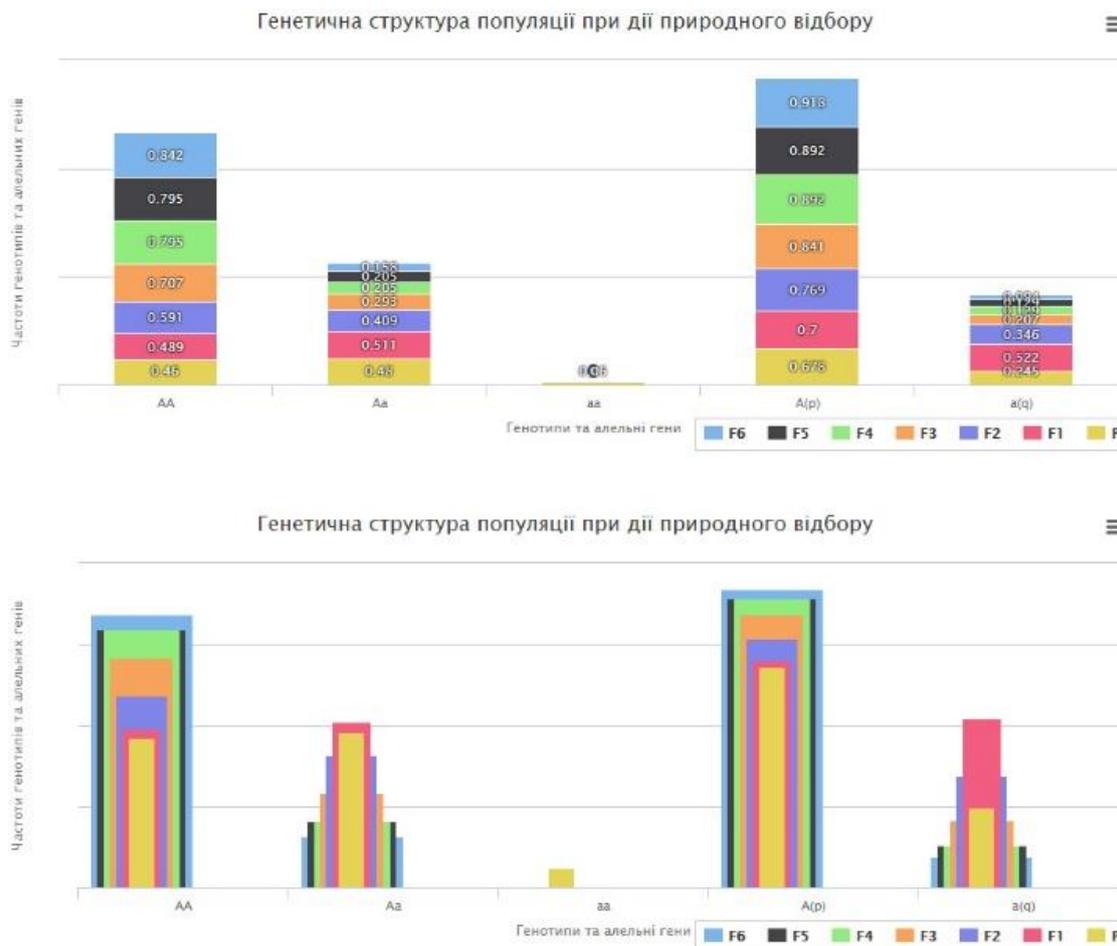


Рис. 4.9. Вигляд побудованих в автоматичному режимі діаграм на веб-сторінці <http://mybio.education/mod/exp3/>.

4.2.4 *Практичні роботи як організаційна форма навчання біології з формування підсистеми еволюційних знань.* Вище у пункті 4.1.2 були розглянуті питання організації проведення лабораторних робіт з формування системи знань про клітинний рівень організації життя. Продовжимо розмову щодо організації практичних робіт як форми навчання біології з формування системи еволюційних знань. Проблема представляється нам такою, що заслуговує на увагу, за декількох причин. Насамперед, різні аспекти організації лабораторного практикуму на уроках біології завжди були, є і будуть гострими для шкільної біологічної освіти. Так, із встановленням нових стандартів освіти змінюються підходи до формування ключових компетенцій учнів, переглядаються вимоги до засвоєваних школярами знань, вмінь та навичок. Оскільки лабораторний практикум є основним джерелом формування в учнів предметних вмінь та навичок і відкриває можливості для практичного застосування предметних знань, то з кожним роком питання організації лабораторних та практичних робіт на уроках біології набуває все більшої гостроти.

Крім того, в методиці навчання біології відкритим залишається питання щодо змісту та структури біологічних знань учнів, видів знань школярів, співвідношення теоретичного та емпіричного знання та ін.. Недостатньо дослідженою є проблема взаємозв'язку елементів системи знань з біології та навчальних умінь, у тому числі предметних та методологічних.

По-перше, слід зупинитися на сутності поняття «предметне знання». По-друге, визначити обсяг предметних знань, що засвоюються на лабораторному практикумі з біології у 11 класах. По-третє, розробити методику проведення лабораторного практикуму, яка дозволяє ефективно формувати в школярів систему предметних знань, а саме еволюційних та екологічних знань.

Що ж таке предметне знання? Так, за однією з класифікацій, все знання можна поділити на предметне та нормативне (методологічне). До предметних знань належать знання про явища та процеси, зафіксовані у спостереженні та експерименті (фактуальне знання, емпіричні закони та

гіпотези), а також закони будови, детермінації, розвитку та функціонування об'єкту (наукові закони, гіпотези та теорії). До нормативних (методологічних) знань відносять знання про розумові та предметно – знаряддеві пізнавальні операції здобуття, перевірки та побудови знання [247, с. 24–32]. Одразу вкажемо на те, що зміст подальшої розмови стосуватиметься методики формування предметних знань учнів з біології.

Розглянемо методику проведення парктичної роботи із вивчення критеріїв виду [305] (практична робота № 8 за програмою профільного рівня навчання біології).

Практична робота. Вивчення критеріїв виду.

Мета: ознайомитись із сутністю різних критеріїв виду та на основі цього дослідити можливість виділення універсального критерію виду.

Обладнання: кімнатні рослини різних видів (по 3 екземпляри), гербарії.

Робота виконується груповим методом.

Хід роботи:

Завдання для роботи у групах. Учні класу діляться на 3 групи.

1. Розгляньте морфологічні особливості запропонованих вам рослин (для кожної групи по одній рослині кожного виду). Результати спостережень занесіть до таблиці. По закінченню роботи обміняйтеся даними з іншими групами. Результати занесіть до таблиці:

Морфологічна особливість	Вид 1. Назва.			Вид 2. Назва.			Вид 3. Назва.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Листки									
<i>Форма</i>									
<i>Наявність черешка</i>									
<i>Опушеність</i>									
Квітка									
<i>Діаметр</i>									
<i>Кількість на квітконіжці</i>									
Пелюстки									
<i>Кількість</i>									
<i>Забарвлення</i>									
<i>Опушеність</i>									

Який висновок щодо морфологічної подібності рослин одного та різних видів можна зробити на підставі даних таблиці?

Завдання для всіх груп

2. Користуючись підручником та додатковою літературою, заповніть таблицю:

Критерій виду	Характерні ознаки критерію	Приклади
Морфологічний		
Фізіологічний		
Біохімічний		
Географічний		
Екологічний		
Генетичний		

3. Ознайомтеся з наведеними нижче фактами:

- у природі часто трапляються так звані види – двійники, які практично неможливо розрізнити за зовнішніми ознаками. Близько 5% всіх видів червів, комах, риб, земноводних є видами-двійниками;

- синтез амінокислоти лізину може здійснюватися різними шляхами серед дуже споріднених видів тварин. Водночас синтез аргініну та гістидину відбувається однаково у таких віддалених організмів, як *Esherichia coli* та *Neurospora*;

- у багатьох видів практично співпадають ареали. Наприклад, ареал кедрового стелюха (*Pinus rimula*) співпадає з ареалом берези Міддендорфа (*Betula middendorfi*). Разом з тим визначеність ареалу відсутня у деяких видів, що швидко розселюються (горобець міський), а для видів – космополітів ареал охоплює великі простори (дельфін косатка, деякі види дрозоділ);

- існують види, які не мають строгої екологічної приуроченості. Наприклад, синантропні види, кімнатні, культурні види рослин, свійські тварини;

- багато видів з родини Бобові мають 22 хромосоми. Водночас верба козяча має диплоїдне (38) і тетраплоїдне (76) число хромосом.

Дайте відповідь на питання:

1. Які критерії виду демонструють наведені вище факти?
2. Який критерій виду, на вашу думку, є найголовнішим? Чому?

У висновку обґрунтуйте можливість або неможливість виділення одного універсального критерію для характеристики виду.

Наведена вище практична робота проводиться за програмою профільного рівня навчання біології в темі «Популяційно-видовий рівень організації живої природи». З цього випливає, що робота, начебто, має відноситися до робіт екологічного, а не еволюційного змісту. Вважаємо і наполягаємо на тому, що, не зважаючи на місце цієї практичної роботи в структурі шкільної програми, вона характеризується еволюційним змістом. Керівною ідеєю при цьому є те, що, по-перше, популяція є елементарною еволюційною одиницею. По-друге, екологічний або близький до нього географічний критерій виду не є визначальним для віднесення організму до певного виду.

Розглянемо методичні особливості ще однієї роботи з еволюційним змістом, а саме практичної роботи № 15 [305].

Практична робота. Вивчення гомологічних та аналогічних органів, рудиментів і атавізмів.

Мета: на конкретних прикладах ознайомитися з явищами гомології, аналогії, існуванням рудиментарних та атавістичних органів, визначити причини появи у процесі еволюції та в онтогенезі гомологічних, аналогічних, рудиментарних та атавістичних органів.

Обладнання: скелет передньої кінцівки рукокрилих, крота, собаки, kota, примата, таблиці, що демонструють палеонтологічний ряд еволюції предків коня, окремі рудименти тварин, наприклад, кінцівки пітона, скелет та кінцівки кита.

Робота виконується фронтальним або груповим методом.

Хід роботи:

1. Ознайомтесь із визначенням понять:

рудиментарні органи – недорозвинені органи тварин і людей, які мали їхні далекі предки у розвиненому стані. В процесі історичного розвитку основні функції органів, що стали рудиментарними, були втрачені повністю або частково. Іноді рудиментарні органи здатні виконувати якусь допоміжну функцію;

атавізми – несподівана поява в окремих організмів ознак, що були властиві їхнім далеким предкам. Атавізми найчастіше виникають внаслідок генетичних причин: розщеплення, рекомбінацій, мутацій тощо;

гомологічні органи – органи, подібні за будовою, розміщенням в організмі, розвиваються з однакових за походженням вихідних зачатків. Гомологічні органи можуть виконувати однакові або різні функції, різнитися за зовнішньою будовою;

аналогічні органи – органи, які мають зовнішню подібність у організмів різних систематичних груп, але походять із різних вихідних зачатків і мають різну будову.

2. Користуючись підручником та додатковою літературою, з наведеного переліку органів рослин та тварин визначте рудименти, атавізми, аналогічні та гомологічні органи. Результати занесіть до таблиці: апендикс, вушні м'язи у людини, м'язи підшви у людини, м'язи долоні у людини, крижі, підвищена волосатість у людини, зуби мудрості, лапа кішки, плавець кита, нога коня, крило летючої миші, кінцівки пітона, очі сліпака, вусики гороху та листя гороху, кореневище конвалії та бульба картоплі, голки барбарису та голки глоду, крило метелика і птаха, кінцівки крота та капустянки, вусики винограду та колючки кактуса, хвостовий придаток у людини, незарослі зяброві щілини у людини, додаткові молочні залози у людини, м'язи волосяних цибулин, надмірна кількість рецепторів на носовій перетинці у деяких людей, третя повіка у людей.

Рудименти	Атавізми	Аналогічні органи	Гомологічні органи

Вивчення гомологічних органів (1 група)

1. Розгляньте скелет передньої кінцівки різних ссавців. Визначте, яким ссавцям вони належать та до якого середовища існування пристосовані ці тварини. З яких елементів складається кінцівка у цих хребетних тварин? Про що свідчить загальний план будови їх передньої кінцівки?

2. Користуючись заповненою у завданні 2 таблицею, на конкретних прикладах поясніть, яке походження мають гомологічні органи. Результати оформіть у вигляді таблиці:

Гомологічні органи	Походження

3. Поясніть причини виникнення гомологічних органів, використовуючи поняття «еволюція», «напрямки еволюції», «ідіоадаптація», «дивергенція».

Вивчення аналогічних органів (2 група)

1. Користуючись заповненою у завданні 2 таблицею, на конкретних прикладах поясніть, яке походження мають аналогічні органи. Результати оформіть у вигляді таблиці:

Аналогічні органи	Походження

2. Поясніть причини виникнення аналогічних органів, використовуючи поняття «еволюція», «напрямки еволюції», «ідіоадаптація», «конвергенція».

Вивчення рудиментів (3 група)

1. Розгляньте еволюційний ряд предків коня (за підручником) та ознайомтеся із додатковою інформацією. Коротко охарактеризуйте зміни в зовнішній будові предків коня та поясніть їх причини.

Еволюція коней

Історія коней нараховує 60 млн. років. Саме тоді у вологих та густих лісах Америки жив еогіпус, величиною з невелику собаку. Ні зростом, ні аркоподібною спиною, ні довгим хвостом ця тварина не нагадувала коня. Звичайно, в нього не було копит – були пальці: по 4 на передніх та по 3 на задніх лапах. Зуби в нього були пристосовані не для перетирання трави, а для щипання та перетирання листя молодих пагонів.

Анхітерії – нащадки еогіпусів – були крупнішими, розміром з сучасного поні. У них теж не було копит, але пальців на кожній нозі було 3.

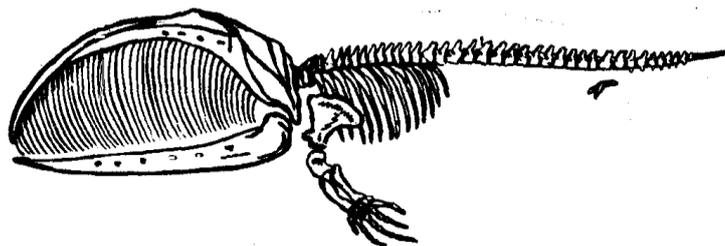
25 мільйонів років тому на нашій планеті відбулася подія, що сильно вплинула на тваринний світ: почали з'являтися безлісі простори з сухою, достатньо твердим ґрунтом, і частина тварин мала пристосовуватися до цих умов.

Змінилось ще декілька предків дикого коня, перш ніж з'явилися коні з «переважанням одного пальця». Ними стали гіппаріони. Гіппаріони були дуже багаточисельними, але копит у них ще не було. З'явилися вони, як і багато інших видів, в Америці, а потім, через Аляску та перешийок, який з'єднував тоді Америку та Євразію, проникли у Європу, Азію, і навіть в Африку. До цього часу не розв'язане питання, чи є гіппаріони прямими предками коней чи це бокова гілка. Але так чи інакше вони були ближче до сучасних коней, чим будь-хто. А приблизно 5 мільйонів років тому з'явилися пліогіппуси – однопалі коні.

На Землі знову стали відбуватися зміни в саванах, де в надлишку жили гіппаріони, сильно зволожений ґрунт, на якому росли соковиті рослини, змінився сухим степом. Гіппаріони стали вимирати, оскільки їх витісняли пліогіппуси. Пліогіппуси швидко заселили Європу, Азію та Африку. Так, «рядом поступових змін ми доходимо до однопалого коня, від форм, що спирались на землю з щільними, наскрізь кістковими циліндрами, ми переходимо до форм, у яких...ці 3 тонкі щільні циліндри замінюються однією полою трубкою всередині, тобто самим вигідним пристосуванням, що поєднувало легкість та дешевизну харчування з великою міцністю», – писав В. О. Ковалевський, якому світ зобов'язаний знаннями історії сучасного коня.

2. Розгляньте малюнок скелета кита та задніх кінцівок пітона.

Скелет кита та задніх кінцівок пітона



Які гіпотези щодо походження китоподібних ви можете висунути? Поясніть, чому китоподібних відносять до вторинноводних тварин, тобто тих, що жили на суші в давнину, а потім перейшли до життя у воді. У зв'язку з чим кінцівки пітона та кита втратили своє значення?

3. Користуючись заповненою у завданні 2 таблицею, на конкретних прикладах поясніть, яку функцію виконували у предків людини рудименти. Результати оформіть у вигляді таблиці:

Рудимент	Виконувана функція у предків людини

Вивчення атавізмів (4 група)

1. Користуючись заповненою у завданні 2 таблицею, на конкретних прикладах поясніть, яку функцію виконували у предків людини атавістичні органи. Результати оформіть у вигляді таблиці:

Атавістичний орган	Виконувана функція у предків людини

2. Поясніть причини зникнення у сучасної людини цих органів та їх появу в онтогенезі окремих представників виду *Homo sapiens*.

По завершенню виконання завдань, учнів обговорюють результати самостійної роботи, обмінюються ними, виконуючі відповідні записи у зошитах.

У висновку поясніть практичне значення для людини вивчення рудиментів, атавізмів, явищ гомології та аналогії в органічному світі.

РЕЗІЮМЕ

Монографічне дослідження є результатом багаторічної роботи автора над проблемою формування в школярів системи знань із загальної біології. Напрямами реалізації завдань роботи був пошук методологічних підвалин, обґрунтування теоретичних основ дослідження, а також розробка конкретно-методичних шляхів їх втілення в практику роботи загальноосвітньої школи.

У результаті проведеного дослідження були узагальнено існуючі підходи до розуміння сутності категорій «система», «систематичність», «системність», «структура», «ієрархія» відносно наукового та навчального знання, обґрунтовано введення поняття «філо- та онтогенез наукового знання», «вертикальна та горизонтальна ієрархія системи навчального знання».

На основі проаналізованих літературних джерел філософсько-методологічного, дидактичного та конкретно-методичного змісту, навчальних програм було сформульоване як робоче наступне визначення поняття «система знань старшокласників із загальної біології» – це педагогічно адаптована система сучасних наукових знань про основні і загальні для всіх організмів закономірності життєвих явищ. Авторським доробком є виділення основних якостей системи знань із загальної біології, якими є автономність елементів; аксіологічність; багаторівневність; відкритість; генералізованість; еволюція; емерджентність; керованість; структурованість; фундаментальність; цілісність цілого.

З'ясовано, що серед видів знань із навчальної дисципліни, які вченими поділяються на блок основних та блок допоміжних знань, провідну роль у процесі формування системи знань із загальної біології відіграють методологічні знання. Останні в свою чергу поділяються на предметне та нормативне знання, яке одночасно є і змістом, і засобом пізнавальної діяльності.

У роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих підходів до розуміння сутності методологічних знань як фундаментального елементу системи знань, їх функцій, структури, критеріїв сформованості.

Червоною стрічкою у здобутих результатах дослідження є ідея про те, що системотвірним фактором системи знань школярів із загальної біології є базова фундаментальна наука, а наукова теорія є системотвірним елементом усієї сукупності різнорівневого знання загальнобіологічного змісту.

У роботі представлено результати роботи автора по створенню методики формування в школярів системи знань із загальної біології, основними елементами якої є наукові факти, закони та біологічні теорії. Особливу увагу у дослідженні та розробленій методиці автор приділив методичним тонкощам формування генетико-еволюційних знань, а саме закону рівноваги генних концентрацій. Багаторічний досвід роботи із старшокласниками засвідчив, що саме він є обов'язковою перехідною ланкою при формуванні підсистем знань генетичного, екологічного та еволюційного змісту. Саме цей закон, на думку автора, є цементуючою, системотвірною одиницею у формуванні системи знань із загальної біології.

Автор не претендує на повноту висвітлення порушеної проблематики на сторінках монографії, готовий до конструктивної дискусії та плідної співпраці в галузі методики навчання біології як в основній, так і старшій школі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексашина И. Ю. Интеграция как методология естественно-научного образования / И. Ю. Алексашина // Биология в школе. – 2013. – № 4. – С. 23–27.
2. Алексеева Е. В. Структурно-логические модели по биологии в условиях формирования универсальных учебных действий / Е. В. Алексеева // Биология в школе. – 2015. – № 1. – С. 60–66.
3. Алексюк А. М. Педагогіка вищої освіти України. Теорія. Практика / А. М. Алексюк. – Київ : Либідь, 1998. – 560 с.
4. Альтшуллер Ю. Б. Возможности интеллектуального развития школьников в связи с формированием методологических и прикладных знаний в процессе обучения физике [Электронный ресурс] / Ю. Б. Альтшуллер. – Режим доступа: <http://nature.web.ru:8002/db/msg.html?mid=1196937> (дата обращения: 7.04.2017).
5. Андреева Н. Д. Методике преподавания естествознания в вузе – 100 лет / Н. Д. Андреева // Биология в школе. – 2007. – № 3. – С. 15–18.
6. Андреева Н. Д. О Вере Михайловне Корсунской / Н. Д. Андреева, Т. В. Васильева // Биология в школе. – 2006. – № 8. – С. 21–23.
7. Андреева Н. Д. Отражение тенденций развития науки в содержании биологического образования / Н. Д. Андреева, И. Ю. Азизова. – Биология в школе. – 2010. – № 1. – С. 37–42.
8. Андреева Н. Д. Ученый – методист Н. А. Рыков / Н. Д. Андреева, М. М. Гаджиев // Биология в школе. – 2006. – № 5. – С. 13–15.
9. Арбузова Е. Н. Общая методика обучения биологии : учеб. пособие / Е. Н. Арбузова. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2013. – 332 с.
10. Арцишевська М. Р. Теоретико-методичні засади інтеграції знань про суспільство у змісті шкільної освіти [Електронний ресурс] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.09 / М. Р. Арцишевська. – Київ, 2000. – 20 с. – Режим доступа: <https://avtoreferat.net/content/view/10601/52/> (дата звернення: 7.04.2017).
11. Афанасьєва К. С. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія / К. С. Афанасьєва, С. Р. Рушковський. – Харків : Основа, 2012. – 189 с.
12. Бабаевская Н. Г. Роль и место методологических знаний в структуре раздела «Общая биология» [Электронный ресурс] / Н. Г. Бабаевская // Наука и современность. – 2010. – № 6-1. – С. 253–259. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/rol-i-mesto-metodologicheskikh-znaniy-v-strukture-razdela-obschaya-biologiya> (дата обращения: 7.04.2017).
13. Баев А. А. Современная биология как социальное явление / А. А. Баев // Вопросы философии. – 1981. – № 3. – С. 17–26.
14. Баженов Л. Б. Строение и функции естественно-научной теории / Л. Б. Баженов. – Москва : Наука, 1978. – 232 с.
15. Базыкин А. Д. Моделирование биологических процессов / А. Д. Базыкин // Биология в школе. – 1988. – № 4. – С. 5–9.
16. Байбагисова З. Э. Формирование у учащихся методологических знаний при обучении химии : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / З. Э. Байбагисова ; ИСМО РАО. – Москва, 2002. – 19 с.
17. Балавадзе М. П. Формирование научного мировоззрения в средней школе / М. П. Балавадзе. – Тула : Изд-во Тул. пед. ун-та, 1974. – 174 с.
18. Балан П. Г. Біологія : підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. : рівень стандарту, академ. рівень / П. Г. Балан, Ю. Г. Вервес. – Київ : Генеза, 2011. – 304 с.
19. Балан П. Г. Біологія : підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. : рівень стандарту, академ. рівень / П. Г. Балан, Ю. Г. Вервес, В. П. Поліщук. – Київ : Генеза, 2010. – 294 с.
20. Барабанщиков Б. И. Сборник задач по генетике / Б. И. Барабанщиков, Е. А. Сапаев. – Казань : Изд-во Казанского университета, 1988. – 192 с.
21. Барна І. Загальна біологія : зб. задач / Іван Барна. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2006. – 736 с.

22. Барна І. В. Біологія. Задачі та розв'язки : навч. посібник / І. В. Барна, М. М. Барна, Л. С. Барна. – Тернопіль: Мандрівець, 2005. – 384 с.
23. Барна І. В. Методика розв'язування задач : навч. посібник / І. В. Барна. – Тернопіль : Мандрівець, 2009. – 216 с.
24. Белов И. Г. К юбилею В. А. Тетюрева / И. Г. Белов // Биология в школе. – 1980. – № 1. – С. 48.
25. Беседа с профессором А. Ф. Лосевым // Вопросы философии. – 1984. – № 1. – С. 144–149.
26. Биологический энциклопедический словарь / [гл. ред. М. С. Гиляров]. – 2-е изд. – Москва : Сов. энциклопедия, 1989. – 864 с.
27. Білявський Г. О. Практикум із загальної екології : навч. посібник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй. – Київ : Либідь, 1997. – 160 с.
28. Біологічний словник / за ред. К. М. Ситника. – 2-е вид. – Київ : Головна редакція УРЕ, 1986. – 680 с.
29. Біологія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навч.-метод. посібник. – Київ : Літера ЛТД, 2006. – 656 с.
30. Біологія : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закладів / Н. Ю. Матяш [та ін.]. – Київ : Генеза, 2016. – 288 с.
31. Біологія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів / А. Степанюк, Н. Міщук, Т. Гладюк [та ін.]. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2009. – 288 с.
32. Біологія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів / Т. І. Базанова, Ю. В. Павіченко, А. М. Тіткова [та ін.]. – Харків : Світ дитинства, 2009. – 296 с.
33. Біологія. 9 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закладів / С. В. Страшко, Л. Г. Горяна, В. Г. Білик, С. А. Гнатенко. – Київ : Грамота, 2009. – 290 с.
34. Блауберг И. В. Становление и сущность системного подхода / И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин. – Москва : Наука, 1973. – 272 с.
35. Богданов Н. А. Александр Иванович Никишов. К юбилею учителя, методиста-биолога / Н. А. Богданов // Биология в школе. – 2013. – № 6. – С. 78–79.
36. Богданова О. Методологічні основи роботи вчителя біології / О. Богданова // Біологія і хімія в школі. – 1999. – № 5. – С. 16–18.
37. Бондаревская Е. В. Парадигма как методологический регулятив педагогической науки и инновационной практики / Е. В. Бондаревская // Педагогика. – 2007. – № 6. – С. 3–10.
38. Бордовская Н. В. Системная методология современных педагогических исследований / Н. В. Бордовская // Педагогика. – 2005. – № 5. – С. 21–29.
39. Бородин П. М. Модельные эксперименты по генетике и эволюции популяций / П. М. Бородин // Биология в школе. – 1987. – № 1. – С. 49–53.
40. Будний Б. Є. Фундаментальні поняття в структурі шкільного курсу фізики / Б. Є. Будний // Педагогіка і психологія. – 1995. – № 1. – С. 72–81.
41. Булаева К. Б. Изучение закона Харди–Вайнберга в курсе общей биологии / К. Б. Булаева // Биология в школе. – 1977. – № 6. – С. 46–49.
42. Бурименко В. И. Основы теории систем и системного анализа : учеб. пособие / В. И. Бурименко. – Одесса : Optimum, 2005. – 135 с.
43. Буринська Н. Організація і проведення педагогічного експерименту / Н. Буринська // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2012. – № 2. – С. 32–34.
44. Бургин М. С. Аксиологические аспекты научных теорий / М. С. Бургин, В. И. Кузнецов. – Київ : Наукова думка, 1991. – 184 с.
45. Василенко В. А. Цінність і оцінка / В. А. Василенко. – Київ : Наук. думка, 1964. – 160 с.
46. Васьківська Г. Людина як об'єкт наукового пізнання у контексті суб'єктивного досвіду старшокласників / Г. Васьківська // Молодь і ринок. – 2012. – № 2 (85). – С. 67–71.
47. Васьківська Г. Формування системи знань про людину в учнів старшої школи в процесі роботи з навчальною книгою [Електронний ресурс] / Г. Васьківська // Освіту регіону. –

2012. – № 4. – С. 220–224. – Режим доступу: <http://social-science.com.ua/article/928> (дата звернення: 7.04.2017).

48. Васьківська Г. О. Конструювання змісту навчального посібника «людинознавство» як засобу формування системи знань про людину в учнів старшої школи [Електронний ресурс] / Г. О. Васьківська // Проблеми сучасного підручника : зб. наук. праць. – Київ, 2014. – Вип. 14. – С. 109–120. – Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=psp_2014_14_14 (дата звернення: 7.04.2017).

49. Васьківська Г. О. Метапредметний підхід до формування системи знань про людину як один із принципів сучасного підручникотворення [Електронний ресурс] / Г. О. Васьківська // Проблеми сучасного підручника : зб. наук. праць. – Київ, 2012. – Вип. 12. – С. 42–50. – Режим доступу: http://lib.iitta.gov.ua/106536/1/2012_PSP_VGO.pdf (дата звернення: 7.04.2017).

50. Васьківська Г. О. Роль і значення методології пізнання у процесі формування системи знань в учнів старшої школи [Електронний ресурс] / Г. О. Васьківська // Наукові записки [Ніжинського держ. ун-ту ім. Миколи Гоголя]. Серія «Психолого-педагогічні науки». – 2012. – № 5. – С. 30–35. – Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Nzsp_2012_5_7 (дата звернення: 7.04.2017).

51. Васьківська Г. О. Фундаменталізація змісту освіти у старшій школі: теорія і практика / Г. О. Васьківська // Рідна школа. – 2012. – № 3. – С. 25–30.

52. Введение в научное исследование по педагогике : учеб. пособ. для студ. пед. ин-тов / Ю. К. Бабанский, В. И. Журавлев, В. К. Розов и др.; под ред. В. И. Журавлева. – Москва : Просвещение, 1988. – 239 с.

53. Векірчик К. М. Практикум з мікробіології : навч. посібник / К. М. Векірчик – Київ : Либідь, 2001. – 144с.

54. Величко Л. Методична система навчання хімії: перезавантаження / Л. Величко // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2013. – № 3. – С. 7–13.

55. Величко Л. П. Методологічні орієнтири проектування змісту навчання хімії в основній школі / Л. П. Величко // Біологія і хімія в рідній школі. – 2014. – № 1. – С. 34–36.

56. Верзилин Н. М. Общая методика преподавания биологии / Н. М. Верзилин, В. М. Корсунская. – Москва : Просвещение, 1983. – 384 с.

57. Владимирцева С. А. О методике обучения математике как научной области / С. А. Владимирцева // Педагогика. – 2008. – № 3. – С. 28–34.

58. Вольф К.-Ф. Предметы размышлений в связи с теорией уродов / К.-Ф. Вольф. – Ленинград : Наука, 1973. – 315 с.

59. Воронина Г. А. Биологическое образование в школах США / Г. А. Воронина // Биология в школе. – 2009. – № 8. – С. 32–34.

60. Воронина Г. А. О развитии школьного биологического образования за рубежом / Г. А. Воронина // Биология в школе. – 2011. – № 8. – С. 45–48.

61. Воронина Г. А. Цикл естественно-научного образования в старших классах США и КНР / Г. А. Воронина // Биология в школе. – 2009. – № 5. – С. 34–35.

62. Воронов А. Г. Биогеография мира : учеб. для студ. геогр. спец. ун-тов / А. Г. Воронов, Н. Н. Дроздов, Е. Г. Мяло. – Москва : Высш. школа, 1985. – 272 с.

63. Воронцов Н. Н. К юбилею Юрия Ивановича Полянского / Н. Н. Воронцов, А. В. Яблокова // Биология в школе. – 1979. – № 2. – С. 30–32.

64. Всесвятский Б. В. Системный подход к биологическому образованию в средней школе / Б. В. Всесвятский. – Москва : Просвещение, 1985. – 143 с.

65. Гачев Г. Д. О возможном содействии гуманитарных наук развитию естественных / Г. Д. Гачев // *Методологические проблемы взаимодействия общественных, естественных и технических наук.* – Москва, 1981. – С. 109–125.
66. Гегамян Г. В. Ламарк, Вернадский и биосферология / Г. В. Гегамян // *Природа.* – 1981. – № 9. – С. 78–81.
67. Герасимов И. Г. Структура научного исследования / И. Г. Герасимов. – Москва : Мысль, 1985. – 215 с.
68. Гершунский Б. С. Прогностические методы в педагогике / Б. С. Гершунский. – Киев : Вища школа, 1994. – 207 с.
69. Гигишвили Г. В. Принцип дополнительности и эволюция природы / Г. В. Гигишвили // *Вопросы философии.* – 1997. – № 4. – С. 72–85.
70. Гірний О. І. Антропоцентричний підхід у формуванні змісту шкільного природознавства / О. І. Гірний, М. В. Зінкевич // *Педагогіка і психологія.* – 2000. – № 2. – С. 19–24.
71. Голдстейн М. Как мы познаем. Исследование процесса научного познания / М. Голдстейн, И. Голдстейн. – Москва : Знание, 1984. – 256 с.
72. Голин Г. М. Образовательные и воспитательные функции методологии научного познания в школьном курсе физики : автореф. дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / Г. М. Голин ; Ленингр. гос. пед. ин-т им. А. И. Герцена. – Ленинград, 1986. – 31 с.
73. Голойда Г. Розв'язування генетичних задач : посіб. для вчителя / Галина Голойда. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2003. – 32 с
74. Гончаренко С. Український педагогічний словник / С. Гончаренко. – Київ : Либідь, 1997. – 375 с.
75. Гончаренко С. У. Багаторівневе структурування і методичні особливості його застосування у навчанні фізики / С. У. Гончаренко, Т. М. Фролова // *Педагогіка і психологія.* – 1996. – № 2. – С. 41–51.
76. Гончаренко С. У. Методика як наука / С. У. Гончаренко. – Хмельницький : ХГПК, 2000. – 30 с.
77. Гончаренко С. У. Методологические и теоретические основы формирования у учащихся естественнонаучной картины мира : автореф. дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук в форме науч. докл. : спец. 13.00.01 ; 13.00.02 / С. У. Гончаренко. – Киев, 1989. – 56 с.
78. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження. Методологічні поради молодим науковцям / С. У. Гончаренко. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2008. – 278 с.
79. Гончаренко С. У. Проблема підвищення теоретичного рівня освіти / С. У. Гончаренко, Н. В. Пастернак // *Педагогіка і психологія.* – 1998. – № 2. – С. 16–29.
80. Гончаренко С. У. Фундаменталізація професійної освіти як дидактичний принцип / С. У. Гончаренко // *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія.* – 2008. – № 2. – С. 87–91.
81. Горский Д. П. Проблемы общей методологии наук и диалектической логики / Д. П. Горский. – Москва : Мысль, 1966. – 374 с.
82. Грабарь М. И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы / М. И. Грабарь, К. А. Краснянская. – Москва : Педагогика, 1977. – 136 с.
83. Грант В. Эволюция организмов / В. Грант. – Москва : Мир, 1980. – 410 с.
84. Гребнев И. В. Дидактика предмета как контекстно зависимая теория обучения / И. В. Гребнев // *Педагогика.* – 2008. – № 2. – С. 27–32.
85. Гребнев И. В. Дидактика предмета и методика обучения / И. В. Гребнев // *Педагогика.* – 2003. – № 1. – С. 14–21.
86. Гризун Л. Е. Комп'ютерні динамічні моделі як інструмент підтримки дослідницького підходу в навчанні математики старшокласників / Л. Е. Гризун // *Комп'ютер у школі та сім'ї.* – 2012. – № 7. – С. 10–14.
87. Грин Н. Биология : в 3 т. Т. 2 / Н. Грин, У. Стаут Д. Тейлор ; под ред. Р. Сопера ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1990. – 328 с.

88. Грин Н. Биология : в 3 т. Т. 3 / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор ; под ред. Р. Сопера ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1990. – 376 с.
89. Грицай Н. Б. Система методичної підготовки майбутніх учителів біології в педагогічних університетах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / Н. Б. Грицай ; Ін-т педагогіки НАПН України. – Київ, 2016. – 42 с.
90. Грушко И. М. Основы научных исследований / И. М. Грушко, В. М. Сиденко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Вища школа, Изд-во при Харьков. ун-те, 1983. – 224 с.
91. Грушко И. М. Основы научных исследований / И. М. Грушко, В. М. Сиденко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Вища школа, 1983. – 224 с.
92. Грязнов Б. С. О взаимоотношении проблем и теорий / Б. С. Грязнов // Природа. – 1977. – № 4. – С. 60–68.
93. Гуржій А. М. Взаємозв'язок інформації суспільства й системи освіти / А. М. Гуржій, В. В. Лапінський // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2015. – № 8. – С. 5–9.
94. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении: логико-психологические проблемы построения учебных предметов / В. В. Давыдов. – Москва : Пед. об-во России, 2000. – 480 с.
95. Давыдов В. В. Научное обеспечение образования в свете нового педагогического мышления / В. В. Давыдов // Новое педагогическое мышление : сб. ст. / под ред. А. В. Петровского. – Москва : Педагогика, 1989. – С. 64–89.
96. Данилов М. А. Основные проблемы методологии и методики педагогических исследований / М. А. Данилов // Сов. педагогика. – 1969. – № 5. – С. 70–87.
97. Даринский А. В. Взаимосвязь курсов педагогики и предметных методик в педвузах / А. В. Даринский // Педагогика. – 2001. – № 8. – С. 17–20.
98. Дашкевич И. С. Генетика популяций. Закон Харди–Вайнберга / И. С. Дашкевич // Биология в школе. – 2006. – № 4. – С. 13–16.
99. Дегтярьова Н. І. Лабораторні заняття та екскурсії із загальної біології / Н. І. Дегтярьова. – Київ : Рад. Школа. – 1976. – 192 с.
100. Добрецова Н. В. «Его звание – учитель» [И. Д. Зверев] / Н. В. Добрецова // Биология в школе. – 2003. – № 1. – С. 14–16.
101. Добротина Н. А. Некоторые особенности соотношения теории и эксперимента в современном биологическом познании (На примере развития иммунологии) / Н. А. Добротина, В. Л. Смирнова // Методологические проблемы современной науки : межвуз. тем. сб. науч. тр. / Горьковский гос. ун-т. – Горький, 1986. – С. 81–92.
102. Дубинин Н. П. Революционные ситуации в биологии и их закономерности / Н. П. Дубинин // Взаимодействие методов естественных наук в познании : сб. статей / отв. ред. Р. С. Карпинская. – Москва, 1976. – С. 18–21.
103. Дуков М. В. Исторические обзоры в курсе физики средней школы / М. В. Дуков. – Москва : Просвещение, 1983. – 161 с.
104. Елисеев Э. П. Потоки идей и закономерности развития естествознания / Э. П. Елисеев, Ю. В. Сачков, Н. В. Беляев. – Москва : Наука, 1982. – 300 с.
105. Ермаков А. С. Особенности преподавания биологии в Великобритании / А. С. Ермаков, Д. С. Ермаков // Биология в школе. – 2011. – № 1. – С. 38–42.
106. Ефименко В. Ф. Методологические вопросы школьного курса физики / В. Ф. Ефименко. – Москва : Педагогика, 1976. – 224 с.
107. Заблоцька О. Використання міжпредметних зв'язків з метою формування наукового світогляду учнів / О. Заблоцька // Біологія хімія в школі. – 2003. – № 1. – С. 33–38.
108. Загальна методика навчання біології : навч. посіб. для ВНЗ / за ред. І. В. Мороза. – Київ : Либідь, 2006. – 590 с.
109. Загвязинский В. И. Методология и методика дидактического исследования / В. И. Загвязинский. – Москва : Педагогика, 1982. – 160 с.
110. Загороднюк В. П. Целеполагание в практике, культуре, познании / В. П. Загороднюк. – Киев : Наук. думка, 1991. – 172 с.

111. Загороднюк В. П. Цель научного познания / В. П. Загороднюк. – Киев : Наук. думка, 1984. – 119 с.
112. Закон України «Про загальну середню освіту» від 13.05.1999 № 651-XIV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/651-14> (дата звернення: 7.04.2017).
113. Збірник задач і вправ з біології: навч. посібник / А. Д. Тимченко, Ю. І. Бажора, Л. Г. Кириченко та ін. ; за ред. А. Д. Тимченка. – Київ : Вища школа, 1992. – 391 с.
114. Зверев И. Д. Методика преподавания биологии: исторический очерк / И. Д. Зверев, Д. И. Трайтак // Биология в школе. – 1987. – № 5. – С. 22–26.
115. Зверев И. Д. Общая методика преподавания биологии: пособ. для учителя / И. Д. Зверев, А. Н. Мягкова. – Москва : Просвещение, 1985. – 191 с.
116. Зеликман А. Л. Практикум по зоологии беспозвоночных / А. Л. Зеликман. – Москва : Высшая школа, 1969. – 336 с.
117. Злобін Ю. А. Загальна екологія : навч. посібник / Ю. А. Злобін, Н. В. Кочубей. – Суми : Університетська книга, 2003. – 416 с.
118. Зорина Л. Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников / Л. Я. Зорина. – Москва : Педагогика, 1978. – 127 с.
119. Зорина Л. Я. Отражение идей самоорганизации в содержании образования / Л. Я. Зорина // Педагогика. – 1996. – № 4. – С. 105–109.
120. Ильин В. В. Критерии научности знания / В. В. Ильин. – Москва : Высшая школа, 1989. – 128 с.
121. Ильченко В. Р. Модернизация содержания образования как национальная проблема / В. Р. Ильченко, К. Ж. Гуз // Педагогика. – 2011. – № 4. – С. 3–8.
122. Ильченко В. Р. Перекрестки физики, химии и биологии : пособ. для учащихся / В. Р. Ильченко. – Москва : Просвещение, 1986. – 174 с.
123. Ильченко В. Р. Формирование естественнонаучного миропонимания школьников: кн. для учителя / В. Р. Ильченко. – Москва : Просвещение, 1993. – 192 с.
124. Инге–Вечтомов С. Г. Зачем нам (наука) биология? Или зачем нам наука (биология)? / С. Г. Инге–Вечтомов // Биология в школе. – 2011. – № 9. – С. 4–9.
125. Ительсон Л. Б. Математические и кибернетические методы в педагогике / Л. Б. Ительсон. – Москва : Просвещение, 1964. – 248 с.
126. Иванова О. Ю. Педагогічні умови забезпечення якості освіти старшокласників ліцею в особистісно-орієнтованій системі навчання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.09 / О. Ю. Иванова ; Криворізький держ. пед. ун-т. – Кривий Ріг, 2008. – 22 с.
127. Иванців О. Я. Підготовка студентів біологічних факультетів університетів до педагогічної діяльності в процесі вивчення фахових дисциплін : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 / О. Я. Иванців ; Ін-т педагогіки АПН України. – Київ, 2000. – 22 с.
128. Кантор И. М. Понятийно-терминологическая система педагогики: Логико-методологические проблемы / И. М. Кантор. – Москва : Педагогика, 1980. – 158 с.
129. Карпинская Р. С. Социобиология: критический анализ / Р. С. Карпинская, С. А. Никольский. – Москва : Мысль, 1988. – 204 с.
130. Карпинская Р. С. Теория и эксперимент в биологии: мировоззренческий аспект / Р. С. Карпинская. – Москва : Наука, 1984. – 161 с.
131. Карсова И. С. Моделирование элективного компонента предпрофильного и профильного обучения по физике в основной и средней школе [Электронный ресурс] / И. С. Карсова. Р. Я. Симонян. – Режим доступа: <http://fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200700205> (дата обращения: 8.04.2017).
132. Карцева И. Д. К юбилею Н. А. Рыкова / И. Д. Карцева // Биология в школе. – 1980. – № 3. – С. 47.
133. Кедров Б. М. Взаимосвязь общественных, естественных и технических наук / Б. М. Кедров, П. В. Смирнов, Б. Г. Юдин // Природа. – 1981. – № 1. – С. 2–7.

134. Кедров Б. М. О современной классификации наук / Б. М. Кедров // Вопросы философии. – 1980. – № 10. – С. 85–103.
135. Ким А. И. Хромосомная теория наследственности / А. И. Ким // Биология в школе. – 2006. – № 1. – С. 3–7.
136. Кириленко Г. Г. О соотношении ценностного и научного способов духовного освоения мира / Г. Г. Кириленко, Е. В. Шевцов // Творчество и социальное познание : сб. науч. тр. / под ред. А. М. Коршунова. – Москва, 1982. – С. 132–153.
137. Кириленкова В. Н. Изучение темы «Генетика» / В. Н. Кириленкова, О. Ю. Кишинская // Биология в школе. – 2006. – № 7. – С. 24–27.
138. Князева Е. Н. Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе / Е. Н. Князева // Вопросы философии. – 1998. – № 4. – С. 138–143.
139. Козленко О. Практична робота з молекулярної біології за комп'ютерною програмою / О. Козленко // Біологія і хімія в школі. – 2003. – № 6. – С. 15–17.
140. Колесникова И. А. Педагогические цивилизации и их парадигмы / И. А. Колесникова // Педагогика. – 1995. – № 6. – С. 85–89.
141. Комарова Е. В. Методологические особенности задач на моногибридное скрещивание / Е. В. Комарова // Біологія і хімія. – 2016. – № 8. – С. 26–32.
142. Комарова Е. В. Система знаний старшеклассников по общей биологии и ее качества / Е. В. Комарова // Современные тенденции развития науки и технологий : науч. сб. по матер. XXI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Белгород, 30 декабря 2016 г.). – Белгород, 2016. – Вып. 12, ч. 8. – С. 61–63.
143. Комарова Е. В. Учебная модель генетической структуры популяции и эксперименты с ней / Е. В. Комарова // Биология в школе. – 2016. – № 6. – С. 52–60.
144. Комарова О. В. Аксіологізація шкільної біологічної освіти як фактор формування системи знань старшокласників / О. В. Комарова // Матер. Всеукр. науч.-практ. конф. з міжнар. участю, присвяченої 120 річниці з дня народження Миколи Олександровича Бернштейна (м. Вінниця, 16–17 вересня 2016 р.) : у 2 т. – Вінниця, 2016. – Т. 1. – С. 153–155.
145. Комарова О. В. Короткий тлумачний словник термінів з методики навчання біології у старшій школі / О. В. Комарова. – Кривий Ріг : КДПУ, 2016. – 36 с.
146. Комарова О. В. Місце біологічних фактів у системі знань учнів з екології людини у 9-му класі / О. В. Комарова // Екологічний вісник Криворіжжя : зб. наук. та наук.-метод. праць. – Кривий Ріг, 2016. – Вип. 1. – С. 111–115.
147. Комарова О. В. Моделювання біологічних процесів у старшій школі засобами комп'ютерних технологій / О. В. Комарова // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2016. – № 5. – С. 21–27.
148. Комарова О. В. Моделювання генетичних та еволюційних процесів у популяціях засобами комп'ютерних технологій / О. В. Комарова // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2016. – № 7. – С. 17–20.
149. Комарова О. В. Обізнаність студентів педагогічного університету щодо екологічних проблем регіону як джерело формування культури екологічної безпеки / О. В. Комарова, М. О. Квітко // Екологічний вісник Криворіжжя : зб. наук. та наук.-метод. праць. – Кривий Ріг, 2016. – Вип. 2. – С. 115–117.
150. Комарова О. В. Розв'язування задач з генетики в 11 класі (Продовження) / О. В. Комарова // Біологія і хімія в рідній школі. – 2016. – № 1. – С. 6–9. Комарова О. В. Розв'язування задач з генетики в 11 класі (Продовження) / О. В. Комарова // Біологія і хімія в рідній школі. – 2016. – № 2. – С. 19–22.
151. Комарова О. В. Розв'язування задач з генетики в 11 класі (Продовження) / О. В. Комарова // Біологія і хімія в рідній школі. – 2016. – № 3. – С. 8–11.
152. Комарова О. В. Фундаменталізація змісту біологічної освіти учнів 11 класу у процесі розв'язування біологічних задач / О. В. Комарова // Методика навчання природничих дисциплін у середній та вищій школі (XXIII Каришинські читання) : матер. Міжнар. науч.-практ. конф. (м. Полтава, 19–20 травня 2016 р.). – Полтава, 2016. – С. 212–213.
153. Комарова Е. В. Формирование методологических знаний о законе Харди–Вайнберга в ходе решения задач по генетике / Е. В. Комарова // Биология в школе. – 2015. – № 3. – С. 39–46.

154. Комарова О. В. Аналіз шкільної практики формування в учнів системи методологічних знань з біології як елементів фундаментального природничо-наукового знання / О. В. Комарова // Теоретичні та прикладні аспекти розвитку біологічних наук : матер. 1 Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Рівне, 25 листопада 2015 р.). – Рівне, 2015. – С. 283–289.
155. Комарова О. В. Зміст та структура методологічних знань учнів: порівняльно-зіставний аспект / О. В. Комарова // Пріоритети розвитку педагогічних та психологічних наук у XXI столітті : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 20-21 березня 2015 р.). – Одеса, 2015. – С. 80–83.
156. Комарова О. В. Методичні умови формування методологічних знань старшокласників про закон Харді–Вайнберга при розв’язуванні задач з генетики популяцій / О. В. Комарова // Педагогічна освіта: теорія і практика : зб. наук. праць Кам’янець-Подільського нац. ун-ту імені Івана Огієнка, Ін-т педагогіки НАПН України. – Кам’янець-Подільський, 2015. – Вип. 18 (1-2015). – С. 268–273.
157. Комарова О. В. Модельні експерименти у формуванні наукових теоретичних знань учнів про закон рівноваги генних концентрацій та відхилення від нього / О. В. Комарова. // Сталий розвиток промисловості та суспільства : матер. Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Кривий Ріг, 20-22 травня 2015 р.). – Кривий Ріг, 2015. – Т. 2. – С. 85–86.
158. Комарова О. В. Розв’язування задач з генетики в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в рідній школі. – 2015. – № 6. – С. 19–24.
159. Комарова О. В. Роль методологічних знань у інтеграції системи наукових знань у навчальний предмет «Біологія» / О. В. Комарова // Методика навчання природничих дисциплін у середній та вищій школі (XXII Каришинські читання) : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 21–22 травня 2015 р.). – Полтава, 2015. – С. 103–104.
160. Комарова О. В. Формування наукових теоретичних знань учнів про закон Харді–Вайнберга / О. В. Комарова // Біологія і хімія в рідній школі. – 2015. – № 5. – С. 18–22.
161. Комарова О. В. Формалізм і формалізація знань учнів старшої школи під час вивчення закону рівноваги генних концентрацій / О. В. Комарова // Біологія і хімія в рідній школі. – 2014. – № 6. – С. 15–19.
162. Комарова О. В. Модельні експерименти під час вивчення закону Харді – Вайнберга / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2013. – № 4. – С. 19–25.
163. Комарова О. В. Модельні експерименти під час вивчення закону Харді – Вайнберга / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2013. – № 6. – С. 25–31.
164. Комарова О. В. Формування міжпредметних умінь формалізації та ідеалізації на уроках біології в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2013. – № 1. – С. 11–13.
165. Комарова О. В. Формування міжпредметних умінь формалізації та ідеалізації на уроках біології в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2012. – № 1. – С. 16–20.
166. Комарова О. В. Формування міжпредметних умінь формалізації та ідеалізації на уроках біології в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2012. – № 6. – С. 4–13.
167. Комарова О. Методологія біологічного експерименту в 9-му класі / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2011. – № 1. – С. 20–23.
168. Комарова О. В. Формування методологічних знань учнів як актуальна проблема шкільної біології / О. В. Комарова // Методика навчання природничих дисциплін у середній та вищій школі (XXIII Каришинські читання) : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 26–27 травня 2011 р.). – Полтава, 2011. – С. 147–149.
169. Комарова О. Методологія біологічного експерименту в 9-му класі / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2010. – № 4. – С. 12–14.
170. Комарова О. В. Методика навчання біології. Практичний курс : навч.-метод. посіб. (за вимогами кредитно-модульної системи). Ч. 2. / О. В. Комарова. – Кривий Ріг : КДПУ, 2010. – 56 с.

171. Комарова О. Методи мікробіологічних досліджень у курсі біології, 11 клас / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2009. – № 3. – С. 9–11.
172. Комарова О. В. Методика навчання біології. Практичний курс : навч.-метод. посіб. (за вимогами кредитно-модульної системи). Ч. 1 / О. В. Комарова. – Кривий Ріг : КДПУ, 2009. – 52 с.
173. Комарова О. Методика проведення лабораторного практикуму з біології (11 клас) / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2008. – № 2. – С. 28–32; № 3. – С. 20–23.
174. Комарова О. Формування в учнів міжпредметного вміння формалізації під час розв'язування екологічних задач / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2008. – № 5–6. – С. 55–57.
175. Комарова О. В. Методичні інструкції до лабораторного практикуму з біології, 9 клас (за програмою поглибленого вивчення) О. В. Комарова. – Кривий Ріг : КДПУ, 2008. – 28 с.
176. Комарова О. В. Методичні інструкції до лабораторного практикуму з біології, 11 клас (за програмою поглибленого вивчення) О. В. Комарова. – Кривий Ріг : КДПУ, 2008. – 48 с.
177. Комарова О. Зв'язок фактів, понять, теорій у курсі біології, 9 клас / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2007. – № 2. – С. 9–11.
178. Комарова О. В. Місце біологічних знань у системі знань про екологію людини / О. В. Комарова // Безпека життєдіяльності. – 2007. – № 3. – С. 23–27.
179. Комарова О. Клітинна теорія як елемент змісту шкільної біологічної освіти / О. Комарова // Біологія і хімія в школі. – 2006. – № 5. – С. 14–17.
180. Комарова О. В. Збірник задач та завдань з біології (8–9 клас) / О. В. Комарова. – Кривий Ріг : КДПУ, 2007. – 44 с.
181. Комарова О. В. Біологічний факт як елемент знань учнів з екології людини / О. В. Комарова // Наукові записки : зб. наук. статей Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. – Київ, 2006. – Вип. LXIV (64). – С. 113–120.
182. Комарова О. В. Науковий факт як методологічна категорія у шкільному курсі біології / О. В. Комарова // Педагогіка вищої та середньої школи : зб. наук. праць / гол. ред. В. К. Буряк. – Кривий Ріг, 2006. – Вип. 15. – С. 60–66.
183. Комарова О. В. Змістова лінія «Методи наукового пізнання» у шкільному курсі біології / О. В. Комарова // Наукові записки Ніжин. держ. у-ту ім. Миколи Гоголя. Сер. «Психолого-педагогічні науки». – Ніжин, 2005. – № 5. – С. 90–93.
184. Комарова О. В. Пізнавальні задачі як засіб екологічної освіти школярів / О. В. Комарова // Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології та раціонального природокористування : матер. Другої міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та мол. вчених. – Кривий Ріг, 2005. – С. 114–118.
185. Комарова О. В. Біологічна наука та навчальний предмет: проблеми взаємозв'язку / О. В. Комарова // Педагогіка вищої та середньої школи : зб. наук. праць / гол. ред. В. К. Буряк. – Кривий Ріг, 2004. – Вип. 7. – С. 163–170.
186. Комиссаров Б. Д. Биология: от науки к предмету обучения / Б. Д. Комиссаров // Биология в школе. – 1989. – № 1. – С. 30–36.
187. Комиссаров Б. Д. Методологические проблемы школьного биологического образования / Б. Д. Комиссаров. – Москва : Просвещение, 1991. – 160 с.
188. Конкин М. И. Проблема формирования и развития философских категорий / М. И. Конкин. – Москва : Высшая школа, 1980. – 245 с.
189. Корнилова Т. В. Методологические основы психологии / Т. В. Корнилова, С. Д. Смирнов. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 320 с.
190. Коршевнюк Т. Зміст шкільної біологічної освіти в контексті біологічної науки / Тетяна Коршевнюк // Біологія і хімія в рідній школі. – 2015. – № 1. – С. 38–42.
191. Коршевнюк Т. В. Формування знань старшокласників про молекулярні основи життя в процесі навчання біології : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / Т. В. Коршевнюк ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2007. – 21 с.
192. Костильов О. В. Біологія : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закладів / О. В. Костильов, С. П. Яценко. – Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2016. – 288 с.

193. Костриба О. В. Урок на тему «Моделі та моделювання» / О. В. Костриба // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2013. – № 5. – С. 5–7.
194. Кочергина Н. В. Формирование системы методологических знаний при обучении физике в средней школе : дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / Н. В. Кочергина ; Моск. гос. пед. ун-т. – Москва, 2003. – 406 с.
195. Кравець Н. Формування системних знань про живу природу в учнів основної школи / Н. Кравець // Біологія і хімія в школі. – 2006. – № 5. – С. 45–47.
196. Краевский В. В. Методологическая рефлексия в научной и учебной работе / В. В. Краевский // Сов. педагогика. – 1989. – № 2. – С. 69–71.
197. Краевский В. В. Методология педагогики: прошлое и настоящее / В. В. Краевский // Педагогика, 2002. – № 1. – С. 3–10.
198. Краевский В. В. Парад парадигм (послесловие к статье Н. Л. Коршуновой) / В. В. Краевский // Педагогика. – 2006. – № 8. – С. 20–24.
199. Краевский В. В. Проблемы научного обоснования обучения (методологический анализ) / В. В. Краевский. – Москва : Педагогика, 1977. – 264 с.
200. Крупник С. А. Методологические подходы к предмету педагогики / С. А. Крупник // Педагогика. – 2000. – № 4. – С. 21–26.
201. Крыловец Н. Г. Из истории методики биологии / Н. Г. Крыловец // Биология в школе. – 2010. – № 5. – С. 13–17.
202. Крымский С. Б. Системы знания и проблема их категориальной определенности / С. Б. Крымский // Логико-философский анализ понятийного аппарата науки. – Київ, 1977. – С. 196–225.
203. Крысько В. Г. Психология и педагогика в схемах и таблицах / В. Г. Крысько. – Минск : Хорвест, 1999. – 384 с.
204. Кузнецова М. В. Компоненты методологических знаний в методике обучения математике / М. В. Кузнецова // Интеграция образования. – 2008. – № 4. – С. 61–63.
205. Кузнецов В. Про стан та перспективи розвитку методологічних досліджень науки / В. Кузнецов // Філософська думка. – 2005. – № 6. – С. 3–31.
206. Кузьменко В. В. Теоретичні і методичні засади формування в учнів наукової картини світу в історії розвитку шкільної освіти (XX століття) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.01 / В. В. Кузьменко ; Терноп. нац. пед. ун-т імені Володимира Гнатюка. – Тернопіль, 2009. – 42 с.
207. Кузьминов Г. А. Чувственное и логическое в познании микромира / Г. А. Кузьминов. – Москва, 1965. – 119 с.
208. Кульневич С. В. Личностная ориентация методологической культуры учителя / С. В. Кульневич // Педагогика. – 1997. – № 5. – С. 108–115.
209. Кульчицький В. І. Науково-методологічні принципи формування фундаментальних фізичних понять в учнів профільних класів у процесі вивчення електродинаміки [Електронний ресурс] / В. І. Кульчицький // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту імені Івана Огієнка. Сер. педагогічна. – Кам'янець-Подільський, 2011. – Вип. 17. – С. 93–95. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/index.php/2307-4507/article/view/32081/28725> (дата звернення: 8.04.2017).
210. Кульчицький В. І. Формування фундаментальних фізичних понять в учнів профільних класів у процесі вивчення електродинаміки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / В. І. Кульчицький ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2010. – 20 с.
211. Кун Т. Структура научных революций / Т. Кун. – Москва : Прогресс, 1975. – 288 с.
212. Кучер Р. В. Методологические проблемы развития теории в химии / Р. В. Кучер // Вопросы философии. – 1969. – № 6. – С. 78–79.

213. Кыверлянг А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике / А. А. Кыверлянг. – Таллин : Валтус, 1980. – 355 с.
214. Лаврентьева О. О. Развитие методологической культуры майбутніх учителів природничих дисциплин у процесі професійної підготовки: теоретико-методологічний аспект : монографія / О. О. Лаврентьева ; за ред. Л. О. Хомич. – Київ : КНТ, 2014. – 456 с.
215. Лакоза Н. В. Формування наукових понять з біології в учнів класів медико-біологічного профілю : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / Н. В. Лакоза ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2007. – 22 с.
216. Левашова В. Роль природничих предметів у формуванні наукової картини світу / В. Левашова // Біологія і хімія в школі. – 2009. – № 4. – С. 35–37.
217. Левонтин Р. Генетические основы эволюции / Р. Левонтин. – Москва : Мир, 1978. – 430 с.
218. Лекторский В. А. Методологический анализ науки (Типы и уровни) / В. А. Лекторский, В. С. Швырев // Философия, методология, наука. – Москва, 1972. – С. 7–44.
219. Лернер И. Я. Качества знаний учащихся. Какими они должны быть? / И. Я. Лернер. – Москва : Знание, 1978. – 48 с.
220. Лещинський О. П. Методологія та історія природознавства як засади побудови навчального змісту / О. П. Лещинський // Педагогіка і психологія. – 2000. – № 2. – С. 12–18.
221. Линдсей П. Переработка информации человеком / П. Линдсей, Д. Норман. – Мир : Мир, 1974. – 551 с.
222. Липова Л. Модель фундаменталізації змісту природничої освіти в загальноосвітній школі [Електронний ресурс] / Л. Липова. М. Войцехівський. П. Замаскіна // Довідник директора школи. – 2014. – № 1–2. – С. 39–47. – Режим доступу: http://lib.iitta.gov.ua/106700/1/2014_DDSh_01-02_LLA.pdf (дата звернення: 8.04.2017).
223. Лишенко І. Методика демонстрування хромосом та поділу ядра / І. Лишенко, О. Патинська // Біологія і хімія в школі. – 2007. – № 4. – С. 25–28.
224. Лободина Л. В. Методика формирования системы методологических знаний учителя физики-информатики: на примере изучения образовательной области «Математика» : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 / Л. В. Лободина ; Тамбовский гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2004. – 24 с.
225. Логвіна-Бик Т. А. Педагогічне керівництво диференційованим навчанням учнів середніх і старших класів (на прикладі предметів біологічного циклу) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.01 / Т. А. Логвіна-Бик ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 1999. – 16 с.
226. Лункевич В. В. От Гераклита до Дарвина. Очерки по истории биологии. В 2-х т., Т. 2. / В. В. Лункевич. – М. : АН СССР, 1940. – 496 с.
227. Любищев А. А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов / А. А. Любищев. – Москва : Наука, 1982. – 281 с.
228. Максименко С. Формування теоретичного типу мислення / С. Максименко // Психолог. – 2003. – № 5 (53). – С. 2–3.
229. Малафійк І. В. Системний підхід у теорії і практиці навчання / І. В. Малафійк. – Рівне : Ред.-видав. відділ Рівнен. держ. гуманіт. ун-ту, 2004. – 437 с.
230. Малафійк І. В. Теорія та методика формування системності занять у старшокласників : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.09 / І. В. Малафійк ; Ін-т педагогіки АПН України. – Київ, 2007. – 39 с.
231. Мамчур Е. А. Проблема выбора теории / Е. А. Мамчур. – Москва : Наука, 1975. – 232 с.
232. Мансурова С. Е. Познавательные модели и межпредметная интеграция знаний о человеке в старшей школе / С. Е. Мансурова // Биология в школе. – 2014. – № 4. – С. 41–47.
233. Мартыничев И. В. Мироззрение естествоиспытателя / И. В. Мартыничев. – Москва : Мысль, 1980. – 221 с.

234. Матяш Н. Кореляційний підхід до створення методичної системи навчання біології / Н. Матяш // Рідна школа. – 2010. – № 11. – С. 33–36.
235. Матяш Н. Лабораторні та практичні роботи з біології: проблеми та шляхи їх розв'язування / Н. Матяш // Біологія і хімія в школі. – 2005. – № 6. – С. 8–13.
236. Матяш Н. Лабораторні та практичні роботи з курсу «Біологія людини» / Н. Матяш, О. Астаніна // Біологія і хімія в школі. – 1996. – № 1. – С. 35–38; № 2. – С. 35–37.
237. Матяш Н. Ю. Біологія. 9 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закладів / Н. Ю. Матяш, М. Н. Шабатура. – Київ : Генеза, 2009. – 272 с.
238. Матяш Н. Ю. Системотвірні підходи до розроблення методичної системи навчання біології / Н. Ю. Матяш // Педагогіка і психологія. Вісник НАПН України. – 2011. – № 4 (73). – С. 13–19.
239. Матяш Н. Ю. Створення та використання педагогічного програмного засобу «Віртуальна лабораторія. Біологія людини, 8–9 кл.» / Н. Ю. Матяш // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2008. – № 4. – С. 23–26.
240. Мегем О. М. Становлення і розвиток шкільної біологічної освіти в загальноосвітніх навчальних закладах України (1940–2000 рр.) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / О. М. Мегем ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2009. – 21 с.
241. Межжерін С. В. Біологія (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. / С. В. Межжерін, Я. О. Межжеріна, Т. В. Коршевнік. – Київ : Планета книжок, 2010. – 336 с.
242. Межжерін С. В. Біологія : підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. : рівень стандарту, академ. рівень / С. В. Межжерін, Я. О. Межжеріна. – Київ : Освіта, 2011. – 336 с.
243. Мейен С. Что скажет методолог / С. Мейн // Знание – сила. – 1986. – № 1. – С. 21–22.
244. Метаева В. А. Методологическое обоснование рефлексивных методик / В. А. Метаева // Педагогика. – 2006. – № 7. – С. 38–43.
245. Методологические принципы физики: История и современность / отв. ред. Б. М. Кедров, Н. Ф. Овчинников. – Москва : Наука, 1975. – 512 с.
246. Методология в сфере теории и практики / А. Т. Москаленко, А. А. Погорадзе, А. А. Чечулин и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 306 с.
247. Микешина Л. А. Стиль и метод научного познания / Л. А. Микешина // Проблемы методологии науки и научного творчества : сб. / под ред. В. А. Штоффа, А. М. Мостепаненко. – Ленинград, 1977. – С. 24–32.
248. Мирский Э. М. Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки / Э. М. Мирский. – Москва : Наука, 1980. – 304 с.
249. Міщук Н. Основні теоретичні узагальнення сучасної біологічної науки / Н. Міщук, А. Степанюк // Біологія і хімія в школі. – 2001. – № 1. – С. 2–6.
250. Молис С. С. Активные формы и методы обучения биологии. Животные : кн. для учителя. Из опыта работы / С. С. Молис, С. А. Молис. – Москва : Просвещение, 1988. – 176 с.
251. Москаленко П. Г. Структурная модель науки как дидактическое основание формирования системных знаний школьников / П. Г. Москаленко // Новые исследования в педагогических науках : сб. науч. тр. – Москва, 1991. – Вып. 2 (58). – С. 30–33.
252. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики / В. Н. Мощанский. – Москва : Просвещение, 1989. – 192 с.
253. Мягкова А. Н. Методика обучения общей биологии : пособ. для учителей / А. Н. Мягкова, Б. Д. Комиссаров. – 2-е изд., перераб. – Москва : Просвещение, 1979. – 288 с.
254. Навчання біології у старшій школі на академічному рівні : монографія / Н. Ю. Матяш, В. В. Вербицький, О. Г. Козленко, Т. В. Коршевнік. – Київ : Педагогічна думка, 2013. – 228 с.
255. Наказ Міністерства освіти і науки України № 1456 від 21.10.2013 року «Про затвердження Концепції профільного навчання у старшій школі» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://osvita.ua/legislation/Ser_osv/37784/ (дата звернення: 7.04.2017).
256. Науки в их взаимосвязи. История. Наука. Практика / Б. М. Кедров, В. Л. Рабинович, А. П. Огурцов [и др.]. – Москва : Наука, 1988. – 288 с.

257. Научные основы школьного курса физики / под ред. С. Я. Шамаша, З. Е. Эвенчик. – Москва : Педагогика, 1985. – 240 с.
258. Научные теории: строение и развитие. Реферативный сборник / под ред. В. Н. Садовского. – Москва : ИНИОН, 1978. – 288 с.
259. Неведомська Є. Аналіз індивідуального харчування та відповідність його нормам / Є. Неведомська // Біологія і хімія в школі. – 2008. – № 4. – С. 32–35.
260. Неведомська Є. Методика антропометричного дослідження / Є. Неведомська // Біологія і хімія в школі. – 2008. – № 3. – С. 14–16.
261. Недодатко Н. Навчально-дослідницька робота учнів на уроках біології / Н. Недодатко // Біологія і хімія в школі. – 2000. – № 1. – С. 28–33.
262. Никитин Е. П. Объяснение – функция науки / Е. П. Никитин. – Москва : Наука, 1970. – 280 с.
263. Новейший философский словарь [Электронный ресурс] / сост., гл. ред. А. А. Грицанов. – 3-е изд., испр. – Минск : Книжный Дом, 2003. – 1280 с. – (Мир энциклопедий). – Режим доступа: http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/04/17/newest_philosophical_dictionary.pdf (дата обращения: 8.04.2017).
264. Новик И. Б. Вопросы стиля мышления в естествознании / И. Б. Новик. – Москва : Политиздат, 1975. – 144 с.
265. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях / Д. А. Новиков. – Москва : МЗ-Пресс, 2004. – 66 с.
266. Носенко Е. Л. Картина світу як інтегруючий і гуманістичний фактор в змісті освіти / Е. Л. Носенко // Педагогіка і психологія. – 1995. – № 1. – С. 22–30.
267. Нуркасимов Е. Р. Необходимость исследования дидактических возможностей научных методов познавательной деятельности при обучении физике [Электронный ресурс] / Е. Р. Нуркасимов. – Режим доступа: http://e-lib.gasu.ru/konf/sssk/arhive/2006/01/R_5_11.html (дата обращения: 8.04.2017).
268. Образовательная модель «Логика природы». Концептуальные основы интеграции естественнонаучного образования : книга для учителя / В. Р. Ильченко, К. Ж. Гуз. – Москва : Народное образование. Школьные технологии, 2003. – 206 с.
269. Овчинников С. А. Сборник задач и упражнений по общей биология : учеб. пособие / С. А. Овчинников. – Донецк : Третье тысячелетие, 2002. – 128 с.
270. Огурцов А. П. Функциональный и генетический методы как средство исследования биологических структур / А. П. Огурцов // Проблемы методологии системного исследования. – Москва, 1970. – С. 247–267.
271. Основоположник методики естествознания в России. К 170-летию со дня рождения А. Я. Герда // Биология в школе. – 2011. – № 5. – С. 17–22.
272. Пазельский В. В. Логические и социологические аспекты экспертной оценки нового знания / В. В. Пазельский // Философские основания научной теории. – Новосибирск, 1985. – С. 283–288.
273. Памяти Александра Александровича Яхонтова // Биология в школе. – 1974. – № 1. – С. 91.
274. Панчешникова Л. М. О системном подходе в методических исследованиях / Л. М. Панчешникова // Сов. педагогика. – 1973. – № 4. – С. 7.
275. Парадигма [Электронный ресурс] // Словник літературознавчих термінів. – Режим доступа: <http://www.ukrlit.vn.ua/info/dict/8ta5g.html> (дата звернення: 7.04.2017).
276. Парадигма [Электронный ресурс] // Словопедія : словник іншомовних соціокультурних термінів. – Режим доступа: <http://slovopedia.org.ua/39/53407/260861.html> (дата звернення: 7.04.2017).
277. Пасечник В. В. Дмитрий Илларионович Трайтак – ученый, педагог, методист-биолог / В. В. Пасечник // Биология в школе. – 2012. – № 8. – С. 13–15.
278. Пастушный С. А. Гносеологическая роль моделирования в развитии генетики / С. А. Пастушный, Е. Н. Шаталин // Методологические проблемы современной науки : межвуз. сб.

- науч. тр. / Горьковский гос. ун-т. – Горький, 1986. – С. 75–81.
279. Пашенко В. М. Методологічні, теоретичні й метатеоретичні узагальнення і новації в природничо-географічних науках / В. М. Пашенко // Український географічний журнал. – 2001. – № 3. – С. 38–44.
280. Педагогическая энциклопедия : в 4 т. Т. 4 / под ред. И. А. Каирова. – Москва : Сов. энциклопедия, 1968. – 911 с.
281. Песецкая Л. Н. Сборник задач по генетике : учеб.-метод. пособие / Л. Н. Песецкая, Г. Г. Гончаренко, Н. Н. Острейко. – Гомель, 2002. – 114 с.
282. Петров Ю. А. Культура мышления. Методологические проблемы научно-педагогической работы / Ю. А. Петров. – Москва : Изд-во МГУ, 1990. – 118 с.
283. Петров Ю. А. Логика и методология научного познания / Ю. А. Петров, А. Л. Никифоров. – Москва : Изд-во МГУ, 1982. – 249 с.
284. Петров Ю. А. Методологические вопросы анализа научного знания / Ю. А. Петров. – Москва : Высшая школа, 1977. – 224 с.
285. Петров Ю. А. Методологические проблемы теоретического познания / Ю. А. Петров. – Москва : Изд-во МГУ, 1986. – 174 с.
286. Петров Ю. А. Теория познания: научно-практическое значение / Ю. А. Петров. – Москва : Мысль, 1988. – 144 с.
287. Плахотнік В. Організація і структура методичної системи / В. Плахотнік, Л. Величко // Біологія і хімія в школі. – 2012. – № 2. – С. 39–40.
288. Плахотнік В. Системний підхід і методична система / В. Плахотнік // Біологія і хімія в школі. – 2011. – № 1. – С. 8–11.
289. Плахотнік О. В. Організаційна структура наукових досліджень в Україні / О. В. Плахотнік // Гуманізація навчально-виховного процесу : зб. наук. праць / за ред. В. І. Сипченка. – Слов'янськ, 2011. – Спец. вип. 7, ч 1. – С. 129–141.
290. Поддьяков А. Н. Исследовательское поведение: стратегии познания, помощь, противодействие, конфликт / А. Н. Поддьяков – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Эребус, 2006. – 256 с.
291. Помогайбо В. М. Біологічний експрес-довідник. Для вчителів, абітурієнтів та школярів / В. М. Помогайбо, Т. В. Помогайбо // Хімія. Біологія. – 2002. – № 31–33. – С. 1–21.
292. Пономарева И. Н. Юрий Иванович Полянский – ученый и педагог / И. Н. Пономарева // Биология в школе. – 2006. – № 7. – С. 15–17.
293. Популярный биологический словарь / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Наука, 1990. – 544 с.
294. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти» від 23 листопада 2011 р. № 1392 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF> (дата звернення: 7.04.2017).
295. Похлебаев С. М. Методологические и содержательные основы преемственности физики, химии, биологии при формировании фундаментальных естественно-научных понятий : дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / Похлебаев Сергей Михайлович ; Челябинский гос. пед. ун-т. – Челябинск, 2007. – 48 с.
296. Практикум по основам сельского хозяйства : учеб. пособ. для студентов биол. спец. пед. ин-тов / И. М. Ващенко, К. П. Ланге, М. П. Меркулов ; под ред. И. М. Ващенко. – Москва : Просвещение, 1982. – 399 с.
297. Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1980. – 272 с.
298. Принцип симметрии: Историко-методологические проблемы / отв. ред. Б. М. Кедров, Н. Ф. Овчинников. – Москва : Наука, 1978. – 397 с.
299. Принцип соответствия: Историко-методологический анализ / отв. ред. Б. М. Кедров, Н. Ф. Овчинников. – Москва : Наука, 1979. – 319 с.
300. Проблемы методики обучения биологии в средней школе / под ред. И. Д. Зверева. – Москва : Педагогика, 1978. – 320 с.

301. Проблемы методологии педагогики и методики исследований / М. А. Данилов, Н. И. Болдырев, Р. Г. Гурова, Г. В. Воробьев ; под ред. М. А. Данилова, Н. И. Болдырева. – Москва : Педагогика, 1971. – 349 с.
302. Проблемы целостности в современной биологии. – Москва : Наука, 1968. – 388 с.
303. Програма з біології для 10–11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Рівень стандарту. – Тернопіль : Мандрівець, 2010.
304. Програма з біології для 10–11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Академічний рівень. – Тернопіль : Мандрівець, 2010.
305. Програма з біології для 10–11 класів. Профільний рівень. – Тернопіль Мандрівець, 2010.
306. Психологические проблемы формирования научного мировоззрения школьников / под ред. Н. А. Менчинской. – Москва : Просвещение, 1968. – 240 с.
307. Пуговкин А. П. Ю. И. Полянский – ученый и редактор школьного учебника / А. П. Пуговкин // Биология в школе. – 2009. – № 1. – С. 7–9.
308. Развитие концепции структурных уровней в биологии. – Москва : Наука, 1972. – 427 с.
309. Ракилов А. И. Анатомия научного знания. (Популярное введение в логику и методологию науки) / А. И. Ракилов. – Москва : Политиздат, 1969. – 206 с.
310. Ракилов А. И. Трактат о научном познании для умов молодых, пытливых и критических / А. И. Ракилов. – Москва : Дет. лит., 1977. – 238 с.
311. Ракилов А. И. Философские проблемы науки. Системный подход / А. И. Ракилов. – Москва : Мысль, 1977. – 272 с.
312. Реброва Л. В. К юбилею Евгении Павловны Бруновт / Л. В. Реброва // Биология в школе. – 1977. – № 6. – С. 56–57.
313. Реймерс Н. Ф. Охрана природы и окружающей человека среды : Словарь-справочник. – Москва : Просвещение, 1992. – 320 с.
314. Рибалко Л. Моделювання цілісних знань про живу природу / Л. Рибалко // Біологія і хімія в школі. – 2010. – № 3. – С. 11–15.
315. Рибалко Л. М. Фундаменталізація змісту шкільної природничо-наукової освіти на засадах еколого-еволюційного підходу / Л. М. Рибалко // Фундаменталізація змісту загальноосвітньої та професійної підготовки: проблеми і перспективи : матер. Всеукр. наук.-практ. конф., м. Кривий Ріг, 22-23 жовтня 2015 року. – Кривий Ріг, 2015. – С. 64–66.
316. Ростовський В. С. Основи наукових досліджень і технічної творчості : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. С. Ростовський, Н. В. Дібрівська. – Київ : Центр учбової літератури, 2009. – 96 с.
317. Рудишин С. Модель наукової картини світу / С. Рудишин, І. Коренева // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2013. – № 3. – С. 2–6.
318. Рудишин С. Д. Теоретико-методичні засади біологічної складової підготовки еколога у вищих навчальних закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / С. Д. Рудишин ; Ін-т педагогіки НАПН України. – Київ, 2010. – 41 с.
319. Рьюз М. Философия биологии / М. Рьюз. – Москва : Прогресс, 1977. – 320 с.
320. Садовий М. І. Теоретичні та методичні основи становлення та розвитку фундаментальних ідей дискретності та неперервності в курсі фізики загальноосвітньої школи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / М. І. Садовий ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2002. – 41 с.
321. Садовский В. Н. Логико-методологические основания общей теории систем / В. Н. Садовский. – Москва : Наука, 1974. – 280 с.
322. Самоненко Ю. А. Функции, содержание и дидактические условия формирования научных методологических знаний у школьников : дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук : спец. 13.00.01 / Самоненко Юрий Анатольевич ; МГУ ім. М. В. Ломоносова. – Москва, 2002. – 357 с.

323. Саранцев Г. И. Методическая подготовка будущего учителя в современных условиях / Г. И. Саранцев // Педагогика. – 2006. – № 7. – С. 61–68.
324. Саранцев Г. И. Методическая система обучения предмету как объект исследования / Г. И. Саранцев // Педагогика. – 2005. – № 2. – С. 30–36.
325. Саранцев Г. И. Методология предметных методик обучения / Г. И. Саранцев // Педагогика. – 2000. – № 8. – С. 16–23.
326. Саранцев Г. И. Теория, методика и технология обучения / Г. И. Саранцев // Педагогика. – 1999. – № 1. – С. 19–24.
327. Сатбалдина С. Т. Место биологии в системе учебных дисциплин / С. Т. Сатбалдина // Биология в школе. – 2010. – № 3. – С. 22–28.
328. Свирежев Ю. М. Математическое моделирование биологических систем / Ю. М. Свирежев, Е. Я. Елизаров. – Москва : Наука, 1972. – 158 с.
329. Семькин Н. П. Методологические вопросы физики в курсе средней школы / Н. П. Семькин, В. А. Любичанковский. – Москва : Просвещение, 1979. – 86 с.
330. Сенько Ю. В. Формирование научного стиля мышления учащихся / Ю. В. Сенько. – Москва : Знание, 1986. – 80 с.
331. Сивоконь П. Е. Методологические проблемы естественно-научного эксперимента / П. Е. Сивоконь. – Москва : Изд-во Московского ун-та, 1968. – 370 с.
332. Сидоренко В. К. Основи наукових досліджень : навч. посібник / В. К. Сидоренко, П. В. Дмитренко. – Київ : РНЦ «ДІНІТ», 2000. – 259 с.
333. Сидоров С. В. Теоретическая педагогика : электрон. учеб.-метод. пособ. для бакалавров [Электронные ресурсы] / С. В. Сидоров. – Режим доступа: <http://si-sv.com/Posobiya/teor-pedag/> (дата обращения: 8.04.2017).
334. Сидорова Н. А. Математическое моделирование при изучении темы «Генетика и эволюция популяций» / Н. А. Сидорова // Биология в школе. – 2009. – № 6. – С. 27–29.
335. Сидорович М. Теоретичні знання з біології у формуванні наукової картини світу / М. Сидорович // Біологія і хімія в школі. – 2007. – № 2. – С. 17–22.
336. Сидорович М. Формування системних знань про організм в учнів основної школи / М. Сидорович // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2012. – № 2. – С. 16–20.
337. Сидорович М. Фундаменталізація змісту шкільної біологічної освіти / М. Сидорович // Біологія і хімія в рідній школі. – 2016. – № 6. – С. 28–30.
338. Сидорович М. М. Відображення основних теоретичних узагальнень науки про життя в змісті шкільного курсу біології [Електронний ресурс] / М. М. Сидорович. – Режим доступу: <http://www.sworld.com.ua/simpoz4/87.pdf> (дата звернення: 8.04.2017).
339. Сидорович М. М. Мультимедійний програмно-методичний комплекс «Віртуальна біологічна лабораторія» / М. М. Сидорович // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2006. – № 8. – С. 13–17.
340. Сидорович М. М. Науково-методичні засади формування теоретичних знань з біології в учнів загальноосвітньої школи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / М. М. Сидорович ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2010. – 34 с.
341. Сидорович М. М. Научные основы теоретических биологических знаний школьников / М. М. Сидорович // Актуальные проблемы биологии и методики ее преподавания в школе и вузе : матер. III Междунар. науч.-практ. конф. / Омский гос. пед. ун-т. – Омск, 2015. – С. 125–131.
342. Скалкова Я. Методология и методы педагогического исследования / Я. Скалкова. – Москва : Педагогика, 1989. – 224 с.
343. Скаткин М. Н. Методология и методика педагогических исследований / М. Н. Скаткин. – Москва : Педагогика, 1986. – 152 с.

344. Славин М. Б. Математика на уроке биологии / М. Б. Славин // Биология в школе. – 2000. – № 2. – С. 34–38.
345. Словник педагогічних термінів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pidruchniki.com/pedagogika/slovnik_pedagogichnih_terminiv (дата звернення: 7.04.2017).
346. Советские педагоги, методисты // Биология в школе. – 1977. – № 5. – С. 47–51.
347. Солбриг О. Популяционная биология и эволюция / О. Солбриг, Д. Солбриг. – Москва : Мир, 1982. – 488 с.
348. Спасский Б. И. Вопросы методологии и историзма в курсе физики средней школы / Б. И. Спасский. – Москва : Просвещение, 1975. – 95 с.
349. Степанюк А. Конструювання змісту шкільної біологічної освіти на основі системного підходу / А. Степанюк, В. Грубінко // Біологія і хімія в школі. – 2006. – № 1. – С. 19–24.
350. Степанюк А. В. Методологічні та теоретичні основи формування цілісності знань школярів про живу природу : дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.01 / Степанюк Алла Василівна ; Терноп. держ. пед. ун-т ім. Володимира Гнатюка. – Тернопіль, 1999. – 474 с.
351. Степанюк А. В. Фундаменталізація змісту біологічної освіти школярів / А. В. Степанюк // Педагогічний альманах : зб. наук. праць. – Херсон, 2010. – Вип. 5. – С. 58–64.
352. Стерелюхин А. И. Методологические знания учащихся. Проблемы дифференциации, структурирования и систематизации [Электронный ресурс] / А. И. Стерелюхин, Л. Н. Макарова, В. А. Федоров // Гаудеамус. – 2003. – № 1 (3). – С. 125–134. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-znaniya-uchaschihsya-problemy-differentsiatsii-strukturirovaniya-i-sistematizatsii> (дата обращения: 7.04.2017).
353. Суматохин С. В. Учебники биологии русских любенистов / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2004. – № 5. – С. 60–64.
354. Суматохин С. В. Школьные учебники биологии. 50-е – начало 60-х гг. XIX вв. / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2004. – № 4. – С. 69–72.
355. Суматохин С. В. Школьные учебные книги по биологии конца XIII – начала XIX века / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2004. – № 2. – С. 74–78.
356. Сухорукова Л. Н. Изучение современной эволюционной теории в X–XI классах / Л. Н. Сухорукова // Биология в школе. – 1995. – № 5. – С. 24–26.
357. Сухорукова Л. Н. Конструирование содержания заключительного курса биологии / Л. Н. Сухорукова // Биология в школе. – 1999. – № 4. – С. 27–33.
358. Сухорукова Л. Н. Развитие понятия о гене: принцип генерализации / Л. Н. Сухорукова, Е. А. Фаюстова // Биология в школе. – 1999. – № 5. – С. 22–29.
359. Таглина О. В. Біологія. 10 клас (рівень стандарту, академічний рівень) : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. – Харків : Веста, Ранок, 2010. – 256 с.
360. Тангамян Т. В. Интегрирующая роль биологических систем в формировании научного мировоззрения / Т. В. Тангамян // Биология в школе. – 2014. – № 2. – С. 59–67.
361. Танська В. В. Підготовка майбутнього вчителя біології до екологічної освіти старшокласників : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 / В. В. Танська ; Житомирський держ. ун-т імені Івана Франка. – Житомир, 2006. – 21 с.
362. Тасенко О. В. Використання комп'ютерів у викладанні хімії та біології / О. В. Тасенко // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2007. – № 1. – С. 16–18.
363. Теоретические основы содержания общего среднего образования / [Под ред. В. В. Краевского, И. Я. Лернера]. – Москва : Педагогика, 1983. – 352 с.
364. Тестов В. А. Некоторые методологические проблемы определения качества образования / В. А. Тестов // Педагогика. – 2008. – № 4. – С. 22–28.

365. Тестов В. А. Фундаментальность образования: современные подходы [Электронный ресурс] / В. А. Тестов. – Режим доступа: http://portalus.ru/modules/shkola/rus_readme.php?subaction=showfull&id=1194351187&archive=1194448667&start_from=&ucat=& (дата обращения: 8.04.2017).
366. Тимофеев-Ресовский Н. В. Генетика, эволюция и теоретическая биология / Н. В. Тимофеев-Ресовский // Природа. – 1980. – № 9. – С. 64.
367. Тимофеев-Ресовский Н. В. Из истории проблемы взаимоотношения микро- и макроэволюции / Н. В. Тимофеев-Ресовский // Микро- и макроэволюция. – Тарту, 1980. – С. 7–12.
368. Тovaжнянский Л. Л. Основы педагогики высшей школы / Л. Л. Тovaжнянский, О. Г. Романовский, В. В. Бондаренко [и др.]. – Харьков : ИТУ «ХПИ», 2005. – 600 с.
369. Том Р. Динамическая теория морфогенеза / Р. Том // На пути к теоретической биологии. – Москва, 1970. – С. 145–157.
370. Трайтак Д. И. Учитель учителей (к юбилею Николая Михайловича Верзилина) / Д. И. Трайтак // Биология в школе. – 1978. – № 1. – С. 57–59.
371. Троцька О. С. Етичне виховання старшокласників у процесі навчання біології : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / О. С. Троцька ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2010. – 26 с.
372. Уильямсон М. Анализ биологических популяций / Марк Уильямсон. – Москва : Мир, 1975. – 272 с.
373. Уоддингтон К. Х. Теоретическая биология и молекулярная биология / К. Х. Уоддингтон // На пути к теоретической биологии. – Москва, 1970. – С. 160–168.
374. Упатова І. П. Біологія. 11 клас: Зошит для лабораторних та практичних робіт (Профільний рівень) / І. П. Упатова. – Харків : Вид-во «Ранок», 2011. – 128 с.
375. Федоркова Н. В. Изучение генетики в школе / Н. В. Федоркова // Биология в школе. – 2006. – №8. – С. 30–37.
376. Федоров А. И. Методы математической статистики в биологии и опытно-деловом деле / А. И. Федоров. – Алма-Ата : Кайнар, 1967. – 164 с.
377. Федоров Б. И. Дидактические проблемы в контексте методологического обоснования / Б. И. Федоров, Л. М. Перминова // Педагогика. – 2002. – № 5. – С. 14–19.
378. Федотова В. Г. Исследование специфики общественных наук. Обзор литературы (1970-1983 гг.) / В. Г. Федотова // Вопросы философии. – 1984. - № 1. – С. 165-172
379. Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки / П. Фейерабенд. – Москва : Прогресс, 1986. – 543 с.
380. Философские проблемы биологии. – Москва : Наука, 1973. – 232 с.
381. Философский словарь / [под ред. И. Т. Фролова]. – 5-е изд. – Москва : Политиздат, 1987. – 590 с.
382. Философский словарь / [под ред. И. Т. Фролова]. – 6-е изд. – Москва : Политиздат, 1991. – 560 с.
383. Философский словарь / [под ред. И. Т. Фролова]. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва : Республика, 2001. – 719 с.
384. Философско-психологические проблемы развития образования / под ред. В. В. Давыдова. – Москва : Педагогика, 1981. – 176 с.
385. Философы педагогам: Формирование научного мировоззрения в процессе преподавания естественных и математических дисциплин в средней школе. – Москва : Просвещение, 1976. – 127 с.
386. Фишер Р. Статистические методы для исследователей [Электронный ресурс] / Р. Фишер. – Москва : Госстатиздат, 1958. – 267 с. – Режим доступа: http://ikfia.ysn.ru/images/doc/Teoriya_veroyatnosti_i_mat_statistika/Fisher1958ru.pdf (дата обращения: 8.04.2017).
387. Філіпенко А. С. Основи наукових досліджень. Конспект лекцій : посібник / А. С. Філіпенко. – Київ : Академвидав, 2004. – 208 с.
388. Фінченко Я. В. Використання комп'ютерних програм на уроках фізики / Я. В. Фінченко, К. Ю. Стеценко // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2006. – № 1. – С. 41–43.

389. Фіцула М. М. Педагогіка : навч. посіб. для ВНЗ / М. М. Фіцула. – Київ : Академія, 2000. – 544 с.
390. Фішман І. М. Методологічні питання шкільного курсу математики : посіб. для самоосвіти вчителів / за ред. О. І. Кедровського, І. М. Фішман. – Київ : Рад. школа, 1985. – 72 с.
391. Фомичева И. Г. Теоретико-методологические основания структуризации педагогического знания / И. Г. Фомичева // Педагогика. – 2001. – № 9. – С. 11–19.
392. Формирование научного мировоззрения учащихся / под ред. Э. И. Моносова, Р. Правдина, Р. М. Роговой. – Москва : Педагогика, 1985. – 231 с.
393. Формування природничо-наукової картини світу в учнів середньої школи : кол. монографія / В. Р. Ільченко, К. Ж. Гуз, В. С. Коваленко, Л. М. Рибалко [та ін.]. – Полтава : Довкілля-К, 2005. – 224 с.
394. Фролов И. Т. Менделизм и философские проблемы современной генетики / И. Т. Фролов, С. А. Пастушный. – Москва : Мысль, 1976. – 263 с.
395. Фролов И. Т. Жизнь и познание / И. Т. Фролов // Вопросы философии. – 1979. – № 8. – С. 16–33.
396. Фролов И. Т. Жизнь и познание. О диалектике в современной биологии / И. Т. Фролов. – Москва : Мысль, 1981. – 268 с.
397. Фролов И. Т. Очерки методологии биологического исследования (Система методов биологии) / И. Т. Фролов. – Москва : Мысль, 1965. – 288 с.
398. Фролов И. Т. Этика науки: проблемы и дискуссии / И. Т. Фролов, Б. Г. Юдин. – Москва : Политиздат, 1986. – 399 с.
399. Фундаменталізація змісту освіти у старшій школі: теорія і практика : кол. монографія / за наук. ред. Г. О. Васильківської. – Київ : Пед. думка, 2015. – 288 с.
400. Фундаментальные и прикладные исследования стратегия естественнонаучного поиска / Л. Б. Баженов, Н. Н. Евтихийев, М. Р. Капланов, Е. Н. Лысманкин. – Вопросы философии. – 1980. – № 8. – С. 97–106.
401. Харченко Л. Н. Современное биологическое образование: теоретический и технологический аспекты [Электронный ресурс] : монографія / Л. Н. Харченко. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – Режим доступа: <http://iknigi.net/avtor-leonid-harchenko/101745-sovremennoe-biologicheskoe-obrazovanie-teoreticheskij-i-tehnologicheskij-aspekty-leonid-harchenko.html> (дата обращения: 30.03.2017).
402. Хоменко П. Діяльнісний підхід як основа формування функціональності знань / П. Хоменко // Біологія і хімія в школі. – 2005. – № 4. – С. 54–55.
403. Хоменко П. В. Формування функціональних знань старшокласників з органічної хімії в загальноосвітніх навчальних закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 / П. В. Хоменко ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2007. – 23 с.
404. Хуторской А. В. Современная дидактика : учеб. пособие / А. В. Хуторской. – Москва : Высшая школа, 2007. – 639 с.
405. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень / Г. С. Цехмістрова. – Київ : Видавничий Дім «Слово», 2004. – 240 с.
406. Цикало Е. С. Перспективы проектирования культурологического биологического образования / Е. С. Цикало // Педагогика. – 2005. – № 1. – С. 45–51.
407. Цикин В. А. Практика и абстрактное мышление (на материалах дедуктивных наук) / В. А. Цикин. – Київ : Вища школа, 1984. – 156 с.
408. Чайковский Ю. В. Истоки открытия Ч. Дарвина // Природа. – 1982. – № 6. – С. 87–94.
409. Чайченко Н. Н. Методична система формування у школярів теоретичних знань на уроках хімії / Н. Н. Чайченко // Біологія і хімія в школі. – 1999. – № 5. – С. 35–39.
410. Чайченко Н. Н. Формирование у школьников теоретических знаний по основам химии : дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук : 13.00.02 / Чайченко Надежда Натановна ; Ин-т педагогики АПН Украины. – Киев, 1998. – 466 с.
411. Чернікова О. В. Підготовка майбутніх учителів біології до формування екологічної культури старшокласників : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук / О. В. Чернікова ; Південноукр. держ. пед. ун-т імені К. Д. Ушинського. – Київ, 2004. – 21 с.

412. Чешев В. В. Техническое знание [Электронный ресурс] : монография / В. В. Чешев. – Томск : ТГАСУ, 2006. – 267 с. – Режим доступа: <http://portal.tsuab.ru/MCheshev-2011/v4.pdf> (дата обращения: 8.04.2017).
413. Шабалтас І. П. Шляхи підвищення ефективності використання комп'ютера на уроках фізики / І. П. Шабалтас, Т. Б. Шабалтас // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2009. – № 8. – С. 19–21.
414. Шамаева Т. Н. Формирование понятий о структурных элементах системы научных знаний при обучении физике студентов медицинского вуза : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. пед. наук : 13.00.02 / Т. Н. Шамаева ; Челябинский гос. пед. ун-т. – Челябинск, 2007. – 28 с.
415. Шарко В. Д. Теоретичні засади підготовки вчителя фізики в умовах неперервної освіти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : спец. 13.00.02 / В. Д. Шарко ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2006. – 47 с.
416. Шевчук О. А. Формування системи валеологічних знань учнів основної школи у процесі навчання основ здоров'я : дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.02 / Шевчук Олена Анатоліївна ; Рівнен. держ. гуманіт. ун-т. – Рівне, 2011. – 217 с.
417. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підруч. для ВНЗ / В. М. Шейко, Н. М. Кушнарченко. – 6-те вид., перероб. і доп. – Київ : Знання, 2008. – 310 с.
418. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: підруч. для ВНЗ / В. М. Шейко, Н. М. Кушнарченко. – Київ : Знання-Прес, 2002. – 295 с.
419. Шефер Г. Универсальные принципы как основа биологического образования / Г. Шефер // Биология в школе. – 1993. – № 1. – С. 38–41.
420. Шимко Е. А. Формирование методологических знаний и умений учащихся при изучении физических явлений [Электронные ресурсы] / Е. А. Шимко // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2010. – Вып. 2-2. – С. 26–30. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-metodologicheskikh-znaniy-i-umeniy-uchaschihsya-pri-izuchenii-fizicheskikh-yavleniy> (дата обращения: 8.04.2017).
421. Шиянов Е. Н. Полипарадигмальность как методологический принцип современной педагогики / Е. Н. Шиянов, Н. Б. Ромаева // Педагогика. – 2005. – № 9. – С. 17–25.
422. Шмальгаузен И. И. Основы эволюционного процесса в свете кибернетики / И. И. Шмальгаузен // Кибернетические вопросы биологии / И. И. Шмальгаузен. – Новосибирск, 1968. – С. 112–140.
423. Штефан Л. В. Системний підхід як основа дослідження інноваційних систем / Л. В. Штефан, О. П. Тарасенко // Педагогіка і психологія. – 2011. – № 4. – С. 114–123.
424. Штофф В. А. Введение в методологию научного познания / В. А. Штофф. – Ленинград : Изд-во Ленинградского ун-та, 1972. – 192 с.
425. Штульман Э. А. Специфика методического эксперимента / Э. А. Штульман // Сов. педагогика. – 1988. – № 3. – С. 61–65.
426. Шубинский В. С. Философское образование в средней школе: Диалектико-материалистический подход / В. С. Шубинский. – Москва : Педагогика, 1991. – 168 с.
427. Шухова Е. В. Лабораторний практикум для шкіл з поглибленим вивченням біології / Е. В. Шухова, Н. В. Вадзюк, С. Г. Макарова. – Київ : Освіта. – 1992. – 240 с.
428. Югай Г. А. О методологических предпосылках построения теоретической биологии / Г. А. Югай // Философские проблемы биологии. – Москва, 1973. – С. 175–179.
429. Юдин Б. Г. Единство и многообразие биологического познания / Б. Г. Юдин // Вопросы философии. – 1983. – № 6. – С. 6979.
430. Юдин Б. Г. Методологическая характеристика процессов взаимодействия наук / Б. Г. Юдин // Методологические проблемы взаимодействия общественных, естественных и технических наук / Б. М. Кедров, П. В. Смирнов, Б. Г. Юдин. – Москва, 1981. – С. 178–197.
431. Юдин Б. Г. Методологический анализ как направление изучения науки : монография / Б. Г. Юдин. – Москва : Наука, 1986. – 264 с.
432. Юдин Э. Г. Системный подход и принцип деятельности: Методологические проблемы современной науки / Э. Г. Юдин. – Москва : Наука, 1978. – 391 с.

433. Ягодковская Н. В. Константин Павлович Ягодковский.
К 130-летию ко дню рождения / Н. В. Ягодковская // Биология в школе. – 2007. – №. 7. – С. 15–19.
434. Ягодковский К. П. Вопросы общей методики естествознания / К. П. Ягодковский. – Москва : Учпедгиз, 1954. – 276 с.
435. Яновская С. А. Методологические проблемы науки / С. А. Яновская. – Москва, 1972. – 280 с.
436. Ярошевский М. Г. История науки и школьное обучение / М. Г. Ярошевский, Л. Я. Зорина. – Москва : Знание, 1978. – 190 с.
437. Яценко Л. В. Метод и методологическая теория как продукты разных видов творчества (методологического и научного) / Л. В. Яценко // Взаимосвязь методологии и методов специальных наук. – Обнинск, 1985. – С. 44–47.
438. Contemporary debates in philosophy of biology / edited by Francisco J. Ayala and Robert Arp. / Francisco J. Ayala and Robert Arp. – Singapore, 2010. – 441 p.
439. Millar Robin The role of practical work in the teaching and learning of science / Robin Millar. – High School Science Laboratories : Role and Vision, National Academy of Sciences. – Washington, 2004. – 25 p.

Монографія

О. В. КОМАРОВА

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА
ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАНЬ
СТАРШОКЛАСНИКІВ ІЗ
ЗАГАЛЬНОЇ БІОЛОГІЇ**

Підписано до друку 04.05.2017.
Формат 64x90/16. Ум. др. арк. 17,75
Тираж 300 прим. Замовлення №04-05/17-15

Видавництво «Діонат» (ФО-П Чернявський Д.О.)
пр. 200 річчя Кривому Рогу, 17, (зуп. «Спаська»),
тел.: (056) 440-21-63; (067) 539-14-26.
Свідоцтво ДК 3449 від 02.04.2009 р.
www.dionat.com

