

EDUCATIONAL DISCIPLINE "BIOSAFETY AND BIOETHICS" IN PROVIDING THE PROFESSIONALISM OF BIOTECHNOLOGIST STUDENTS

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

lisova106@ukr.net

This article discusses the historical, methodological and educational aspects of the discipline (ED) "Biosafety and Bioethics", which is designed for Master's degree students and consists of 2 content modules, which is 120 hours, which corresponds to 4 ECTS credits. Each content module includes 4 lectures and 7 laboratory classes, as well as 75 hours of independent work. The study of the ED "Biosafety and Bioethics" contributes to the implementation of the basic rules of biosafety and bioethics in work with students, familiarisation with modern biotechnologies in biological and medical fields of activity, understanding of bioethics, real risks in the manipulation of genomes, knowledge of the main regulatory and legal documents in the world and Ukraine on biosafety and bioethics. Master biotechnologists should be guided by and strictly adhere to legal and ethical aspects when conducting research with living organisms and distributing and disposing of the laboratory material used.

Key words: biosafety, bioethics, educational degree, student of higher education, biolaboratory, GMO, bioprotection.

Connection of the publication with planned research works.

The work was carried out in accordance with the research work 110/1-f-2023 "Regulation of intracellular mechanisms of stress resistance of agricultural plants using carbon nanomaterials". State registration number 004937060123U101993.

Introduction.

Technological development in the 19th-21st centuries led to an imbalance in the Earth's biosphere environment. Due to the new discoveries of promising areas and lack of knowledge of the consequences of interference in ecosystems and biogeocenoses, society has found itself in a trap that arose due to previous discoveries [1-3].

High-tech development and effective methods and protective equipment do not protect biolab personnel and society as a whole from a possible biological threat. Therefore, the latest research in the medical, biological and microbiological sciences should be directed towards solving critical problems. Negligence and violations of safety or handling rules in biological laboratories can lead to the spread of pathogenic infections, damage and even death in large-scale disease outbreaks. For example, COVID-19 in 2019 and others that were released into the environment from the laboratory [4-8]. The society expects clear and coordinated actions from scientists and employees of biolaboratories and manufacturers, requires them not to take risks when creating, reproducing and conducting research with pathogenic strains of microorganisms, and to be responsible in terms of the bioethical component [8-11].

Thus, biosafety is necessary not only for biological laboratory workers but also for society and the environment [9, 11-13]. Biosafety and bioprotection reduce laboratory biorisks and promote the safe and reliable use and storage of microorganisms [14-16]. It is extremely important to introduce these rules of handling and safety with microorganisms in biolaboratories into the curricula of medical, biological, biotechnological and other specialised departments at universities. This will contribute to the proper training of specialists in biosafety and

bioethics, as well as to the reduction of biological risks to the environment and humans, in particular [4, 6, 14, 16].

The aim of the study.

To study the technologies and methods used in biotechnology and medicine to prevent accidental exposure of people to pathogenic microorganisms or their spread; to comply with bioethical standards in biotechnological and medical research.

Object and research methods.

The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NULES) has been teaching "Biosafety and Bioethics" at the Faculty of Plant Protection, Biotechnology, and Ecology since 2012. This discipline is designed for the preparation of master's degrees in the educational and professional programme "Ecological Biotechnology and Bioenergy." It is included in the 2nd cycle of Special (professional) training as a mandatory component of the EPP [17].

Lectures and practical classes in the discipline "Biosafety and Bioethics" for applicants for higher education of the educational degree (ODE) Master's degree in speciality 162 "Biotechnology and Bioengineering" are provided by the graduating department of ecobiotechnology and biodiversity, which has a professional scientific and pedagogical staff and appropriate material and technical support.

The study of the discipline "Biosafety and Bioethics" is as follows:

- to draw attention to topical issues of "biological risk management" by analysing and studying laboratory practices, guidelines, familiarisation with international standards and norms, etc;
- to promote the introduction of biosafety and bioethics rules for the education of higher education students, which will increase their awareness of the issues of reducing biological risks;
- understand the scientific and moral aspects of genome management, advances in genetic engineering and therapy, modern biotechnology, their feasibility and risk to biodiversity;
- know the basic legal documentation on biosafety and bioethics available in Ukraine and the world.

The following methods are used to perceive the educational material: explanatory and illustrative, reproductive, problem-based, heuristic, research methods, etc. Important criteria in the choice of teaching methods are the internal activity of higher education students, the nature of their activities, and the degree of independence and creativity, which determines their success in learning.

The educational discipline “Biosafety and Bioethics” is part of the cycle of special (professional) training of the mandatory component of the EPP “Ecological Biotechnology and Bioenergy”. It is designed for higher education applicants and consists of 2 content modules (1. Principles of Biological Safety; 2. Biological Risks and their Management), which is 120 hours, 4 ECTS credits. Each content module includes 4 lectures and 7 laboratory classes, as well as independent work. The distribution of hours is as follows: lectures – 15 hours; laboratory classes – 15 hours; independent work – 90 hours. Considerable attention is paid to independent work on the topics provided to Master’s degree students, which contributes to the development of students’ skills to learn and understand.

The study of the educational discipline “Biosafety and Bioethics” ends with an exam.

Research results and their discussion.

The essence of biosafety is to minimise the threat caused by biological objects that have been directly or indirectly altered by human activity [18]. In the lectures for Master’s degree students in biotechnology, biosafety and bioethics are considered as a key component in the training of specialists in biotechnology, medicine and reducing the threat to the health of biological laboratory personnel [18, 19]. The disruption of the biosphere at the molecular level is considered to be already studied by scientists and used in production [20]. What we propose is an analysis of the development of the latest biotechnology based on the latest scientific achievements and its vision of a balanced development [21]. An integral part of sustainable development is environmental safety [1, 11, 21], i.e., the creation of conditions with minimal risk to humans from the environment. Since safety is logically related to risk, we consider biosafety through biorisk [15, 16, 18, 22, 23].

The rapid breakthrough of biological sciences in the last 60 years has contributed to discoveries, the most important of which is decoding the DNA molecule’s structure [24]. The discovery and understanding of the structure of genes contributed to the development of genetic engineering [24, 25]. This contributed to the development of modern biotechnology. Although people have been using biotechnology since ancient times (brewing, making cheese, wine, baking bread, etc.), they understood and described biological processes not so long ago – no more than 200 years ago [26, 27].

What is biotechnology? It is the production of targeted products useful for humans with the help of biological agents – microorganisms, viruses, animal and plant cells [27, 28].

The key to this process is to reduce the cost and simplify production [27].

Modern biotechnology is the use of *in vitro* methods and methods based on the fusion of cells of organisms that are taxonomically different [24, 28].

It is clear that the use of modern biotechnology must be consistent with the principles of sustainable development [1, 2, 14]. Biotechnology alone cannot solve all fundamental environmental and development problems, so assessing prospects in this area should be realistic [8]. Only if there are adequate and transparent safety and control procedures in place will society as a whole have maximum opportunities to benefit from the use of biotechnology and will be more willing to recognise its potential benefits and risks [8, 13].

Currently, there are two main areas of modern biotechnology: *genetic engineering and cellular engineering*. They provide for the production of a wide range of biologically active substances (interferon, insulin, human growth hormone, vitamins, vaccines, etc.) [18]. At this stage, the economic application of biotechnology is developing mainly in three sectors: healthcare, agriculture, and partly industry [11].

A practical component of the commercialisation of modern biotechnology was the creation and release of *genetically modified organisms* (GMOs) into the environment [18, 24, 25]. A GMO is any organism other than a human in which the genetic material has been altered using modern biotechnology methods [3, 24].

According to the International Declaration of Rio, before introducing any new technologies, a realistic system of control and protection must be created that guarantees safety for humans and the environment [3, 14, 25, 26, 29, 30]. Decisions on using new biotechnologies should be made only after a comprehensive consideration of scientific, legal, economic, social, and environmental aspects [14, 25].

The introduction of GMOs is the most researched topic in biological science due to possible threats, without which modern biotechnology cannot be a safe technology.

Dangerous marker genes. When creating a GMO construct associated with spontaneity, it is necessary to select successful specimens with new properties. To do this, particular marker genes are inserted into the recipient’s DNA to identify copies successfully modified [24, 25]. These are mostly antibiotic-resistance genes transformed from microorganisms with this trait. Marker genes are not functionally required by the modified organism and are used only for technical purposes during selection [29].

Deficiencies of genetic modification methods. Today, genetic transformation at the molecular level is a rather complicated technology – transferring a desired gene into the genome of a foreign organism. For this purpose, two methods of transfer are used: the use of a bacterial plasmid vector, when the desired gene is incorporated into a plasmid that can be easily transferred into the cells of other animals or plants, i.e., it is a vector of transmission. Once in the recipient’s cell, the plasmid is incorporated into the DNA, and the target gene becomes part of a new, modified organism. This method is the most common [12].

Using a “DNA gun” [24]. The desired gene is copied and applied to microscopic metal particles. A particular device charged with these particles fires at the host cells, moving the genes into its DNA.

Both methods are characterised by high inaccuracy.

Horizontal gene transfer. This is the transformation of genetic material between cells or DNA of unrelated spe-

cies in a non-natural way [12]. The transfer takes place with the help of particular genes that protect foreign DNA from the host organism's destruction and allow it to integrate into the host cell genome [25]. Problems arise when scientists when creating GMOs, select active genes for DNA transfer between species and create new artificial genes for such purposes. Horizontal gene transfer is enhanced by heat and pollutants (e.g. heavy metals or antibiotics). Determining the real danger of horizontal gene transfer still requires separate research [24, 25].

Environmental impact. The introduction of GM technologies in the agricultural sector is declared to reduce the burden on biogeocenosis and even protect it.

For resistance to phytophages, the gene of the bacterium *Bacillus thuringiensis* is used. This bacterium produces a toxin that blocks the digestion of potato protein in the insect gut [30].

Ecosystem risks include:

- ecosystem imbalance caused by direct or indirect human impact on biological objects and ecosystem structure;
- reduction of species biodiversity caused by human activity.

One area of study and understanding of the ED "Biosafety and Bioethics" is the availability of legal aspects and regulatory documents on these topics.

The Cartagena Protocol on Biosafety of the Convention on Biological Diversity is one of the primary international documents regulating the movement of GMOs, conservation and sustainable use of natural biological diversity [3, 13].

The European Union has created one of the best legislation in the field of GMO control. The main documents of the European Union in this area are Directives 1829/2003 (on modified food and feed), 1830/2003 (on labelling and content of GMOs), 1946/2003 (on the transboundary movement of GMOs), and the main document – Directive 2001/18/EC (on the deliberate release of GMOs into the environment) [2, 7, 21, 24]. As for Ukraine, we still need to work on these issues.

Conclusions.

The study of the ED "Biosafety and Bioethics" by Master's degree students in the specialty 162 "Biotechnology and Bioengineering" is aimed at forming a qualified attitude to the biological safety of humans and the environment and ethical behaviour with living organisms, especially in research.

The following teaching methods are used for the perception of educational material: explanatory and illustrative, reproductive, problem-based, partially search, or heuristic, as well as research methods, etc.

The ED "Biosafety and Bioethics" is part of the cycle of special (professional) training of the mandatory component of the EPP "Ecological Biotechnology and Bioenergy". It is designed for higher education students and consists of 2 content modules, 120 hours, 4 ECTS credits. Each content module includes 4 lectures and 7 laboratory classes, as well as independent work. The distribution of hours is as follows: lectures – 15 hours; laboratory classes – 15 hours; independent work – 90 hours.

Knowledge of biosafety and bioethics contributes to the ethical and moral principles of biological and medical research.

Master biotechnologists should be responsible for the consequences in the environment when creating genetically modified organisms and contribute to the improvement of scientific approaches and methods of GMO creation; when conducting research with living organisms, distribution and disposal of the laboratory material used, they should be guided by and strictly adhere to legal and ethical aspects.

Prospects for further research.

In the following academic years, we plan to expand and fill the lecture and practical material for Master's degree students with information on modern research in biosafety and bioethics.

DOI 10.29254/2077-4214-2024-3-174-222-229

УДК 60:37.091.212/.5

Лісовий М. М., Коломієць Ю. В., Дмитрієва О. Є., Цуркан Р. П.

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА "БІОБЕЗПЕКА ТА БІОЕТИКА" – В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФАХОВОСТІ СТУДЕНТІВ-БІОТЕХНОЛОГІВ

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

lisova106@ukr.net

В даній статті розглянуто історичні, методологічні та освітні аспекти навчальної дисципліни (НД) "Біобезпека та біоетика", яка розрахована для здобувачів вищої освіти ОС Магістр і складається з 2-х змістових модулів, що становить 120 годин, що відповідає 4 кредитам ECTS. До кожного змістового модуля входить по 4 лекційних та 7 лабораторних занять, а також самостійна робота 75 год. Вивчення НД "Біобезпека та біоетика" сприяє запровадженню основних правил біобезпеки та біоетики у роботу зі студентами, ознайомленню із сучасними біотехнологіями в біологічній та медичній сферах діяльності, розумінню біоетики, реальних ризиків при маніпулюванні геномів, знанню основних нормативних та правових документів в світі і Україні щодо біобезпеки та біоетики. Магістри-біотехнологи при проведенні наукових досліджень з живими організмами, розповсюдженні і утилізації використовуваного лабораторного матеріалу повинні керуватися і строго дотримуватися правових та етичних аспектів.

Ключові слова: біобезпека, біоетика, освітній ступінь, здобувач вищої освіти, біолабораторія, ГЗО, біозахист.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота виконана з науково-дослідною роботою 110/1-ф-2023 «Регуляція внутрішньоклітинних механізмів стресостійкості сільськогосподарських рослин за використання вуглецевих наноматеріалів». Державний реєстраційний номер 004937060123U101993.

Вступ.

Техногенний розвиток в 19-21-му сторіччях призвів до порушення балансу в біосферному середовищі Землі. Суспільство через нові відкриття перспективних напрямів і не знання наслідків втручання в екосистеми і біогеоценози опинилося в пастці, яка виникла як наслідок попередніх відкриттів [1-3].

Високотехнологічний розвиток та ефективні методи і захисне обладнання не забезпечують персонал біолабораторій та суспільство в цілому від вірогідної біологічної загрози. Тому останні дослідження в сфері медичних, біологічних та мікробіологічних наук, потрібно направити на вирішення надто важливих завдань. Халатне відношення та порушення техніки безпеки чи правил поведінки в біологічних лабораторіях сприяють можуть бути причинами поширенням патогенних інфекцій, збитків і навіть летальних наслідків на великих за площею спалахів розвитку захворювання. Наприклад, COVID-19 в 2019 р. та ін., які вийшли в оточуюче середовище з лабораторії [4-8]. Від вчених та працівників біолабораторій і виробників суспільство очікує чітких і злагоджених дій, вимагає не ризикувати при створенні, розмноженні та проведенні досліджень з патогенними штамми мікроорганізмів, а також з відповідальністю відноситись щодо біоетичної складової [8-11].

Таким чином, біобезпека потрібна не лише для працівників біологічних лабораторій, а й для суспільства та оточуючого природного середовища [9, 11-13]. Біобезпека та біозахист зменшують лабораторні біоризики і сприяють безпечному та надійному використанні мікроорганізмів і зберіганні [14-16]. Надто важливим є впровадження зазначених правил поведінки і техніки безпеки з мікроорганізмами в біолабораторіях у навчальні плани медичних, біологічних, біотехнологічних та інших профільних кафедр в університетах. Це буде сприяти належній підготовці фахівців з біобезпеки та біоетики, а також зменшенню біологічних ризиків для оточуючого середовища і людини, зокрема [4, 6, 14, 16].

Мета дослідження.

Вивчити технології та методи, які використовуються в біотехнології та медицині для перешкоджання випадковій дії патогенних мікроорганізмів на людей або їх розповсюдження; дотримуватися біоетичних норм в біотехнологічних та медичних дослідженнях.

Об'єкт і методи дослідження.

В Національному університеті біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) на факультеті захисту рослин, біотехнологій та екології з 2012 року вивчається навчальна дисципліна «Біобезпека та біоетика». Ця навчальна дисципліна розрахована для підготовки магістрів освітньо-професійної програми «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» і входить до 2 Циклу Спеціальної (фахової) підготовки, як Обов'язкової компоненти ОПП [17].

Лекційні і практичні заняття з НД «Біобезпека та біоетика» для здобувачів вищої освіти освітнього

ступеня (ОС) Магістр зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» забезпечує випускова кафедра екобіотехнології та біорізоманіття, яка має фаховий науково-педагогічний штат і відповідне матеріально-технічне забезпечення.

Вивчення навчальної дисципліни «Біобезпека та біоетика» заключається в наступному:

- привернути увагу до актуальних питань «управління біологічними ризиками» шляхом аналізу та вивчення лабораторних практик, методичних вказівок, ознайомлення з міжнародними стандартами і нормами та ін.;

- сприяти упровадженню правил біологічної безпеки та біоетики для навчання здобувачів вищої освіти, що покращить їх обізнаність в питаннях зменшення біологічних;

- розуміти наукові і моральні аспекти управління досліджуваним геномом, досягнення генетичної інженерії та терапії, сучасні біотехнології, їх доцільність і ризик для біорізоманіття;

- знати основну правову документацію щодо біобезпеки та біоетики, що є в Україні та Світі.

Для сприйняття навчального матеріалу використовуються наступні методи: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, метод проблемного викладення, евристичний, а також дослідницький методи та ін. Важливими критеріями у виборі методів навчання є внутрішня активність здобувачів вищої освіти, характер їхньої діяльності, ступінь самостійності та творчості, від чого залежить успіх в навчанні.

Навчальна дисципліна «Біобезпека та біоетика» входить до циклу спеціальної (фахової) підготовки обов'язкової компоненти ОПП «Екологічна біотехнологія та біоенергетика». Вона розрахована для здобувачів вищої освіти і складається з 2-х змістових модулів (1. Принципи біологічної безпеки; 2. Біологічні ризики та управління ними), що становить 120 годин, 4 кредитів ЕКТС. До кожного змістового модуля входить по 4 лекційних та 7 лабораторних занять, а також самостійна робота. Розподіл годин наступний: лекційні заняття – 15 год.; лабораторні заняття – 15 год.; самостійна робота – 90 год. Значна увага приділяється самостійній роботі згідно наданими темами здобувачам ОС Магістр, що сприяє виробленню навичок у студентів вчитися і розуміти.

Вивчення навчальної дисципліни «Біобезпека та біоетика» завершується складанням екзамену.

Результати дослідження та їх обговорення.

Суть біобезпеки – це зведення до мінімуму загрози, викликані біологічними об'єктами, які були змінені прямо або безпосередньо людською діяльністю [18]. В лекціях для здобувачів ОС «Магістр» з біотехнології біобезпека та біоетика розглядаються як основна складова при підготовці фахівців з біотехнології, медицини та зменшення загрози здоров'ю персоналу біологічної лабораторії [18, 19]. Порушення біосфери на рівні молекул розглядається як вже досліджена вченими та використовується у виробництві [20]. Що пропонуємо ми – аналіз розвитку новітньої біотехнології, основаної на останніх досягненнях науки та бачення її в збалансованому розвитку [21]. Невід'ємною складовою збалансованого розвитку є екологічна безпека [1, 11, 21], тобто – створення умов з мінімальним ризиком для людини з боку оточую-

чого середовища. Так як безпека логічно пов'язана з ризиком, ми розглядаємо біобезпеку через біоризик [15, 16, 18, 22, 23].

Стрімкий прорив біологічних наук в останні 60 років посприяв відкриттям, найважливіше з яких розшифрування будови молекули ДНК [24]. Відкриття та розуміння будови генів сприяло розвитку генетичної інженерії [24, 25]. Це посприяло розвитку сучасної біотехнології. І хоч люди користувалися біотехнологією з давніх давен (пивоваріння, виготовлення сирів, вина, випікання хліба, та ін.) зрозуміли і описали біологічні процеси не так давно – не більше 200 років тому [26, 27].

Що ж таке біотехнологія. Це отримання корисних для людини цільових продуктів за допомогою біологічних агентів – мікроорганізмів, вірусів, клітин тварин та рослин [27, 28].

Головним у цьому процесі є здешевлення та спрощення виробництва [27].

Сучасна біотехнологія, це застосування методів *in vitro* та методів, заснованих на злитті клітин організмів, таксономічно різних [24, 28].

Зрозуміло, що застосування сучасних біотехнологій повинно узгоджуватись із принципами збалансованого розвитку [1, 2, 14]. Сама біотехнологія не може розв'язати всі фундаментальні проблеми навколишнього середовища і розвитку, тому підхід до оцінки перспектив в цій галузі повинен бути реалістичним [8]. Тільки у випадку наявності належних прозорих процедур забезпечення безпеки і контролю суспільство в цілому буде мати максимальні можливості для отримання користі від застосування біотехнології і більшою мірою з готовністю визнає, пов'язані з нею потенційні вигоди і ризики [8, 13].

Зараз існує два основних напрями сучасної біотехнології – *генетична інженерія і клітинна інженерія*. Саме вони забезпечують отримання широкого спектру біологічно активних речовин (інтерферону, інсуліну, гормону росту людини, вітамінів, вакцин та ін.) [18]. Господарське застосування біотехнології на даному етапі розвивається переважно в трьох галузях – охороні здоров'я, сільському господарстві та частково промисловості [11].

Практичною складовою комерціалізації сучасної біотехнології було створення і переміщення в довкілля *Генетично модифікованих організмів* (ГМО) [18, 24, 25]. ГМО – будь який організм, окрім людського, в якому генетичний матеріал змінений завдяки використанню методів сучасної біотехнології [3, 24].

Згідно Міжнародної Декларації Ріо, перш ніж впроваджувати будь які новітні технології необхідно створити реально діючу систему контролю та захисту, яка б гарантувала безпеку для людини та довкілля [3, 14, 25, 26, 29, 30]. Рішення про використання нових біотехнологій потрібно приймати лише після всебічного розгляду наукових, юридичних, економічних, соціальних та екологічних аспектів [14, 25].

Впровадження ГМО найбільш досліджене в біологічній науці, що пов'язано із можливими загрозами, без розв'язання яких сучасна біотехнологія не може бути безпечною технологією.

Небезпечні маркерні гени. При створенні конструкції ГМО, що пов'язано з спонтанністю, необхідно відбирати вдалі екземпляри з новими властивостями. Для цього в ДНК реципієнта вбудовують

спеціальні маркерні гени, які дають можливість розпізнати ті екземпляри, які були вдало змінені [24, 25]. Здебільшого – це гени стійкості до антибіотиків, які трансформують із мікроорганізмів, щої мають дану ознаку. Маркерні гени функціонально не потрібні модифікованому організму і використовуються тільки в технічних цілях під час відбору [29].

Недоліки методів генетичної модифікації. Насьогодні, генетична трансформація на молекулярному рівні доволі складна технологія – перенесення бажаного гена у геном чужорідного організму. Для цього використовують два методи переносу: використання бактеріальної плазмиди-вектора, коли потрібний ген вбудовують у плазмиду, яка має властивість легко переноситися у клітини інших тварин або рослин, тобто бути вектором передачі. Потрапивши у клітину реципієнта, плазмиди вбудовується у ДНК і цільовий ген стає частиною вже нового, модифікованого організму. Цей метод найбільше поширений [12].

Використання «ДНК гармати» [24]. Потрібний ген копіюють та наносять на мікроскопічні металеві частки. Спеціальний пристрій, заряджений цими частками, обстрілює клітини господаря, переміщуючи гени у його ДНК.

Обидва методи характеризуються великою неточністю.

Горизонтальне перенесення генів. Це трансформація генетичного матеріалу між клітинами чи ДНК неспоріднених видів не природним шляхом [12]. Перенесення відбувається при допомозі спеціальних генів, які захищають чужорідні ДНК від знищення організмом господаря та дають їм можливість вжитися в геном клітини господаря [25]. Проблеми з'являються, коли вчені, створюючи ГМО, відбирають активні гени, для переносу ДНК між видами та створюють нові штучні гени для таких цілей. Підсилюють горизонтальне перенесення генів тепловий вплив та забруднювачі (наприклад, важкі метали або антибіотики). Визначення реальної небезпеки горизонтального переносу генів ще потребує окремих досліджень [24, 25].

Вплив на довкілля. Впровадження ГМ-технологій в аграрний сектор декларується як зменшення навантаження на біогеоценоз і навіть його захист.

Для стійкості проти фітофагів використовується ген бактерії *Vacillus thuringiensis*, що продукує токсин, який в кишечнику комах блокує перетравлення білка картоплі [30].

До екосистемних ризиків можна віднести:

- дисбаланс екосистем, спричинений прямою або безпосередньою дією людини на біологічні об'єкти та структуру екосистеми;

- зниження видового природного біорізноманіття, що викликане діяльністю людини.

Одним із напрямів вивчення і розуміння НД «Біобезпека та біоетика» є наявність правових аспектів і нормативних документів щодо біобезпеки та біоетики.

Картахенський протокол з біобезпеки Конвенції про біологічне різноманіття – один з основних міжнародних документів, що регулює переміщення ГМО, збереження і стале використання природного біологічного різноманіття [3, 13].

В Європейському Союзі створено одне з найкращих законодавств в сфері контролю за ГМО. Основни-

ми документами Європейського Союзу в цій галузі є директиви 1829/2003 (про модифіковані харчові продукти та корми), 1830/2003 (про маркування та вміст ГМО), 1946/2003 (про трансграничне переміщення ГМО), та основний документ – директива 2001/18/ЄС (про навмисне вивільнення у довкілля ГМО) [2, 7, 21, 24]. Щодо України, то нам ще потрібно працювати над цими питаннями.

Висновки.

Вивчення НД “Біобезпека та біоетика” спрямоване на формування у здобувачів ОС “Магістр” зі спеціальності 162 “Біотехнології та біоінженерія” кваліфікованого відношення до біологічної безпеки людини і оточуючого природного середовища, а також етичної поведінки з живими організмами, особливо при проведенні наукових досліджень.

Для сприйняття навчального матеріалу використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, метод проблемного викладення, частково-пошуковий, або евристичний, а також дослідницький методи та ін.

НД “Біобезпека та біоетика” входить до циклу спеціальної (фахової) підготовки обов’язкової компоненти ОПП “Екологічна біотехнологія та біоенергетика”.

Вона розрахована для здобувачів вищої освіти і складається з 2-х змістових модулів, що становить 120 годин, 4 кредитів ECTS. До кожного змістового модуля входить по 4 лекційних та 7 лабораторних занять, а також самостійна робота. Розподіл годин наступний: лекційні заняття – 15 год.; лабораторні заняття – 15 год.; самостійна робота – 90 год.

Знання біобезпеки та біоетики сприяє етичним і моральним принципам біологічних та медичних досліджень.

Магістри-біотехнологи при створенні генетично змінених організмів повинні бути відповідальними за наслідки у оточуючому природному середовищі та сприяти удосконаленню наукових підходів і методів створення ГМО; при проведенні наукових досліджень з живими організмами, розповсюдженні і утилізації використовуваного лабораторного матеріалу повинні керуватися і строго дотримуватися правових та етичних аспектів.

Перспективи подальших досліджень.

У наступні навчальні роки плануємо розширювати і наповнювати лекційний і практичний матеріал для здобувачів ОС “Магістр” інформацією сучасних досліджень з біобезпеки та біоетики.

References / Література

1. Hazan VB. Do pytannya ekologichnoy bezpeky v konteksti stalogo rozvytku regioniv: metodychni zasady. Ekologiya i pryrodokorystuvannya. Zbirnyk naukovykh praz IPPE Ukrainy. 2017;5:62-63. [in Ukrainian].
2. Klyachenko OL, Lisovyy MM, Kvasko OYu. Fundamentals of Biodiversity. K.: Komprint; 2023. 315 p. Available from: <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/10062>.
3. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention Biological Diversity: text and annexes. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity; 2000. 30 p. Available from: <https://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-en.pdf>.
4. MOZ Ukrainy. Pravyla vlashtuvannya I bezpeky roboty v laboratoriyah (viddillah, viddilennyah) mikrobiologichnoho profiliiyu: DSTU 9.9.5.-080-02. K.: MOZ Ukrainy, Derzhavna sanitarno-epidemiologichna sluzhba; 2002. 39 s. Dostupno: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0001588-02#Text>. [in Ukrainian].
5. WHO. Laboratory biosafety manual. 2nd ed. Geneva: WHO; 2003. 109 p. DOI: [10.13140/RG.2.2.35932.00644](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35932.00644).
6. US Department of Health and Human Services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention National Institutes of Health. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. 5th ed. Washington: Publisher house of the USA Government; 2009. 436 p. Available from: <http://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/BMBL.pdf>.
7. Fidler D, Gostin L. Biosecurity in the Global Age: Biological Weapons Stanford: Stanford University Press; 2007. 260 p. DOI: [10.1515/9780804774475](https://doi.org/10.1515/9780804774475).
8. Kundiyev Yul. Sutchasni problem bioetyky. K.: “Akademperiodyka”; 2009. Chastyna, Predmet ta status biologichnoyi etyky; s. 11-22. [in Ukrainian].
9. Miller S. Ethical and philosophical consideration of the dual-use dilemma in the biological science. Science and engineering ethics. 2007;13(4):523-580. DOI: [10.1007/s11948-007-9043-4](https://doi.org/10.1007/s11948-007-9043-4).
10. Millet P. The Biological Weapons Convention: Securing biology in the twenty-first century. Journal of Conflict and Security Law. 2010;15(1):25-43.
11. Yermichyn AP. Biotehnologiya. Biobezpeka. Bioetyka. Mn.: Tehnologiya; 2005. 430 s. [in Ukrainian].
12. Finney JL, Slaus I, editors. Assessing the threat of weapons of destruction: The role of independent scientists. Amsterdam: IOP Press; 2010. Chapter, The role of scientists in assessing the risks of dual-use research in the life sciences; p. 137-140.
13. Nazionalna dopovid Ukrainy pro garmonizaciyu zhytlyezdatnosti suspilstva u navkolschnyomu pryrodnomu seredovytschi. K.: Novyy druk; 2023. 128 s. [in Ukrainian].
14. Kundiyev Yul. Sutchasni problem bioetyky. K.: Akademperiodyka; 2009. 278 s. [in Ukrainian].
15. WHO. Biorisk management: Laboratory biosecurity guidance. Geneva: WHO; 2006. 41 p. Available from: <https://www.who.int/publications/item/biorisk-management-laboratory-biosecurity-guidance>.
16. Abraham D, Ldler M, Lderman L. Biological safety in microbiological and biomedical laboratories. Washington: U.S. Government Printing Office; 2007. 360 p.
17. NUBiP Ukrainy. Osvitno-profesiynna prohrama Ekolohichna biotekhnolohiya ta bioenerhetyka druho (mahisters'koho) rivnya vyshchoyi osvity za spetsial'nisty 162 «Biotekhnolohiyi ta bioinzhenerya». K.: NUBiP Ukrainy; 2023. 26 s. [in Ukrainian].
18. Holubnycha VM, Pohoryelov MV, Korniyenko VV. Biobezpeka ta biozakhyt u biolohichnykh laboratoriyakh 1-ho ta 2-ho rivniv biobezpeky. Sumy: Sums'ky derzhavnyy universytet; 2016. 123 s. [in Ukrainian].
19. Klyachenko OL, Lisovyy MM, Kvasko OYu. Fundamentals of Biodiversity. K.: Komprint; 2023. 315 p.
20. Moskolenko VF. Bioetyka: filozofsko-metodolohichni ta sotsial'no-medychni problemy. Vinnytsya: Nova knyha; 2005. 218 s. [in Ukrainian].
21. Klyachenko OL, Lisovyy MM, Kvasko OYu. Osnovy bioriznomanitya. Kyiv: Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy; 2022. 300 s. Dostupno: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f4aad00b-45a7-4c4a-a4a3-72cd72450995/content>. [in Ukrainian].
22. European committee for standardization. Laboratory biorisk management. – Brussels: European committee for standardization; 2021. 46 p. Available from: <https://internationalbiosafety.org/wp-content/uploads/2019/08/CWA-15793-English.pdf>.
23. VOOZ. Praktychne kerivnytstvo z biobezpeky v laboratornykh umovakh. 3-ye vyd. Geneva: VOOZ; 2020. 201 s. [in Ukrainian].
24. Nikolaychuk VI, Horbatenko IYu. Henetychna inzheneriya. Uzhhorod; 1999. 189 s. [in Ukrainian].
25. Sorochynskyy BV, Danyl'chenko OO, Kriпка HV. Biotekhnolohichni (henetychno modyfikovani) roslyny. K.: Vyd-vo „KVITS”; 2007. 219 s. [in Ukrainian].
26. Ponomar'ov PKh, Syrokhman AB. Bezpeka kharchovykh produktiv ta prodovol'choyi syrovyny. K.: Libra; 1999. 272 s. [in Ukrainian].
27. Lisovyy MM, Tarhonya VS, Kolomiyets' YuV, Drozd PYu. Tekhnolohiyi biovyrobnytstva. K.: NUBiP Ukrainy; 2021. 386 s. [in Ukrainian].
28. Klyachenko OL, Kolomiyets' YuV, Subin OV. Biotekhnolohiya roslyn. K.: NUBiP Ukrainy; 2023. 352 s. [in Ukrainian].

29. VOOZ. Vidpovidal'ni medyko-biologichni doslidzhennya v hlobal'niy bezpetsi systemy okhorony zdorov'ya: metodychny dokument. Geneva: VOOZ; 2020. 70 s. [in Ukrainian].
30. Lisovyy MM, Taran OP, Dem'yanyuk OS. Entomopatohenni bakteriyi Bacillus thuringiensis – rehulyator chysel'nosti nutovoho minera (Liriomyza cicerina Rd.) v biotsenozi. Mikrobiologichnyy zhurnal. 2018;80(3):90-102. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.03.090>. [in Ukrainian].

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА “БІОБЕЗПЕКА ТА БІОЕТИКА” – В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФАХОВОСТІ СТУДЕНТІВ-БІОТЕХНОЛОГІВ

Лісовий М. М., Коломієць Ю. В., Дмитрієва О. Є., Цуркан Р. П.

Резюме. В Національному університеті біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) на факультеті захисту рослин, біотехнологій та екології з 2012 року вивчається навчальна дисципліна (НД) “Біобезпека та біоетика”.

Мета роботи: вивчити технології та методи, які використовуються в біотехнології та медицині для запобігання ненавмисному впливу патогенів і токсинів на людину або їх випадковому розповсюдженню; дотримуватися етичних і моральних наслідків в біотехнологічних відкриттях та біомедичних досягненнях. НД “Біобезпека та біоетика” розрахована для підготовки магістрів освітньо-професійної програми «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» і входить до 2 Циклу Спеціальної (фахової) підготовки, як Обов'язкової компоненти ОПП “Екологічна біотехнологія та біоенергетика”. Вона розрахована для здобувачів вищої освіти і складається з 2-х змістових модулів, що становить 120 годин, 4 кредитів ЕКТС. До кожного змістового модуля входить по 4 лекційних та 7 лабораторних занять, а також самостійна робота.

Методи навчання: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, метод проблемного викладення, чатково-пошуковий, або евристичний, а також дослідницький методи та ін.

Вивчення НД “Біобезпека та біоетика” заключається в наступному: привернути увагу до актуальних питань «управління біологічними ризиками», а також дослідження відповідних етичних міркувань; сприяти упровадженню основних правил біобезпеки та біозахисту у роботу зі студентами; розуміти принципи та механізми маніпулювання геномами, досягнення генетичної інженерії та терапії, а також ряду сучасних біотехнологій, їх користь і ризики для біорізноманіття планети; знати основні правові документи та домовленості в галузі біобезпеки. НД “Біобезпека та біоетика” спрямована на формування у здобувачів ОС “Магістр” зі спеціальності 162 “Біотехнології та біоінженерія” кваліфікованого відношення до біологічної безпеки людини і оточуючого природного середовища, а також етичної поведінки з живими організмами, особливо при проведеному наукових досліджень.

Ключові слова: біобезпека, біоетика, освітній ступінь, здобувач вищої освіти, біолабораторія, ГЗО, біозахист.

EDUCATIONAL DISCIPLINE «BIOSAFETY AND BIOETHICS» IN PROVIDING THE PROFESSIONALISM OF BIOTECHNOLOGIST STUDENTS

Lisovyy M. M., Kolomiets Yu. V., Dmytrieva O. E., Tsurkan R. P.

Abstract. At the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NUL&ES of Ukraine) at the Faculty of Plant Protection, Biotechnology and Ecology, since 2012, the academic discipline (ED) «Biosafety and Bioethics» has been studied.

The purpose of the work: to study the principles of isolation, technologies and methods used to prevent the unintentional exposure of pathogens and toxins to humans or their accidental spread; to observe ethical and moral consequences in biological discoveries, biomedical achievements and their application both in the field of genetic engineering and in the field of development of biological agents. ED «Biosafety and Bioethics» is designed for the preparation of masters of the educational and professional program «Ecological Biotechnology and Bioenergy» and is included in the 2nd Cycle of Special (professional) training as a Mandatory component of the «Ecological Biotechnology and Bioenergy» EPP. It is designed for students of higher education and consists of 2 content modules, totaling 120 hours, 4 ECTS credits. Each content module includes 4 lectures and 7 laboratory classes, as well as independent work.

Teaching methods: explanatory-illustrative, reproductive, method of problem-based exposition, partially-research, or heuristic, as well as research methods, etc.

The study of the ED «Biosafety and Bioethics» consists in the following: draw attention to the topical issues of «biological risk management», as well as the study of relevant ethical considerations; promote the implementation of the basic rules of biosafety and biosecurity in working with students; understand the principles and mechanisms of genome manipulation, the achievements of genetic engineering and therapy, as well as a number of modern biotechnologies, their benefits and risks for the planet's biodiversity; know the main legal documents and agreements in the field of biosecurity. ED «Biosafety and Bioethics» is aimed at the formation of «Master's» degree holders in the specialty 162 «Biotechnology and Bioengineering» of a qualified attitude to the biological safety of humans and the surrounding natural environment, as well as ethical behavior natural with living organisms, especially when conducting scientific research.

Key words: biosafety, bioethics, educational degree, student of higher education, biolaboratory, GMO, bioprotection.

ORCID and contributionship: / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Lisovyy M. M.: <https://orcid.org/0000-0002-7289-1098>^{ABDEF}

Kolomiets Yu. V.: <https://orcid.org/0000-0002-1919-6336>^{ABC}

Dmytrieva O. E.: <https://orcid.org/0009-0000-7901-1738> ^{CBE}

Tsurkan R. P.: <https://orcid.org/0009-0004-5986-9365> ^{CBE}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors report that there is no conflict of interest. / Автори повідомляють, що конфлікт інтересів відсутній.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Lisovyy Mykola Mykhailovych / Лісовий Микола Михайлович

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine / Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ukraine, 03041, Kyiv, 13 Geroev Oborony str. / Адреса: Україна, 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони 13

Tel.: 0679490817 / Тел.: 0679490817

E-mail: lisova106@ukr.net

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті

Received 20.03.2024 / Стаття надійшла 20.03.2024 року

Accepted 21.08.2024 / Стаття прийнята до друку 21.08.2024 року

DOI 10.29254/2077-4214-2024-3-174-229-235

UDC 378.6:61.091.321.004

Perepelova T. V., Marchenko K. V., Lunkova Yu. S., Illiashenko Yu. I.,

Semenenko I. P., Lygova L. O., Koval Yu. P.

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING EDUCATIONAL DISCIPLINES

Poltava State Medical University (Poltava, Ukraine)

t.perepelova@pdmu.edu.ua

Modern higher education today actively uses the format of distance learning and informatisation of the educational process. That is why the use of computer technologies and the Internet can ensure high-quality teaching of disciplines. The Moodle digital system allows you to use the latest computer and mobile technologies to organise an innovative educational process, develop interactive teaching methods and the latest assignment formats, create distance learning courses and e-learning resources, and increase student motivation. Modern means of distance learning include electronic library sources, video meetings (Google Meet, Zoom), distance learning platforms (Office 365 Teams, Moodle, Google Classroom), messengers (Telegram, Viber), etc. The use of computer technology in education today is an important step towards the productivity of the learning process and improving the quality of education, gaining and improving knowledge. Today, there is a demand among higher education teachers for the use of modern online platforms to facilitate distance learning while participants in video conferences are located anywhere.

Key words: new technologies, higher education, digital system, distance learning, virtualised space.

Introduction.

Modern higher education today actively uses the format of distance learning and informatisation of the educational process. That is why high-quality teaching of disciplines cannot be carried out without the use of tools and opportunities provided by computer technology and the Internet. Computer technology is now an integral part of student learning, distance learning and quality teaching.

The emergence of new digital technologies, the openness and transparency of educational systems, and the transition of the educational process to a virtualised space allow higher education institutions (HEIs) to expand their capabilities to create modern generation information and educational environments that allow for a new form of relationship and communication between all participants in the educational process.

Higher education institutions are actively implementing online education programmes, which makes learning much more productive and convenient for teachers and students, considering both parties' needs. Using such

technologies allows for various ways to evaluate the educational material, providing a deeper immersion in the topic of discussion compared to traditional forms of education.

The integration of information and digital technologies into the educational process more effectively solves several didactic tasks, namely, makes the class more visual and interesting; increases the intensity of the learning process; provides instant feedback; activates mental abilities; forms a stable motivation for cognitive activity; engages passive students; forms elements of abstract and logical thinking; develops skills and abilities to ensure information and digital competence; promotes individualisation and intensification of learning.

One of the areas of application of information and communication technologies in education is distance learning or the use of some of its elements. Distance learning ensures interactive interaction between students and teachers in the learning process, provides students with the opportunity to work independently