МОЖЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОЧІКУВАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛІЗУ В КУРСІ БІОЛОГІЇ НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ В СТАРШІЙ ШКОЛІ

POSSIBILITIES OF FORMING OF THE EXPECTED RESULTS OF STUDIES DURING STUDY OF FERMENTATIVNOGO CATALYSIS IN A COURSE BIOLOGY AT TYPE LEVEL AT SENIOR SCHOOL

У статті представлено вивчення ферментативного каталізу в курсі біології в старшій школі. Мета статті полягає у вивченні можливостей формування очікуваних результатів навчання під час вивчення ферментативного каталізу в 10 класі на профільному рівні.

Проаналізована кількість годин, яка передбачена в шкільній програмі для вивчення теми «Обмін речовин», з погляду можливостей формування очікуваних результатів навчання. Наведені теми з програми біології для 8 класу, у яких формуються первинні уявлення про ферменти. Змодельована ситуація, за якої набуті раніше знання про білки не можуть забезпечити відповіді на основні питання нової теми. Відбувається стимулювання критичного осмислення явища ферментативного каталізу, що забезпечує використання механізмів формування предметних компетентностей – особистісної мотивації, прагнення до самореалізації.

Запропонована логіка бесіди з учнями, що забезпечує формування одного із компонентів очікуваних результатів навчання: оперування термінами «фермент-субстратний комплекс», «активний центр ферменту» без механічного їх запам'ятовування.

Представлена послідовність питань, відповіді на які логічно приводять до формування очікуваного результату навчання у вигляді розуміння й усвідомлення учнями сутності процесу каталізу, саморегуляції та діяльності коферментів. Запропонований підхід до викладання навчального матеріалу, який завершує формування здатності оперувати термінами «інгібування за типом зворотного зв'язку» й «алостеричне інгібування». Це очікувані результати навчання з категорії «знання», сформульовані в навчальній програмі. Через залучення знань із хімічної природи ферментів показана можливість використання такого механізму формування компетентностей, як міждисциплінарність.

Наведені міркування й аргументи можуть допомогти вчителям біології у формуванні очікуваних результатів навчання під час вивчення ферментативного каталізу в курсі біології на профільному рівні в старшій школі.

Ключові слова: очікувані результати навчання, ферментативний каталіз, між-

дисциплінарність, навчальна програма, профільний рівень.

In the article the study of fermentativno catalysis is presented in a course biology at senior school. The purpose of the article consists in the study of possibilities of forming of the expected results of studies during the study of fermentativno catalysis in a 10 class at type level. Analysed amount of hours, which is foreseen in the school program for the study of theme "Exchange of matters", from point of possibilities of forming of the expected results of studies. The resulted themes are from the program of biology for a 8 class, in which primary pictures are formed of enzymes. Modelled situation at which purchased ranishe knowledges about albumens can not provide an answer for the basic questions of new theme. There is stimulation of critical comprehension of the phenomenon of fermentativno catalysis which provides the use of mechanisms of forming of subject kompetentnostey – personality motivation, aspiration, to self-realization. Offered logic of conversation with students, that provides one forming of components of the expected results of studies: operation terms "enzyme-substratniy complex", "zymophore" without their mechanical memorizing. Presented sequence of questions, answer, on which logically result to in forming of the expected result of studies as understanding and awareness of essence of process of catalysis, self-regulation and activity of coferevents students. In the article offered approach near teaching of educational material which completes forming of ability to operate terms "ingibuvannya on the type of feed-back" and "alosterichne ingibuvannya". It is the expected results studies from the category of "knowledge", formulated in an on-line tutorial. Through bringing in of knowledges from chemical nature of enzymes the rotined possibility of the use of such mechanism of forming of kompetentnostey as mizhdisciplinarnist. Reasonings and arguments resulted in the article can help the teachers of biology in forming of the expected results of studies during the study of fermentativno catalysis in a course biology at type level at senior school.

Key words: expected results of studies, fermentativniy catalysis, mizhdisciplinarnist', on-line tutorial, type level.

УДК 371.321.1:57

DOI <https://doi.org/10.32843/2663-6085/2020/29-2.2>

Москаленко М.П.,

канд. біол. наук,
доцент кафедри загальної біології
та екології
Сумського державного педагогічного
університету імені А.С. Макаренка

Міроненко Л.П.,

канд. пед. наук,
доцент кафедри загальної біології
та екології
Сумського державного педагогічного
університету імені А.С. Макаренка

Торяник В.М.,

канд. біол. наук,
доцент кафедри загальної біології
та екології
Сумського державного педагогічного
університету імені А.С. Макаренка

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Очікувані результати навчання – «сукупність знань, умінь, навичок, інших компетентностей, набутих особою у процесі навчання, які можна ідентифікувати, кількісно оцінити та виміряти» [1, с. 3]. Формування цих результатів лежить у межах компетентнісного підходу, який сьогодні широко реалізується в закладах загальної середньої освіти.

Головне в такому підході – орієнтація на результати навчання, а не на зміст. К новій шкільній програмі з біології та екології для 10–11 класів на профільному рівні передбачено достатню кількість годин для здобуття якісної освіти учнями старшої школи. Отже, вчителю біології надано нові професійні можливості для формування очікуваних результатів навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досить тривалий час у педагогічній спільноті відбувається широке обговорення компетентнісного підходу в навчанні [2, с. 8; 3, с. 408; 4, с. 198; 5, с. 222; 6, с. 55; 7, с. 78; 8, с. 23; 10, с. 76; 11, с. 58]. Особливістю більшості цих публікацій є обговорення головних методологічних засад і можливостей здобуття біологічної освіти в межах указанного підходу. МОН України у 2017 році оновило навчальні програми для закладів загальної середньої освіти [1, с. 1].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Попри згадані вище дослідження, залишається не вирішеною проблема практики формування очікуваних результатів навчання під час вивчення тем навчального предмета «Біологія і екологія», що визначені в шкільній програмі для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти [1, с. 1].

Мета статті полягає у вивченні можливостей формування очікуваних результатів навчання під час вивчення ферментативного каталізу в курсі біології на профільному рівні в старшій школі.

Виклад основного матеріалу. У навчальній програмі 10–11 класів «Біологія та екологія» для закладів загальної освіти (профільний рівень) на вивчення теми «Обмін речовин та енергії» відводиться 50 годин [1, с. 13]. Це цілком достатньо для формування програмних результатів навчання за умови використання ефективних методичних підходів.

У визначеному змісті навчального матеріалу шкільної програми пропонується орієнтовна тема одного або декількох уроків «Особливості ферментативного каталізу». Один із важливих підходів при вивченні цієї теми – це базовий принцип «форма визначається змістом». Якщо його застосувати до ферментативного каталізу, то він буде звучати приблизно так: «можливості використання білків як каталізаторів визначаються їх будовою та внутрішньою структурою».

Значення білків досить часто обговорюється під час вивчення біології та інших природничих дисциплін (хімія) і в попередніх класах. Так, у 8 класі за підсумками вивчення теми «Обмін речовин та перетворення енергії в організмі людини» учні повинні знати, як пояснити «функціональне значення для організму білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, води та мінеральних речовин» [9, с. 24]. У темі «Травлення» один із очікуваних результатів навчання з компонента «знання» є уміння «спостерігати й описувати дію ферментів слини на крохмаль» [9, с. 24]. Тобто в учнів 10 класу вже є первинні уявлення щодо білків і їх значення в природі.

Ми пропонуємо змодельовувати ситуацію, за якої набуті раніше знання не можуть забезпечити відповіді на основне питання теми. Для цього перше й основне питання, яке, на нашу думку, потрібно поставити учням, таке: «Чому як каталізатори

хімічних реакцій використовуються молекули саме білкової природи, а не інших груп органічних молекул (цукри, ліпіди тощо)?» За деякими характеристиками ці речовини дуже подібні до білків (молекулярна маса, полімерність, елементарний склад тощо). Тим не менше ферментами за своєю функцією є тільки білки. Очевидно, існує така характеристика білкової молекули, яка робить можливим використання як біологічних каталізаторів саме її, а не інші органічні молекули. Отже, ставляться під сумнів попередні знання про функції білків та інших полімерних органічних молекул. Учні вже знають про їх значення в природі, але без обґрунтування відповіді на питання: чому виконання великих і важливих завдань в органічному світі покладено саме на молекули білків? Виникає проблемна ситуація «розриву», коли вже відоме, очевидне насправді не є таким. Це стимулює учнів до критичного осмислення явища ферментативного каталізу, і вони пропонують свої варіанти розв'язання цієї ситуації. Так вдається задіяти деякі з механізмів формування компетентностей, зазначені в преамбулі до шкільної програми з біології: «особистісна мотивація, прагнення до самореалізації» [1, с. 3].

Роль учителя в цей момент полягає в спрямуванні логіки знаходження відповіді в напрямі з'ясування сутності фермент-субстратної взаємодії, адже каталіз – це завжди як мінімум два компоненти, що взаємодіють (фермент-субстратний комплекс). Що ми називаємо субстратом? Речовину, швидкість перетворення якої фермент збільшує у сотні й тисячі разів. Наступне питання: «Які розміри мають молекули більшості субстратів?» Наприклад, молекули неорганічних сполук як субстрати порівняно з ферментами зовсім невеликі. Те саме стосується й молекул більшості органічних речовин. Можна навести доступний для розуміння учнями приклад різної відмінності розмірів: будівля школи (фермент) і парта (субстрат) тощо. Чи можливий у такому випадку просторовий контакт усією поверхнею ферменту й субстрату? Учні легко доходять до висновку: ні, неможливий, а такий контакт може відбутися лише в певній, невеликій ділянці (активний центр). Чому активний центр називають саме так, а не інакше? Очевидно через те, що саме в цьому місці відбувається активна взаємодія ферменту й субстрату. Проміжний висновок полягає в тому, що така послідовність питань без очевидних готових відповідей активізує розумову діяльність учнів і призводить до формування одного з компонентів очікуваних результатів навчання в цій темі з компонента знання: учні «оперують термінами «фермент-субстратний комплекс», «активний центр ферменту» [1, с. 16]. Саме оперують термінами, тобто здійснюють розумові операції з ними. При цьому не відбувається процесу простого запам'ятовування готових визначень.

На цьому етапі з'ясовано співвідношення розмірів ферменту й субстрату (у більшості випадків) і місце їх взаємодії. Ці тези є очевидними й лежать на поверхні, але вони «працюють» на розуміння сутності явища каталізу та пошуку відповіді на головне питання розділу: «Чому як біологічні каталізатори в живій природі використовуються саме білки?»

Далі від загального поняття про субстрати необхідно перейти до характеристики конфігурації їх молекул. Будуть подібними чи різними молекули субстратів за своєю зовнішньою конфігурацією? Учні легко відповідають, що будуть різними, адже набір атомів різних елементів з різним характеристиками хімічних зв'язків обов'язково зумовить різну просторову конфігурацію молекул різних субстратів. Тобто всі субстрати різні, як різні всі геометричні фігури. Порівняння молекул із геометричними фігурами досить грубе й умовне, але відразу переводить абстрактні міркування про просторову конфігурацію молекул до асоціації з предметами (фігурами), з якими учні стикалися в житті та які можуть легко собі їх уявити. Десятий клас (15–16 років) – це вік, коли в дітей відбувається перехід від предметно-образного мислення до абстрактного, для них іще дуже важко весь час концентруватися на абстрактних речах.

Наступне питання для класу: «Яку вимогу до ферменту висуває різноманітність конфігурацій молекул субстратів?» Лише одну: якщо в основі фермент-субстратної взаємодії головну роль відіграють саме просторові взаємовідносини, то для успішного каталізу необхідна максимально точна просторова відповідність ферменту (активного центру) та субстрату. Отже, висновок, який пропонується зробити учням, очевидний: фермент повинен мати можливість створювати багато варіантів власної конфігурації (просторової конформації) для забезпечення вказаної просторової відповідності у фермент-субстратному комплексі чисельним конфігураціям молекул різних субстратів.

Цей проміжний висновок учні досягають разом з учителем через ланцюг спроб відповідей на запропоновані питання, які насправді побудовані так, що відповіді на них логічно приводять до розуміння, усвідомлення сутності процесу каталізу. Це і є те, що називають формуванням очікуваного результату навчання, коли учні «пояснюють явища живої природи із застосуванням елементів наукового методу пізнання» [1, с. 6].

Наступне питання в побудові розгляду ферментативного каталізу – це спроба знайти відповідь на питання: «Яка хімічна сполука органічної природи та значної молекулярної маси здатна створювати багато варіантів власної будови, щоб просторово відповідати багатьом варіантам будови молекул чисельних субстратів?» Для знаходження відповіді вчитель разом з учнями визначає приклад

уже відомої учням речовини з різними варіантами просторової конфігурації – це молекула глюкози. У цій речовині поява хімічного зв'язку між 1 і 6 атомом карбону призводить до зміни лінійної форми молекули на кільцеву. Отже, хімічні зв'язки, їх різноманітність зумовлюють можливість створення різних просторових конформацій хімічних речовин. Різноманітність можливих хімічних зв'язків дотично буде також залежати від загальної кількості атомів у молекулі та їх взаємного розташування один щодо одного.

Після з'ясування вимог до молекул, які можуть бути ферментами, пропонуємо учням перелічити групи органічних речовин, що підпадають за своїми характеристиками під ці вимоги. Очевидно, що передусім це великі органічні речовини, можливо, полімери. Учитель біології спирається на знання учнями будови полімерних молекул із розглянутих у курсі хімії в 9 класі. Разом із класом коротко згадуються ці групи речовин (білки, вуглеводи, жири).

Така побудова розгляду навчального матеріалу з використанням хімічних знань реалізує такий механізм формування компетентності, як міждисциплінарність, визначений у навчальній програмі для закладів середньої загальної освіти «Біологія та екологія. 10–11 клас» [1, с. 3].

Базові знання з хімії 9 класу дають змогу сформулювати учням проміжний висновок, що полімерні вуглеводи можуть утворити дуже обмежену кількість (часто лише одну) варіантів власної просторової конформації, тому що вони складаються лише з одного виду мономерів. Тому ця група молекул не може виконувати каталітичну функцію. А яка ж група великих полімерів відповідає всім заявленим раніше вимогам до ферментів? Відповідь на це питання учні дізнаються, пригадавши будову білкових молекул, зокрема їх первинну структуру. Білки завжди мають як мономери різноманітні амінокислоти, тому зміна хімічних зв'язків між несусідніми молекулами амінокислот дає можливість створювати безліч варіантів просторових конформацій білкових молекул (третинна структура білків). Отже, саме білки можуть забезпечити головну умову ферментативного каталізу – просторову відповідність субстрату й активного центра ферменту.

Такий висновок, до якого дійшли учні разом з учителем через низку послідовних логічних проміжних питань, і є сформованим очікуваним результатом навчання у вигляді знань і можливості «оперувати терміном «каталіз», який закладено в зміст шкільної програми з біології та екології на профільному рівні [1, с. 16].

Просторові взаємовідносини субстрату й ферменту – це лише одна з характеристик явища каталізу. Не менш важливо сформувати в учнів розуміння термодинамічних особливостей каталізу. Пропонуємо розгляд цього моменту розпочати

з обговорення з класом такого питання: «Які умови необхідно виконати для успішного протікання будь-якої реакції?» Таке формулювання зразу ставить каталітичні реакції в один ряд з усіма іншими й дає можливість учням визначити декілька варіантів відповідей. Учитель обирає серед запропонованих відповідей ті, що пов'язують можливість протікання реакції з витратами енергії. Теза дуже проста: будь-яка реакція потребує енергетичних витрат на свій «старт» (енергія активації).

Фіксування цього положення робить можливим для вчителя наступним кроком створити проблемну ситуацію для активізації розумової діяльності учнів. Педагог констатує: раз фермент прискорює реакцію в сотні й тисячі разів, отже, фермент-субстратна взаємодія використовує еквівалентну дуже велику кількість енергії для свого здійснення? Логічно буде підтвердити цю тезу, й учні це роблять. І тут же вчитель руйнує цю логіку, подаючи правильну відповідь: насправді ж реакції ферментативного каталізу різко знижують енергію активації. Це дуже важливий момент, яким учитель виводить каталіз за межі сталого уявлення учнів про хімічні реакції. Застосування такого підходу «на контрасті» забезпечує ефективне засвоєння ще однієї характеристики каталізу – термодинамічної. Це дасть учням змогу в подальшому більш упевнено «оперувати терміном «каталіз», що є компонентом «знання», з визначених у шкільній програмі очікуваних результатів навчання [1, с. 16].

Наступне питання, для розв'язання якого вчитель уже може опиратися на набуті учнями знання про ферментативний каталіз, має більш загальний біологічний характер: «Навіщо прискорювати швидкість реакцій у живій природі?» У чому полягає значення такого незвичного прискорення реакцій у живому організмі, адже кожна реакція має свою звичайну швидкість перетворення речовин, які ми називаємо субстратом? Давайте разом знайдемо сенс надання їм такої «надшвидкості». Зазвичай таке питання взагалі не розглядається під час вивчення ферментативного каталізу. Можливо, через обмежену кількість годин, відведених шкільною програмою для теми «Обмін речовин і енергії» на рівні стандарту (15 годин). Шкільна програма з біології та екології профільного рівня дає набагато більші можливості для детального обговорення основних моментів обміну речовин (50 годин), а саме до таких належить діяльність ферментів [1, с. 13].

Учні пропонують свої варіанти відповіді на визначене вище питання. Його легко включити в процес подальшого обговорення через продукти реакцій, адже висока швидкість реакцій – це висока швидкість утворення продуктів реакцій, які, у свою чергу, є вихідними для подальших перетворень. Так утворюється так званий «метаболічний шлях» перетворення певної групи речовин. Сукупність

метаболічних шляхів, які перетинаються, можна умовно назвати обміном речовин, адже в основі обміну речовин лежать усі можливі перетворення речовин в організмі та їх транспорт між частинами системи в зовнішнє середовище та з нього. Згадка про зовнішнє середовище в контексті останнього положення дає можливість перейти до наступного логічного питання в обговоренні: «Характеристики середовища можуть змінюватися з великою швидкістю?» Відповідь для учнів очевидна: так. До загальної відповіді на основне питання залишається один крок. Які системи будуть мати переваги та кращі можливості власного існування під час швидких змін середовища? Учні тепер уже легко відповідають, що ті системи, які будуть здатні до власних швидких змін. Отже, ферментативний каталіз є основою існування живих систем у середовищі. Так сформується компонент «ставлення» з переліку очікуваних результатів навчання в темі «Обмін речовин та енергії» – здатність учнів робити висновок, що «процеси обміну речовин контролюються ферментами» [1, с. 17].

Такий підхід дає змогу перейти до розгляду явища адаптації. Зазначимо, що вивчення цього питання винесено в програму наступного, 11, класу як окрема тема «Адаптації». У цій темі є декілька підтем, одна з яких «Саморегуляція» (15 годин). В основі адаптації організмів до існування в середовищах із різними характеристиками лежать молекулярні та клітинні регуляторні механізми, тому зміст навчального матеріалу цієї підтеми стосується в основному саме цих моментів: «Саморегуляція на молекулярному рівні. Регуляція активності ферментів» [1, с. 51]. Тому, на нашу думку, під час вивчення явища каталізу в 10 класі все ж доцільно дати учням первинні уявлення про регуляцію активності ферментів, адже ці речі органічно пов'язані між собою в темі «Обмін речовин і енергії», і недоцільно розривати їх розгляд у часі на значний період. Це дасть учням можливість у майбутньому краще засвоїти тему «Адаптації».

Компонент «знання» очікуваних результатів навчання в темі «Обмін речовин та енергії» також передбачає формування в учнів здатності оперувати термінами «алостеричне інгибування», «інгибування за типом зворотного зв'язку», «кофермент» [1, с. 16]. Усі ці явища безпосередньо пов'язані з регуляцією активності ферментів.

Ми пропонуємо розпочати з простого завдання до класу: доберіть синоніми до слова «регуляція». Зазвичай учні називають як синоніми «контроль» та «управління». Обидва варіанти не відповідають повною мірою значенню слова «регуляція». Насправді регульованими називають процеси, у яких можна змінити напрямок або швидкість, із якою вони відбуваються. Тому все, що буде впливати на швидкість ферментативного каталізу або його напрямок, буде регулювати цей процес.

Такі прості операції зі словом «регуляція» вже з самого початку обговорення створюють в учнів базу розуміння подальшого обговорення регуляції ферментативного каталізу.

Далі так само встановлюємо разом із класом сутність загального поняття «швидкість» – це результат будь-якого процесу, віднесений до одиниці часу. А швидкість хімічної реакції? Кількість її продуктів, створених в одиницю часу. Це стосується й реакцій ферментативного каталізу. Що може вплинути на кількість створених продуктів реакції в одиницю часу? Кількість субстрату як речовин, швидкість перетворення яких здійснює фермент. Є субстрат – є хімічна реакція в присутності ферменту. Чим його більше, тим більше продуктів реакції, отже, швидкість ферментативного каталізу й навпаки, це проміжний висновок про можливе регулювання таких реакцій (концентрація субстрату).

Така логіка побудови навчального матеріалу ще раз підкреслює для учнів те, що реакція ферментативного каталізу – така ж хімічна реакція, як і багато інших, хоча з власними особливостями. У цьому моменті знову задіяно механізм формування компетентностей – міждисциплінарність [1, с. 3].

Далі використовується метод, коли учні стверджують або спростовують загальну тезу, викладену вчителем. Звучить вона приблизно так: деякі ферменти, окрім активного (каталітичного) центру, мають ще один – алостеричний. Навіщо він потрібний, у чому його функціональне значення в процесі регуляції ферментативного каталізу? Учні пропонують свої варіанти, серед яких разом з учителем відбирають ті, що правильно визначають значення такого нового для них поняття, як алостеричний центр. Тим самим вони вже оперують цим поняттям і роблять перший крок у напрямі формування очікуваного результату навчання з категорії «знання» – здатність оперувати терміном «алостеричне інгибування» [1, с. 16].

Допомогою на цьому етапі буде наступне питання до учнів: якщо активний центр ферменту безпосередньо контактує із субстратом і забезпечує збільшення швидкості реакції, то з чим може контактувати алостеричний центр і як його діяльність вплине на швидкість реакції ферментативного каталізу? Сама побудова питання підштовхує учнів на пошук процесу, протилежного «збільшення швидкості», – це «зменшення швидкості». Залишається з'ясувати, з чим контактує алостеричний центр під час здійснення своєї гальмуючої дії. З переліку компонентів, які беруть участь у хімічній реакції, незадіяними залишилися лише її продукти. Можемо передбачити, що продукти реакції контактують з алостеричним центром і це приводить до зменшення (гальмування, інгибування) швидкості ферментативної реакції. Чи можемо ми

цей процес назвати «алостеричне інгибування»? Так. Чи є цей процес одним із елементів регуляції реакцій ферментативного каталізу? Так.

Отже, запропонована послідовність постановки питань і вибір відповідей під час бесіди підтвердили визначене на початку розгляду функціональне значення алостеричного центру в процесі регуляції ферментативного каталізу, тим самим стали засобом формування здатності оперувати терміном «алостеричне інгибування» без механічного запам'ятовування. Оволодіння цим терміном буде неповним без розуміння учнями того, що ж відбувається з молекулою ферменту під час такого інгибування каталітичної реакції. Для такого розуміння необхідно поставити наступне питання: «Якщо максимальна швидкість реакції ферментативного каталізу визначається високим рівнем просторової відповідності активного центру та субстрату, то що буде забезпечувати зменшення швидкості такої реакції?» Відповідь очевидна, учні її легко знаходять: це порушення такої оптимальної просторової відповідності. І тут учитель знову повертається до алостеричного інгибування: «Чи може продукт реакції завдяки взаємодії з алостеричним центром змінити просторову конформацію ферменту загалом та активного центру зокрема?» Учні підтверджують, що такий варіант розвитку подій цілком можливий. Що ж буде в такому випадку зі швидкістю реакції ферментативного каталізу? Вона різко гальмується. Питання до класу, яке підсумовує обговорення: «Чи маємо ми тепер право називати алостеричний центр «регуляторним центром»?» Очевидно, що так. Чи можна таке інгибування називати «інгибування за типом зворотного зв'язку»? Так, адже продукти реакції діють «назад», «у зворотному напрямку»: інгибують швидкість прямої реакції з власного створення.

Відповідь на останнє питання завершує формування здатності оперувати термінами «інгибування за типом зворотного зв'язку» та «алостеричне інгибування», тобто очікуваного результату навчання з категорії «знання», визначеного в шкільній програмі [1, с. 16].

Останній термін, яким повинні навчитися оперувати учні при опануванні явища ферментативного каталізу, – це «кофермент» [1, с. 16].

На нашу думку, доцільно розпочати зі складників самого слова кофермент і запропонувати класу визначити лінгвістичне значення префікса «ко». Або запропонувати згадати, де й у якому значенні учні зустрічали назви компаній, наприклад «Сміт і К^о», адже компанія – це група людей, які спільно працюють на досягнення загальної мети. Далі проводимо аналогію з терміном кофермент, учні вже легко визначають, що це речовини, які працюють на спільну мету разом з ферментами, тому «коферменти». Вони не входять до фермент-субстратного комплексу й безпосередньої

участі в реакції каталізу на беруть, але забезпечують інші умови здійснення реакцій: переносять групи атомів з однієї реакції в іншу. Цей момент також дає змогу підтримувати швидкість реакцій на високому рівні. Доцільно також згадати про хімічних попередників коферментів, вітамінів. Останні потрапляють в організм із зовнішнього середовища, модифікуються й набувають функціональних властивостей коферментів. Така бесіда дуже наглядно і просто представляє роль останніх у живому організмі. Завершити можна домашнім завданням у вигляді пошуку прикладів коферментів. Також запропонувати пояснити, чому навесні в людському організмі часто уповільнюються реакції, настає сонливість тощо. Пошук відповіді приведе до остаточного формування здатності оперувати терміном «кофермент» [1, с. 16].

Усі наведені побудови навчального матеріалу є варіантом формування очікуваного результату навчання з категорії «ставлення» – здатності учнів робити висновок, що «процеси обміну речовин контролюються ферментами» [1, с. 17]. Надалі в темі «Обмін речовин» ця теза буде багатократно підтверджена під час розгляду окремих складників обміну речовин: процесів аеробного окислення, бродіння, біосинтезу тощо, адже ці процеси неможливі без участі відповідних ферментів, будова й діяльність яких буде вивчатися більш детально на конкретних прикладах.

Висновки. На нашу думку, наведені міркування можуть допомогти вчителям біології та екології сформувати очікувані результати навчання під час вивчення ферментативного каталізу в курсі біології на профільному рівні в старшій школі. Можливо, наведена логіка побудови викладення навчального матеріалу допоможе ефективно виконати завдання шкільної програми, покладені на вчителя в старшій школі на профільному рівні. Зазначимо, що на рівні стандарту кількість відведених шкільною програмою годин не дає змоги так детально розглядати ферментативний каталіз та інші розділи теми «Обмін речовин».

Подальші дослідження можуть лежати в площині пошуку нових шляхів формування очікуваних результатів навчання під час вивчення інших тем навчального предмета «Біологія і екологія» в 10–11 класі на профільному рівні.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Біологія 6–9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/.../navchalni-programi-5-9-klas>.
2. Бондар С.П. Компетентність особистості – інтегрований компонент навчальних досягнень учнів. *Біологія і хімія в школі*. Київ, 2003. № 2. С. 8–10.
3. Компетентність у навчанні. Компетенції. Енциклопедія освіти / гол. ред. В.Г. Кремін. Київ : Юрінком Інтер, 2008. С. 408–409.
4. Коршевнік Т.В. Компетентнісний потенціал підручника біології. *Проблеми сучасного підручника* : збірник наукових праць. Київ, 2018. Вип. 20. С. 197–203.
5. Матяш Н.Ю. Предметна (біологічна) компетентність: її прояв у результатах загальноосвітньої підготовки учнів основної школи. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія «Педагогіка»*. 2016. № 3. С. 116–121.
6. Матяш Н.Ю. Фундаменталізація шкільної біологічної освіти – основа формування предметної компетентності учня. *Український педагогічний журнал*. Київ, 2018. № 1. С. 54–60.
7. Міронець Л.П. Система інформаційних технологій у формуванні професійної компетенції вчителя біології. *Проблеми підготовки фахівців* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Дні науки 2005». Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. С. 78–79.
8. Москаленко М.П., Вакал А.П., Міронець Л.П. Практичні роботи фізіологічного спрямування як засіб реалізації предметних компетенцій під час навчання біології у старшій школі на профільному рівні. *Актуальні питання природничо-математичної освіти* : збірник наукових праць. Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2018. № 2 (10). С. 23–27.
9. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Біологія 6–9 класи. URL: <https://ru.osvita.ua/school/program/program-5-9/56139/>.
10. Рибалко Л.М. Компетентісно орієнтоване навчання як стратегія інноваційного розвитку освіти в Україні. *Інноваційний розвиток вищої освіти: глобальний та національний виміри змін* : матеріал IV Міжнародної науково-практичної конференції. Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2017. С. 76–79.
11. Степанюк А.В. Фундаменталізація змісту біологічної освіти школярів. *Педагогічний альманах*. 2010. № 5. С. 58–63.