

ДОСВІД ПІДГОТОВКИ УЧНІВСЬКИХ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ З ОГЛЯДУ НА ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Ткачук Н.В.¹, Зелена Л.Б.^{2,3}

¹Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка
вул. Гетьмана Полуботка, 53, 14013, Чернігів

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України
вул. Академіка Заболотного, 154, 03143, Київ

³Київський національний університет технологій та дизайну
вул. Немировича-Данченка, 2, 01011, Київ
nataliia.smykun@gmail.com, zelenalyubov@gmail.com

У статті розглянуто питання біологічної та екологічної освіти для сталого розвитку у ході науково-дослідної роботи з біотестування та мікробіології. Представлено власний досвід керівництва науково-дослідною роботою учнів Чернігівського ліцею № 32, які цікавилися біологією. Зазначено тематику науково-дослідної роботи учнів з фітотестування: 1) дослідження фітотоксичності осадів очисних споруд КП «Чернігівводоканал» різного терміну зберігання, розробкою методичних рекомендацій фітотестування відходів для підприємства очистки стічних вод, які передбачають швидке та дешеве оцінювання токсичності відходів; 2) дослідження цитогенетичних показників кореневої меристеми цибулі під впливом антропогенних чинників, а саме синтетичних похідних діючої речовини пестициду симазин, похідних сечовини на основі пестициду лінурон; та екологічної мікробіології: 1) ознайомлення з біорізноманіттям мікроорганізмів ґрунту, зокрема корозійно активними мікроорганізмами, виділенням та ідентифікацією переважаючих представників корозійно активного угруповання, їх біобезпекою; 2) дослідження чутливості корозійно активних мікроорганізмів щодо синтетичних гетероциклічних сполук для пошуку сполук-біоцидів; 3) дослідження біоплівкоутворювальних властивостей бактерій. Зазначається, що використаний підхід до науково-дослідницької діяльності дозволяє учням отримати глибокі знання з біології та екології, сформувати уміння систематизувати матеріал, аналізувати умови та результати, осмислювати місце предмета дослідження у практичній діяльності людини. На основі аналізу тематики дослідницької діяльності учнів констатовано, що в ході підготовки та реалізації проектів набувалися знання та формувалися уміння стосовно таких цілей сталого розвитку як 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші). В результаті дослідницької діяльності були створені умови для розвитку особистості, її самовизначення та самореалізації у майбутній професійній діяльності. *Ключові слова:* біотестування, мікробіологія, науково-дослідна робота учнів, цілі сталого розвитку.

Experience in preparing pupils' research work of ecological and biological orientation in view of the goals of sustainable development. Tkachuk N., Zelena L.

The article considers the issues of biological and ecological education for sustainable development in the course of research in biotesting and microbiology. The own experience of the management of research work of pupils of Chernihiv lyceum №32 who were interested in biology is presented. The topics of research work of pupils on phytotesting are indicated: 1) study of phytotoxicity of sludge of treatment facilities of "Chernihivvodokanal" of different shelf life, development of methodological recommendations for phytotesting of waste for wastewater treatment plants, which provide rapid and cheap assessment of waste toxicity; 2) study of cytogenetic parameters of the root meristem of onion under the influence of anthropogenic factors, namely synthetic derivatives of the active substance of the pesticide simazine, urea derivatives based on the pesticide linuron; and ecological microbiology: 1) acquaintance with the biodiversity of soil microorganisms, in particular corrosion-active microorganisms, isolation and identification of the predominant representatives of the corrosion-active community, their biosafety; 2) study of the sensitivity of corrosive microorganisms to synthetic heterocyclic compounds to search for biocidal compounds; 3) study of biofilm-forming properties of bacteria. It is noted that the approach to research allows students to gain in-depth knowledge of biology and ecology, to form the ability to systematize material, analyze conditions and results, to understand the place of the subject of research in human practice. Based on the analysis of students' research activities, it was stated that during the preparation and implementation of projects acquired knowledge and skills were developed in relation to such sustainable development goals as 3 (Good health and wellbeing), 6 (Clean water and sanitation), 9 (Industry, innovation and infrastructure), 15 (Protection of terrestrial ecosystems). As a result of research activities, conditions were created for the development of personality, self-determination and self-realization in future professional activities. *Key words:* biotesting, microbiology, research work of pupils, goals of sustainable development.

Постановка проблеми та актуальність дослідження. Екологічна освіта для сталого розвитку здійснюється у ході навчання школярів при вивченні різних дисциплін, наразі й біології [1]. В цілому науки про живу природу біологія і екологія разом з іншими природничими науками формують нау-

кову картину світу [2-3]. Поряд з цим гостро стоїть питання необхідності активізації науково-дослідної діяльності молоді, зважаючи на критичну ситуацію з поповненням національної науки молодими кадрами [4]. Значні можливості для організації дослідницької діяльності учнів надають біоло-

гічні об'єкти та процеси [3]. Зокрема ознайомлення з біотестуванням дозволяє вивчити можливості біологічної індикації, її організації та проведення у сучасних умовах, основні методологічні критерії та підходи, що застосовуються при розв'язанні біоіндикаційних задач на різних рівнях [5]. Методики досліджень з біотестування та біоіндикації для використання у роботі з учнями прості та доступні [6-7]. Ті методики біотестування, що відповідають ISO стандартам, розглядаються як інструменти забезпечення безпеки, якості та стійкості промислового розвитку [8]. Наприклад, ISO 23734:2021 сприяє цілі 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура) сталого розвитку [9].

Мікробіологія теж має важливу роль у реалізації глобальних цілей стійкого розвитку, зокрема щодо цілей 2 (Подолання голоду), 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 5 (Гендерна рівність), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 7 (Доступна та чиста енергія), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 12 (Відповідальне споживання та виробництво), 13 (Пом'якшення наслідків зміни клімату), 14 та 15 (Захист екосистем води та суші) [10]. Допомогти учням ознайомитися з ультраструктурою, морфологією, систематикою, генетикою, фізіологією мікроорганізмів, їх роллю у біосфері та практичній діяльності людини можуть рекомендовані доступні мікробіологічні методики дослідження [7, 11]. В той же час публікації щодо педагогічного досвіду розвитку дослідницької діяльності учнів з біотестування та мікробіології стосовно цілей сталого розвитку відсутні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розвиток дослідницьких здібностей учнів відбувається як за умов цілісної системи відбору, діагностики та навчання обдарованих учнів у навчальному закладі, так і за умов їх залучення до науково-дослідної роботи [4]. Сучасні дослідники питання організації учнівського дослідження вважають, що з наукового та методичного кутів зору ця тема є досить розробленою на сучасному етапі розвитку шкільної та позашкільної освіти [3]. Відзначається багатогранність проблеми організації науково-дослідної роботи [4]. Дослідницька діяльність учнів була і залишається об'єктом вивчення як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, які зауважують значущість цього питання: Алфімова В., Бабанського Ю., Вербицького В., Гридневої К., Грицай Ю., Загвязинського В., Ковбасенко Л., Козакова В., Лактіонової Г., Литвинова Н., Літова З., Микитюка О., Моляка В., Надеїнського Б., Оконь В., Паламарчук В., Полонського В., Пустовіт Г., Редіна В., Рудницької О., Савенкова О., Сиротенко А., Смородинської М., Солдатенко М., Сологуб А., Сорокіна М., Сущенко Т. [4, 12].

Наразі в публікаціях поряд з поняттям дослідницької діяльності з'явилося поняття проектної дослідницької діяльності [13]. При цьому проект орієнтований на практику та закладає глибину

розв'язання проблеми, а дослідження таких границь не має [3]. В той же час обидва підходи є методами реалізації діяльнісного підходу, оскільки допомагають учням у самовизначенні при виборі траєкторії навчання та розвитку.

Успішне здійснення дослідницької діяльності учнів базується на оволодінні ними умінь та навичок: 1) знаходити проблему; 2) коректно задавати питання; 3) висувати власну гіпотезу; 4) усвідомлено визначати поняття; 5) класифікувати матеріал; 6) спостерігати; 7) здійснювати експериментальну роботу; 8) обґрунтовувати висновки, формулювати умовиводи; 9) структурувати матеріал, що вивчається; 10) грамотно працювати з текстом, що аналізується; 11) доводити, обґрунтовувати та захищати свої ідеї, проекти, результати дослідження [14].

Вивчити можливості біологічної індикації, її організації та проведення у сучасних умовах, основні методологічні критерії та підходи, що застосовуються при розв'язанні біоіндикаційних задач на різних рівнях дозволяє біотестування та біоіндикація [5]. Є публікації, у яких наведено прості та доступні методики досліджень з біотестування та біоіндикації для використання у роботі з учнями [6-7]. Як інструменти забезпечення безпеки, якості та стійкості промислового розвитку розглядаються методики біотестування, що відповідають ISO стандартам [8]. Так, ISO 23734:2021 («Бортовий біоаналіз контролю якості морської води з використанням уповільненої флуоресценції мікроводоростей») сприяє цілі 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура) сталого розвитку [9].

Важливу роль у стійкому розвитку має й мікробіологія [10]. Наразі зазначається її важливість у цілях 2 (Подолання голоду), 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 5 (Гендерна рівність), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 7 (Доступна та чиста енергія), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 12 (Відповідальне споживання та виробництво), 13 (Пом'якшення наслідків зміни клімату), 14 та 15 (Захист екосистем води та суші) [10]. Для дослідницької роботи з учнями пропонуються доступні мікробіологічні дослідження будови, фізіології та екології мікроорганізмів, їх ролі у практичній діяльності людини [7, 11]. Наразі публікації, присвячені педагогічному досвіду здобуття учнями знань та формування їх умінь у ході дослідницької діяльності з біотестування та мікробіології стосовно цілей сталого розвитку, відсутні.

Новизна. У роботі представлено власний досвід підготовки науково-дослідних робіт учнів з біотестування та мікробіології, визначено цілі сталого розвитку, яких стосувалася тематика робіт учнів. Окреслені аспекти підтверджують новизну дослідження.

Методологічне або загальнонаукове значення. Протягом 2015-2021 років нами здійснювалося керівництво науково-дослідною роботою учнів

Чернігівського ліцею № 32, які цікавилися біологією, з напрямків біотестування та мікробіології. **Метою** даної роботи було представити досвід залучення учнів до науково-дослідної роботи зазначеного еколого-біологічного спрямування, визначити цілі сталого розвитку, яких стосувалася тематика робіт учнів.

Методика досліджень. У ході дослідження використано загальнонаукові методи (методи теоретичних досліджень доступної інформації), аналітичний та узагальнений методи (для аналізу наукових і літературних джерел з поставленої проблеми); емпіричний (для накопичення фактів); методи аргументування (для доведення власних суджень).

Викладення основного матеріалу. Тематика науково-дослідної роботи учнів була пов'язана з **фітотестуванням**: 1) дослідження фітотоксичності осадів очисних споруд КП «Чернігівводоканал» різного терміну зберігання, розробкою методичних рекомендацій фітотестування відходів для підприємства очистки стічних вод, які передбачають швидке та дешеве оцінювання токсичності відходів (Борисович Ю.Г., 2015-2016 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші); 2) дослідження цитогенетичних показників кореневої меристеми цибулі під впливом антропогенних чинників, а саме синтетичних похідних діючої речовини пестициду симазин (Луговий О.С., 2016-2017 навчальний рік), похідних сечовини на основі пестициду лінурон (Вітун Д.В., 2019-2020 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші); **екологічною мікробіологією**: 1) ознайомлення з біорізноманіттям мікроорганізмів ґрунту, зокрема корозійно активними мікроорганізмами, виділенням та ідентифікацією переважаючих представників корозійно активного угруповання, їх біобезпекою (Вітун Д.В., 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019 навчальні роки; Луговий О.С., 2017-2018 навчальний рік; Ольховик Є.В. 2018-2019, 2019-2020 навчальні роки; Крапивний С.Б. 2020-2021 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста

вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші); 3) дослідження біоплівкоутворювальних властивостей бактерій (Крапивний С.Б. 2020-2021 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура).

В ході роботи з учнями створювався простір для самореалізації учнів, задовольнялися потреби у нових знаннях, спілкуванні, самовираженні, формувалася культура взаємовідносин. Дослідницька діяльність учнів складалася з етапів, які визначаються для такої діяльності з екології [15]. Проте ми об'єднали етапи звітний та інформаційний у загальний звітно-інформаційний етап. Характеристику етапів підготовки учнів наведено нижче.

Етап 1. Підготовчий

Учні вивчали літературні джерела як у бібліотеках, так і у мережі Інтернет. Знайомство з літературою супроводжувалося конспектуванням, джерела класифікувалися в різних формах та видах. Тобто розвивалося уміння аналізувати та узагальнювати інформацію, переробляти її. Учні наближалися до визначення ступеня вивченості теми, а також розуміння ролі власного внеску, визначення права власної роботи на існування та формулювання головної мети, досягти яку вони прагнуть у процесі дослідження. На цьому етапі також знайомилися з необхідним обладнанням та методами. Зокрема учні ознайомилися та опанували наступні методи: **загальнобіологічні** (Борисович Ю.Г., Вітун Д.В., Луговий О.С., Ольховик Є.В.): виготовлення препаратів «роздавлена крапля», препаратів-мазків, мікроскопування; **біотестування**: відбір проб та приготування водної витяжки (Борисович Ю.Г.), дослідження проростання та морфометричних показників тест-рослин (Борисович Ю.Г., Вітун Д.В., Луговий О.С.), оцінки мітотичного індексу та частоти клітин з аберантними хромосомами у кореневій меристемі цибулі ріпчастої (Борисович Ю.Г., Вітун Д.В., Луговий О.С.); **мікробіологічні** (Вітун Д.В., Луговий О.С., Ольховик Є.В., Крапивний С.Б.): приготування середовищ для вирощування бактерій, метод Коха, метод граничних десятикратних розведень, метод вичерпаного штриха, посів у рідке середовище, посів на щільне середовище, опис колоній мікроорганізмів, метод визначення утворення бактеріями ендоспор, методи фарбування клітин бактерій та їх структур (за Грамом у модифікації Каліни, ендоспор за Ганзенем, капсул за Дюгіда), методи визначення фізіолого-біохімічних властивостей (тести на каталазу, оксидазу, утилізацію цитрату, казеїну, жирів, крохмалю, сечовини, желатини, утворення індолу, амоніаку, сірководню, целюлазу, левану, MRVP-тест, відношення до кисню та температури), метод дослідження інтенсивності біоплівкоутворення за поглинанням кристалічного фіолетового сформо-

ваною біоплівкою; **молекулярно-генетичні** (Вітун Д.В., Луговий О.С., Ольховик Є.В.): виділення ДНК з клітин бактерій, полімеразна ланцюгова реакція з праймерами до гена 16S рРНК, секвенування гена 16S рРНК, електрофорез у горизонтальному агарозному гелі, філогенетичний аналіз з використанням бази даних GenBank та комп'ютерної програми MEGA 6.0). Учні оформлювали та заповнювали лабораторні журнали.

Етап 2. Експериментальний

В процесі лабораторних досліджень учні готували обладнання та закладали досліди. Базою була проблемна науково-дослідна лабораторія екологічної біохімії, іхтіології та біокорозії природничо-математичного факультету Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка (м. Чернігів) (рис. 1). Застосування молекулярно-генетичних методів у мікробіології потребували допомоги з боку досвідчених вчених-генетиків, тому учні Вітун Д.В. та Луговий О.С. у 2016 році, а Ольховик Є.В. у 2018 році відвідали Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України (м. Київ), де під керівництвом Зеленої Л.Б. ознайомилися та використали ці методи у своїх дослідженнях. Також учні приймали участь у роботі студентського науково-дослідного гуртка «Біоіндикація» (Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка), разом зі студентами здійснюючи експериментальні дослідження з біотестування та виступаючи перед ними з доповідями.

Етап 3. Камеральний

Здійснювався аналіз результатів, створювалися таблиці, проводилася математична обробка результатів, побудова діаграм, графіків, заповнення паспортів штамів. При цьому застосовувалися статистичні методи дослідження (визначення середнього арифметичного та квадратичного відхилення, достовірності змін з використанням t-критерію Ст'юдента) з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel 2010.

Етап 4. Аналітичний

Проводилася робота з встановлення причинно-наслідкових зв'язків, закономірностей, створювалися рекомендації та пропозиції.

Етап 5. Звітно-інформаційний

Підготовка творчих робіт та тез, виступ на конференції значно підвищують рівень володіння матеріалом. Уміння правильно представити себе, структурувати інформацію, відповісти на питання та задати їх – необхідна умова успішного захисту дослідницького проекту [16]. Тому для формування навичок успішної самопрезентації, уміння представити свої думки в межах публічного виступу на основі отриманих матеріалів готувалися доповіді на конференції, творчі роботи на конкурси.

Конференції, у роботі яких взяли участь учні:

1) «Аграрна наука, освіта, виробництво: європейський досвід для України» (листопад 2015, м. Житомир) – Борисович Ю.Г., учениця 11 класу;

2) «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (жовтень 2016, м. Чернігів) – Вітун Д.В., Луговий О.С., учні 8 класу; 3) «Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2017)» (грудень 2017, м. Чернігів) – Вітун Д.В., Луговий О.С., учні 9 класу; 4) «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (жовтень 2018, м. Чернігів) Ольховик Є.В., учень 10 класу; 5) «Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2019)» – Вітун Д.В., Ольховик Є.В., учні 11 класу; 6) «Биотехнология: достижения и перспективы развития» (листопад 2021, м. Пінськ (Республіка Біларусь) – Крапивний С.Б., учень 10 класу.

Всеукраїнські конкурси, у яких взяли участь учні: 1) «Всеукраїнський конкурс винахідників та раціоналізаторів» (2016 рік) – Борисович Ю.Г., учениця 11 класу (секція «Біологія», II місце); 2) «Всеукраїнська виставка-конкурс «Майбутнє України» (2016 рік) – Вітун Д.В., учень 8 класу (номінація «Технічна творчість та винахідництво», III місце, грант від Ексімбанку); Луговий О.С., учень 8 класу (номінація «Екологія та ресурсозбереження»); 3) «Всеукраїнський науково-технічний конкурс «Intel-Еко Україна 2019» (2019 рік) – Вітун Д.В., учень 10 класу (секція «Біологія», III місце); 4) «Всеукраїнський науково-технічний конкурс «ТехноЕко Україна 2020» (2020 рік) – Вітун Д.В., учень 11 класу (секція «Біологія», III місце).

Учні брали участь у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів-членів Національного центру «МАН України»: Борисович Ю.Г. (2016 рік) «Фітотестування відходів очисних споруд комунального підприємства «Чернігівводоканал» (секція «Зоологія, ботаніка», II місце на II етапі); Вітун Д.В. (2017, 2018, 2019, 2020 роки) «Культурально-морфологічні властивості штамів гетеротрофних бактерій ChNPU F1 та ChNPU F3, виділених з феросфери ґрунту» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі), «Культурально-морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості гетеротрофних бактерій штамів ChNPU F1 та ChNPU F3, виділених з феросфери ґрунту», (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі), «Ідентифікація штамів гетеротрофних бактерій, виділених з феросфери ґрунту» (секція «Селекція та генетика», II місце на II етапі), «Цито- та генотоксичність похідних сечовини на основі пестициду лінурон» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі); Луговий О.С. (2017, 2018 роки) «Фітотоксичність похідних пестициду симазин за *Allium*-тестом» (секція «Екологія», II місце на II етапі), «Ідентифікація залізовідновлювальних бактерій штаму ChNPU ZVB1, виділеного з феросфери ґрунту, мікробіологічними, фізіолого-біохімічними та молекулярно-генетичними методами» (секція «Селекція та генетика», II місце на II етапі); Ольховик Є.В. (2019, 2020 роки) «Мікробіологічна та фізіолого-біохімічна характеристика штаму актинобактерій NUCbC F2,

виділеного з феросфери ґрунту» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі), «Штам актинобактерій NUCChC F2, виділений з феросфери ґрунту, – перспективна тест-культура для дослідження процесів мікробно індукованої корозії» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі); Крапивний С.Б. (2021 рік) «Біоплівкоутворення бактерій-анаеробів, виділених із сульфидогенного угруповання феросфери ґрунту» (секція «Загальна біологія», II місце на III етапі).

Висновки.

Аналізуючи тематику дослідницької діяльності учнів можна констатувати, що в ході підготовки та реалізації проєктів набувалися знання та розвивалися уміння стосовно таких цілей сталого розвитку як 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші).

Залучення учнів до науково-дослідницької діяльності здійснювалося за допомогою наступних форм: участь в роботі МАН України, наукового гуртка,

наукових лабораторій, індивідуальна та групова робота над науково-дослідницькими проєктами, участь у науково-практичних конференціях, конкурсах та конкурсах-виставках дослідницьких робіт, навчальних екскурсіях, розробленні мультимедійних проєктів, самоосвітня діяльність. Використаний підхід до науково-дослідницької діяльності з біотестування та мікробіології дозволив учням отримати глибокі знання з біології та екології, сформувати уміння систематизувати матеріал, аналізувати умови та результати, осмислювати місце предмета дослідження у практичній діяльності людини. В результаті дослідницької діяльності були створені умови для розвитку особистості, її самовизначення та самореалізації у майбутній професійній діяльності.

Подальшу перспективу вбачаємо у продовженні науково-дослідницької роботи з учнями за напрямками біотестування та мікробіології, формуванні та розвитку відповідних знань та умінь з урахуванням цілей сталого розвитку.

Література

1. Shutaleva A., Nikonova Z., Savchenko I., Martyushev N. Environmental Education for Sustainable Development in Russia. Sustainability. 2020. №12. P. 7742. DOI: 10.3390/su12187742
2. Гензьора Т. Проблема формування в учнів наукової картини світу у процесі біологічної освіти. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*. 2013. Частина 1. DOI: 10.31499/2307-4906.0.2013.197817
3. Борисенко Е.Ю., Максимова Е.Н., Макаркина Н.В., Гавриков Д.Е. Особенности организации школьного биологического исследования. *Самарский научный вестник*. 2021. Т. 10, № 1. С. 302-307.
4. Антонова О.С. Залучення старшокласників до науково-дослідної діяльності МАН як засіб розвитку їх дослідницьких здібностей. *Інновації в освіті: інтеграція науки і практики*: зб. наук-метод. праць / за заг. ред. О.А. Дубасенюк. Житомир: ФОП Левковець, 2014. С. 56-75.
5. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу «Біотестування» для студентів-магістрів спеціальності 091 Біологія. Укладач Ткачук Н.В. Чернігів: НУЧК імені Т.Г.Шевченка, 2021. 52 с.
6. Сборник «Методики исследовательской деятельности по экологии» (для руководителей объединений эколого-биологической и естественнонаучной направленности). Сост. Баянова О.В., Максимова С.Л. Тюмень, 2013. 120 с.
7. Методичні рекомендації та лабораторний практикум «Екологія. Основи біоіндикації» / Укладачі: Антоненко С.В., Бобошко О.П. Київ, 2018. 54 с.
8. Goal 9: Industry, innovation and infrastructure: build resilient infrastructure, promote and sustainable industrialization and foster innovation. URL: <https://www.iso.org/sdg/SDG09.html> (Дата звернення: 29.01.2022)
9. ISO 23734:2021 Marine technology — Marine environment impact assessment (MEIA) — On-board bioassay to monitor seawater quality using delayed fluorescence of microalga. URL: <https://www.iso.org/standard/76789.html> (Дата звернення: 29.01.2022)
10. The Role of Microbiology in Sustainable Development. URL: <https://asm.org/Articles/2021/October/The-Role-of-Microbiology-in-Sustainable-Developmen> (Дата звернення: 29.01.2022)
11. Ткачук Н.В., Шевченко В.Л., Третяк О.П. Робочий зошит до лабораторних робіт з мікробіології та вірусології для студентів природничих факультетів вищих педагогічних навчальних закладів. Чернігів, Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка, 2011. 248 с.
12. Дем'янюк В. Особливості роботи викладачів коледжів з обдарованими студентами в системі МАН: досвід і перспективи. Рівне, 2018. 100 с.
13. Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для высш. учеб. заведений. Москва: Академия, 2010. 368 с.
14. Никитина Е. Ю., Чалина К. Н. Сущность и особенности проектной деятельности в профессиональном обучении. *Вестник ЧГПУ; Вестник ЮУрГГПУ*. 2019. № 1. С. 78–96.
15. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. Москва: Академический Проект, 2006. 416 с.
16. Антоняк О.М. Из опыта работы по организации научно-исследовательской деятельности учащихся на примере МБОУ СОШ № 27 города Красноярска. *Вестник магистратуры*. 2014. № 12 (39). Том IV. С. 20-23.