

УДК 174.8:57.084

DOI <https://doi.org/10.30970/PPS.2024.52.35>

## НЕБЕЗПЕКИ НЕКОНТРОЛЬОВАНОГО РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЙ: ЕТИЧНИЙ АСПЕКТ

**Оксана Чурсінова**

Національний університет «Львівська політехніка»,  
кафедра філософії  
вул. С. Бандери, 12, 79013, м. Львів, Україна

**Анастасія Кулаківська**

Національний університет «Львівська політехніка»,  
Інститут хімії та хімічних технологій  
вул. С. Бандери, 12, 79013, м. Львів, Україна

Сучасна біотехнологія протягом останніх двох десятиліть увійшла в усі сфери життя, але її використання може стати як корисним, так і руйнівним. У статті особлива увага приділяється етичному аспекту в оцінці біотехнологій і регулювання їх розвитку. Відповідно *метою* даної статті є розгляд та висвітлення етичних викликів, пов'язаних з необмеженим розвитком біотехнологій. Автори прагнуть виділити потенційні негативні для суспільства наслідки цього розвитку та окреслити етичні стандарти даної діяльності. Німецький філософ-екзистенціаліст М. Гайдеггер наголошує, що наука має розвиватися за рівномірного впливу «калькулятивного» (частина досліджень світу) і «медіативного» мислення (шукає глибинний сенс у вивченому) [1, с. 1–15]. Автори підкреслюють важливість збалансованого розвитку науки та пошуку глибинних сенсів у дослідженнях з біотехнології.

В статті робиться акцент на тому, що для забезпечення перспективного розвитку в кожній галузі біотехнології важливо впроваджувати інновації із суворим дотриманням етичних стандартів. Введенню нових генетично модифікованих організмів повинне передувати ретельне дослідження їх впливу на довкілля та людину. Аплікація нових препаратів з генетичними інженерними компонентами в медичну практику передбачає дотримання стандартів GCP та схвалення Комітету з етики. Сфера нанотехнологій повинна постачати інформацію щодо безпеки використання наночасток. Використання стовбурових клітин, особливо ембріональних, породжує гострі етичні дебати та викликає неприйняття з боку релігійних громад. Промислова біотехнологія є відносно безпечною галуззю; основні побоювання стосуються нових мікробіологічних продуктів, що становлять альтернативу природним рослинним формам. Ризики, пов'язані з виробництвом альтернативних джерел енергії, полягають у можливіму збільшенні попиту на біопаливо, що може обмежити громадське харчування. Загальні етичні виклики для біотехнології включають нерівномірний доступ до технологій та можливість їх використання в терористичних цілях.

*Ключові слова:* біотехнології, генетична інженерія, енергія, етика, нанотехнології, технології.

Біотехнологія та етика завжди були тісно пов'язані між собою. Іноді їх взаємодію зображують як конфліктну, ніби етика існує тільки для заперечення неправильного. Здебільшого це дебати щодо правильного і неправильного, припустимого й аморального.

Етичні аспекти біотехнології розглядалися у ряді вітчизняних [2; 3; 4; 5] та зарубіжних [6; 7; 8; 9; 10] джерел, однак питання щодо безпеки неконтрольованого розвитку біотехнологій в цьому контексті практично не акцентувалися. Метою даної статті є висвітлення етичних викликів, пов'язаних з необмеженим розвитком біотехнологій.

Біотехнологія є інноваційною наукою, вона стрімко розвивається та посідає перші позиції в дослідженнях, особливо останніми роками. На сьогодні вона застосовується в медицині, сільському господарстві, промисловому виробництві, енергетиці.

Етика зосереджується на нормах та цінностях, пошуку того, яким світ має чи не має бути. Сучасна етика має ретельно прогнозувати вплив нових розробок із біотехнології, оскільки вони все глибше впливають на організацію світу, а їх вплив стає все більш непередбачуваним [7; 11, с. 113–119; 9 с. 28–33]. В. Кисельов зазначає, що «біологічна етика є явищем унікальним, хоча б тому, що в ньому поєднуються фундаментальна наукова дисципліна про феномен живого та етика – філософія моралі, що з древніх часів була осердям духовного життя людства, природно можливим способом для людини бути людиною. Реалії сучасності призвели до органічного поєднання таких принципово різних феноменів» [3, с. 7].

Основні сфери біотехнології – це генетична інженерія, нанотехнології, технологія стовбурових клітин, промислова біотехнологія, виробництво альтернативних джерел енергії.

Генетична інженерія ґрунтується на використанні методів молекулярної біології для ідентифікації та видозміни генетичного матеріалу. Дана наука виникла в 1960-х роках і була швидко залучена в усі сфери життєдіяльності людини, допомагаючи ідентифікувати та модифікувати геноми, змінюючи характеристики. Вона надає багато можливостей подальшого розвитку науки та людини. Наприклад, нещодавно розроблена технологія CRISPR-Cas9, спрямована на редагування певних послідовностей ДНК, в 2023 році вже була впроваджена FDA (Food and Drug Administration/Управління продовольства та медикamentів у США) в клінічну практику лікування серповидно-клітинної анемії [12, с. 483–491; 8, с. 291; 13; 14, с. 81–88].

Генна інженерія викликає занепокоєння громадськості, оскільки це абсолютно нова наука, і всі безпеки, пов'язані з її застосуванням, ще не вивчені.

У сільському господарстві вже використовуються покращені генетично-модифіковані сільськогосподарські культури і тварини (стійка до пестицидів бавовна, корови з високими надоями). Однак постачання генетично-модифікованих організмів (ГМО) на ринок може справляти негативний вплив на здоров'я людини і на довкілля. Щоб запобігти цьому, в 2023 році Україна прийняла законопроект «Про державне регулювання генетично-інженерної діяльності та державний контроль за обігом генетично модифікованих організмів і генетично модифікованої продукції для забезпечення продовольчої безпеки» (№5839), який забороняє використання більше 0,9% ГМО у продуктах, вирощування ГМ-культур для продажу. Подібні етичні питання піднімають при використанні ГМО для покращення стану довкілля. Наприклад, для очищення нафтових плям в океані використовуються генно-модифіковані бактерії, але ці організми можуть становити небезпеку для екосистем.

Особливістю застосування методів генетичної інженерії в медицині є те, що перед використанням препаратів у лікуванні вони проходять ряд лабораторних і клінічних досліджень. Згідно зі стандартом GCP (належна клінічна практика) перед використанням досліджуваної субстанції визначають усі ризики, перешкоди, незручності, очікувані переваги для пацієнта. Такі дослідження також мають бути схвалені незалежним Комітетом з етики, до якого належать фахівці та особи без профільної освіти, що представляють громадськість. Можна виділити основні проблеми, пов'язані зі сферою охорони здоров'я:

- нерівномірний доступ країн світу до технологій;
- зловживання генетичною інженерією для створення біологічної зброї (біотероризм);
- неспроможність оцінити довгострокові ризики, що можуть виникнути в процесі використання;

- виникнення зоонозів через поєднання генетичної інформації різних видів, наприклад, при ксенотрансплантації (пересаджуванні органів від тварини-донора);
- створення евгенічної дискримінації через потенційну можливість домінування покращених форм людини;
- порушення недоторканості Божого світу [15, с. 35–39; 16; 5, с. 71–75; 17].

Дослідження в галузі нанотехнологій стосуються частинок розміром від 1 до 100 нм, які мають вищу реактивність та властивості завдяки розширеному співвідношенню поверхні до об'єму. Наночастинки використовують найчастіше у медицині (таргетна доставка ліків, автоматизована хірургія, скринінги тощо), енергетиці та екології.

Розвиток нанотехнологій призвів до появи нової галузі етики – наноетики, яка є доповненням етики і має на меті забезпечити орієнтацію інновацій відповідно до прийнятих етичних норм. Оскільки наночастинки є новою технологією, необхідною є перевірка їх безпечності для пацієнтів та для навколишнього середовища. Іншим фактором небезпеки є зловживання їх використанням для створення наноозброї чи крихітних засобів стеження. Загальною проблемою біотехнологій, як і нанотехнологій, є нерівномірний розподіл доступу до технологій наночастинок та ресурсів розвинених країн та країн, що розвиваються. [18; 19; 10; 20, с. 423–432].

Стовбурові клітини – недиференційовані клітини, які є початком усіх клітин організму і застосовуються для лікування ракових та аутоімунних захворювань, створення синтетичних органів тощо. Всі стовбурові клітини можна поділити на два види: ембріональні, які отримують із запліднених статевих клітин, та соматичні, які виділяють тканини дорослих організмів.

Основні обмеження у використанні стовбурових клітин пов'язані з морально-етичними питаннями. Однією з гострих проблем, як зазначають В. В. Медведєв та В. І. Цимбалюк, є «питання безпечності таких клітин: чи не можуть вони бути джерелом стійких трансформацій геному, протеому чи транскриптому, розповсюджуваних у речовині мозку горизонтально» [4, с. 80]. Іншою проблемою є обмеження можливості використання технологій для порятунку життя через захист авторських прав. Справжньою етичною проблемою є потреба в знищенні ембріонів, що використовуються для створення ембріональних стовбурових клітин. Такі дії можна розглядати як вбивство, оскільки згідно з даними ембріології ембріон стає «людським індивідом» з моменту злиття. Християнство виступає проти використання стовбурових ембріональних клітин, адже вони вже наділені душею і, за думкою Фоми Аквінського, зачаття є початком повноцінної людини. Але використання соматичних стовбурових клітин є цілком прийнятним [21, с. 1–11; 2, с. 81–90].

Промислова біотехнологія – це наука про вдосконалення та масштабування процесу виробництва продуктів під час біохімічних реакцій. Післявоєнна криза ХХ століття розширила використання мікроорганізмів та окремих клітин у виробництві. Створено технології промислового виробництва антибіотиків (пеніцилінів, цефалоспоринов) та інших первинних і вторинних метаболітів [6, с. 17–77; 22]. Хоча процеси індустріальної біотехнології менше піддаються контролю громадськості, ніж інші галузі, такі як генетична інженерія чи технологія стовбурових клітин, але необхідно звернути увагу й на деякі соціально-етичні проблеми, зокрема:

- кардинальну зміну на ринку: побоювання, що природні сполуки, наприклад, такі як компоненти рослинних екстрактів, можуть бути замінені на дешевшу альтернативу – продукти, синтезовані мікроорганізмами, що може призвести до витіснення з ринку фермерських товарів;
- порушення натуральності продукту, оскільки в процесі виробництва часто використовуються ГМ-продуценти, що може стати додатковим ризиком;

– стійкість сполук: екологічні організації стверджують, що на відміну від хімічно синтезованої чи рослинної ванілі, ваніль, вироблена з дріжджів, не є стабільною [23].

Занепокоєння з приводу екологічних проблем, таких як збільшення викидів парникових газів та обмеженість нафтових і газових ресурсів, призвело до пошуку альтернативних видів палива (біогаз, біомаса). Основною нетрадиційною сировиною є відходи від виробництва, людської життєдіяльності або дешеві зернові чи крохмальні культури [24]. Альтернативні види палива мають багато переваг, але існує ризик, що надмірне використання зернових культур призведе до обмеження доступу населення до основного продукту харчування і спричинення голоду. Це також може призвести до надмірного використання цільних земель та руйнування екосистем [25].

**Висновок.** Отже, для кращого майбутнього розвиток кожної зі сфер біотехнології має відбуватися з урахуванням етичних норм. Впровадження нових генно-модифікованих організмів слід проводити лише після ретельного дослідження їх впливу на навколишнє середовище та людину. Введення нових препаратів з генетичними інженерними компонентами в клінічну практику передбачає дотримання правил GCP та схвалення Комітету з етики. Сфера нанотехнологій повинна надавати дані про безпеку використання наночасток. Застосування стовбурових, а особливо ембріональних стовбурових клітин, викликає найбільше питань щодо етичності даного процесу і засуджується релігією. Промислова біотехнологія є відносно безпечною галуззю; основні перестороги стосуються нових мікробіологічних продуктів, які є заміною природних рослинних форм. Ризики, пов'язані з виробництвом альтернативних джерел енергії, полягають у збільшенні попиту на біопаливо, що може призвести до обмежень у громадському харчуванні.

Загальні етичні виклики для біотехнології включають нерівномірний доступ до технологій та можливість використання їх у терористичних цілях.

### Список використаної літератури

1. Huttunen R., Kakkori L. Heidegger's critique of the technology and the educational ecological imperative. *Educational Philosophy and Theory*. 2021. P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1080/00131857.2021.1903436>
2. Бойко І. Морально-етичний аспект використання стовбурових клітин. *Сучасні проблеми біоетики*: Монографія. 2009. С. 81–90.
3. Кисельов В.В. Біоетика в контексті сучасного етичного дискурсу. *Біоетика: від теорії до практики*. Київ : ВД «Авіцена», 2021. С. 7–16.
4. Медведєв В.В., Цимбалюк В.І. Мозок у вирі: нейроетика на шляху до нейроетикету. *Біоетика: від теорії до практики*. Київ : ВД «Авіцена», 2021. С. 75–93.
5. Матасар І. та ін. Біоетичні аспекти використання генетично модифікованих організмів у харчуванні населення. *Сучасні проблеми біоетики*: Монографія. 2009. С. 71–75.
6. Demain A. L. History of Industrial Biotechnology. *Industrial Biotechnology*. Weinheim, Germany, 2010. P. 17–77. URL: <https://doi.org/10.1002/9783527630233.ch1>
7. Hodge R. The future is bright, the future is biotechnology. *PLOS Biology*. 2023. Vol. 21, no. 4. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002135>
8. Lanigan T. M., Kopera H. C., Saunders T. L. Principles of Genetic Engineering. *Genes*. 2020. Vol. 11, no. 3. P. 291. URL: <https://doi.org/10.3390/genes11030291>
9. Savulescu J. Bioethics: why philosophy is essential for progress. *Journal of Medical Ethics*. 2014. Vol. 41, no. 1. P. 28–33. URL: <https://doi.org/10.1136/medethics-2014-102284>
10. The Ethics of Nanotechnology. *Home – Santa Clara University*. URL: <https://www.scu.edu/ethics/focus-areas/technology-ethics/resources/the-ethics-of-nanotechnology/> (date of access: 26.02.2024).

11. O'Mathúna D. P. Bioethics and biotechnology. *Cytotechnology*. 2007. Vol. 53, no. 1–3. P. 113–119. URL: <https://doi.org/10.1007/s10616-007-9053-8>
12. TAMURA R., TODA M. Historic Overview of Genetic Engineering Technologies for Human Gene Therapy. *Neurologia medico-chirurgica*. 2020. Vol. 60, no. 10. P. 483–491. URL: <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2020-0049>
13. FDA Approves First Gene Therapies to Treat Patients with Sickle Cell Disease. 2024. 8 December. URL: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-first-gene-therapies-treat-patients-sickle-cell-disease> (дата звернення: 26.02.2024).
14. Eskandar K. Revolutionizing biotechnology and bioengineering: unleashing the power of innovation. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*. 2023. Vol. 10, no. 3. P. 81–88. URL: <https://doi.org/10.15406/jabb.2023.10.00332>
15. Robert J. S., Baylis F. Genetic Engineering. *International Encyclopedia of Public Health*. 2008. P. 35–39. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-012373960-5.00133-7>
16. Тарасовський Ю. Верховна Рада ухвалила закон про державне регулювання і контроль за обігом ГМО. *Forbes*. 2023. 23 серп. URL: <https://forbes.ua/news/verkhovna-rada-ukhvalila-zakonoproekt-pro-derzhavne-regulyuvannya-gmo-23082023-15592> (дата звернення: 26.02.2024).
17. CP: Good Clinical Practice. *Scilife*. URL: [https://www.scilife.io/glossary/gcp#:~:text=Three%20principles%20of%20equal%20importance,permeate%20all%20other%20GCP%20principles.https://vial.com/glossary/institutional-review-board-irb-independent-ethics-committee-iec/?https://vial.com/glossary/institutional-review-board-irb-independent-ethics-committee-iec/?utm\\_source=organic](https://www.scilife.io/glossary/gcp#:~:text=Three%20principles%20of%20equal%20importance,permeate%20all%20other%20GCP%20principles.https://vial.com/glossary/institutional-review-board-irb-independent-ethics-committee-iec/?https://vial.com/glossary/institutional-review-board-irb-independent-ethics-committee-iec/?utm_source=organic) (date of access: 26.02.2024).
18. Sim S., Wong N. Nanotechnology and its use in imaging and drug delivery (Review). *Biomedical Reports*. 2021. Vol. 14, no. 5. URL: <https://doi.org/10.3892/br.2021.1418>
19. An overview of nanotechnology and its potential risk / S. A. Afolalu et al. *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 391. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101080>
20. GÖKÇAY B., ARDA B. Nanotechnology, nanomedicine; ethical aspects. *Revista Română de Bioetică*. 2015. Vol. 13, no. 3. P. 423–432. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5393069/>
21. Stem Cells: A Historical Review about Biological, Religious, and Ethical Issues / I. A. Charitos et al. *Stem Cells International*. 2021. Vol. 2021. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/9978837>
22. What is Industrial Biotechnology? – BIO. *BIO*. URL: <https://archive.bio.org/articles/what-industrial-biotechnology#:~:text=Rudimentary%20industrial%20biotechnology%20actually%20dates,vinegar,%20and%20other%20food%20products.> (date of access: 26.02.2024).
23. Asveld L., Osseweijer P., Posada J. A. Societal and ethical issues in industrial biotechnology. *Sustainability and life cycle assessment in industrial biotechnology*. Cham, 2019. P. 121–141. URL: [https://doi.org/10.1007/10\\_2019\\_100](https://doi.org/10.1007/10_2019_100)
24. Bioenergy (biofuels and biomass) | EESI. *Environmental and Energy Study Institute | Ideas. Insights. Sustainable Solutions*. URL: <https://www.eesi.org/topics/bioenergy-biofuels-biomass/description> (date of access: 26.02.2024).
25. Biotechnology: ethical and social debates. 2008. 89 p. URL: <https://www.oecd.org/sti/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/40926844.pdf> (date of access: 26.02.2024).

**DANGERS OF UNCONTROLLED DEVELOPMENT OF BIOTECHNOLOGY:  
ETHICAL ASPECT****Oksana Chursinova***Lviv Polytechnic National University,  
Department of Philosophy  
S. Bandery str., 12, 79013, Lviv, Ukraine***Anastasia Kulakivska***Lviv Polytechnic National University,  
s Institute of Chemistry and Chemical Technologies  
S. Bandery str., 12, 79013, Lviv, Ukraine*

Modern biotechnology has entered all areas of life over the past two decades, but its use can be both beneficial and destructive. In the article, special attention is paid to the ethical aspect in the assessment of biotechnologies and the regulation of their development. Accordingly, the purpose of this article is to consider and highlight the ethical challenges associated with the unlimited development of biotechnology. The authors seek to highlight the potential negative consequences of this development for society and outline the ethical standards of this activity. The German existentialist philosopher M. Heidegger emphasizes that science should develop under the equal influence of «calculative» (part of the research of the world) and «mediational» thinking (searching for deep meaning in the studied) [16, p. 1–15]. The authors emphasize the importance of the balanced development of science and the search for deep meanings in biotechnology research.

The article emphasizes that in order to ensure promising development in every field of biotechnology, it is important to implement innovations with strict adherence to ethical standards. The introduction of new genetically modified organisms should be preceded by a thorough study of their impact on the environment and humans. The application of new drugs with genetic engineering components in medical practice requires compliance with GCP standards and approval by the Ethics Committee. The field of nanotechnology should provide information on the safety of using nanoparticles. The use of stem cells, especially embryonic stem cells, generates heated ethical debates and causes rejection by religious communities. Industrial biotechnology is a relatively safe industry; the main concerns relate to new microbiological products that are an alternative to natural plant forms. The risks associated with the production of alternative energy sources are a possible increase in the demand for biofuels, which may limit public food. Common ethical challenges for biotechnology include uneven access to technology and the possibility of its use for terrorist purposes.

*Key words:* ethics, biotechnology, genetic engineering, nanotechnology, technology, energy.