

УДК 17:004.15

DOI <https://doi.org/10.30970/PPS.2022.43.19>

ЕТИЧНІ ВИКЛИКИ СИНТЕТИЧНОЇ БІОЛОГІЇ

Олеся Паньків

*Національний університет «Львівська політехніка»,
Інститут гуманітарних та соціальних наук, кафедра філософії
вул. Митрополита Андрея, 5, 79013, м. Львів, Україна*

В статті розглянуто етичні проблеми розвитку та застосування синтетичної біології. Відзначається, що через поширення та розвиток різних напрямів даної галузі (Synthetic Biology, SynBio), віднайти універсальне та узгоджене визначення «синтетичної біології» доволі складно, Автор, покликаючись на А. Грюнвальда, виділяє такі вихідні характеристики та завдання синтетичної біології: дизайн біологічних частин, утворень, систем або модифікація існуючих природних біосистем для визначеної людиною мети; конструювання або синтез штучних генів та біологічних систем, а також модифікація існуючих організмів для забезпечення функціонування у відповідному напрямі; створення біологічних компонентів та систем, які не існують в природі, та зміна існуючих біологічних елементів.

Проаналізовані питання, які виникають у зв'язку з досягненнями синтетичної біології: важливість та цінність результатів отриманих синтетичною біологією; позитивні та негативні наслідки напрацювань в даній галузі. Відзначено, що споживацьке ставлення до природи, яке переросло в глобальні проблеми сучасної цивілізації, спрямувало людство до потреби збереження та опіки над природою. Однак, турбота про природу програє іншому прагненню – прагненню змін та вдосконалень. Обґрунтовано, що під впливом розвитку синтетичної біології змінюється ставлення до «живого», стираються межі між живим та неживим. Відзначено суперечливі моменти в питаннях: яким повинно бути правильне відношення людини до природи, чи існує межа, навіть баланс, між втручанням та невтручанням у світ природи. Розглянуто ряд прогресивних досягнень в синтетичній біології, які допоможуть суспільству у боротьбі з різноманітними захворюваннями, продовольчими проблемами, збереженню біорізноманіття тощо. Відзначено, що дослідження, які здійснює синтетична біологія, можуть становити велику небезпеку для людства, зокрема створення небезпечних вірусів, загроза поширення біо-злочинності та біо-тероризму. Акцентується увага на ризиках, непередбачуваності та складності даних технологій, що вимагає від суспільства високого рівня відповідальності.

Ключові слова: синтетична біологія, біотехнології, життя, непередбачуваність, відповідальність.

Вивчення «живого», що наповнює та творить всесвіт унікальної біологічної реальності, сьогодні постає предметом вивчення та дослідження не лише біології, а й визначається розвитком таких галузей як медицина, екологія, соціобіологія, інженерія, кібернетика, філософія тощо. «Живе» усвідомлюється людиною як важливий та необхідний елемент світобудови. В. Вернадський визначав «живе» як те, що «наука отримала у готовому вигляді» [1, с. 105]. Сьогодні наука підійшла до тієї межі, за якою, здавалося б, прихована таємниця життя. Не випадково, пріоритетними у розвитку сучасного суспільства стали науки про життя, до яких підвищена увага не лише науковців, а й громадськості та політичних діячів. До того ж, впровадження нових технологій та штучних інтелектуальних систем поступово руйнує межі між живим та неживим, природним та штучним, життям та технологією, що неминуче наштовхує на питання мети та спрямованості нових здобутків,

ризиків та визначення міри відповідальності. Доволі значний та етично зумовлений виклик в питанні осмислення «живого» сьогодні представлений в межах розвитку синтетичної біології, яка, втручаючись в «святеє святих» живого [2, с. 37], викликає як захоплення, так і численні перестороги: чи має людина моральне право експериментувати зі самим «життям»?

Стрімкий розвиток науки та різноманітних технологій актуалізував питання сучасної етики. Особливо зросла увага до моральних проблем в останню третину ХХ сторіччя як виправдана реакція на багатоманітні досягнення та, в той же час, соціальні та екологічні негаразди, що стали стимулом для пошуків «нової моралі»: «Етика життя» А. Швейцера, «Етика ненасильства» – Р. Емерсона, М. Ганді; «Принцип відповідальності» – Г. Йонаса тощо. Опублікована низка зарубіжних та вітчизняних досліджень, що стосуються розвитку біотехнологій. Серед них варто відзначити Ю. Габермаса, Ф. Фукуяму, А. Грюнвальда, Р. Карлсона, М. Кисельова, Т. Гардашук, А. Єрмоленка та інших. Однак, галузі біотехнологій, зокрема синтетична біологія, розвиваються швидкими темпами та потребують філософського обґрунтування морально-етичних позицій, які б допомогли окреслити позитивні, виявити та попередити негативні тенденції розвитку сучасних біотехнологічних інновацій у житті людини.

Метою даної статті є філософський аналіз етичних викликів розвитку синтетичної біології, перспектив та ризиків для людини.

Людина завжди прагнула змінити природу відповідно до своїх потреб: приборкувала вогонь, одомашнювала тварин і рослин, будувала греблі та атомні електростанції, впливаючи на природу та змінюючи її незліченною кількістю інших способів. Частиною епохи нового людського впливу є розвиток синтетичної біології (SynBio) – «міждисциплінарної галузі інженерії та біології з наголосом на надійному та передбачуваному створенні геномів живих клітин для виробництва товарів і послуг які б принесли користь людям» [3]. Варто відзначити, що віднайти універсальне та узгоджене визначення «синтетичної біології» доволі складно, оскільки відзначається поширення та розвиток доволі різних напрямів даної галузі (Synthetic Biology, SynBio). А. Грюнвальд [4, с. 195], незважаючи на відмінності, виділяє такі вихідні характеристики синтетичної біології: дизайн біологічних частин, утворень, систем або модифікація існуючих природних біосистем для визначеної людиною мети; конструювання або синтез штучних генів та біологічних систем, а також модифікація існуючих організмів для забезпечення функціонування у відповідному напрямі; створення біологічних компонентів та систем, які не існують в природі, та зміна існуючих біологічних елементів, тобто цілеспрямований дизайн штучних біологічних систем. Опираючись на запропоновані характеристики, розуміємо, що основна мета розвитку синтетичної біології полягає не лише у зміні біологічних систем, а й у формуванні та розробці інноваційних проєктів, які в майбутньому зможе застосовувати людство.

Синтетична біологія є галуззю, що стрімко розвивається. Технології, які дозволяють маніпулювати ДНК, як вважають дослідники [5], змінюються швидше, ніж розвиток, який призвів до появи стільникових телефонів і сучасних комп'ютерів. Щорічно в синтетичну біологію інвестуються мільярди доларів. Розробки нових програм та вдосконалення вже існуючих з'являються щотижня [6]. Швидкі темпи розвитку синтетичної біології не завжди дозволяють врахувати та передбачити ризики, з якими може зіштовхнутися в майбутньому людство. «Швидкість, з якою суспільство змінює еволюційну перспективу, судячи з усього, залишається набагато більшою, ніж швидкість, з якою суспільство розробляє етику для вирішення проблем, які можуть спричинити ці зміни» [7].

В цьому контексті розвитку синтетичної біології, виникають важливі етичні питання, які потребують розгляду:

- Важливість та цінність результатів отриманих синтетичною біологією.
- Позитивні та негативні наслідки напрацювань в даній галузі.

В питаннях потенціалу застосування результатів синтетичної біології в промисловості, медицині, сільському господарстві відзначається велика прихильність серед науковців та громадськості. В цьому плані акцентується увага на соціальній ролі розвитку даних технологій, які започаткують нову промислову революцію, в якій модифіковані мікроорганізми стануть новим засобом виробництва [8, с. 56- 65]. Також сформульовані передбачення, що «синтетична біологія приведе нас в еру життя як об'єкта промислового виробництва» [9]. Яскравим прикладам є продукти, які вже отримали своє застосування: протималарійний препарат «Артемезинін», який раніше залежав від вилучення з рослини *Artemisia annua*, тепер ефективно синтезований; бактерії, які перепрограмовані для створення електронних і оптичних матеріалів; новий вид плодової мушки; паливо, ліки, їжа тощо. Товариства охорони дикої природи розглядають питання про залучення результатів синтетичної біології для збереження та відтворення вимерлих видів [10]. Великі очікування від досліджень синтетичної біології покладає й «аналітична» біологія, оскільки синтез та модифікація біологічних систем може сприяти нашому розумінню того, як вони функціонують. Жваве обговорення серед науковців та громадськості викликало редагування геному на основі CRISPR/Cas. Дане редагування має на меті лікування різноманітних генетичних захворювань, включаючи вроджену сліпоту та глухоту. У 2019 році біотехнологічна компанія Editas Medicine офіційно запустила перше в світі клінічне випробування терапії генного редагування CRISPR/Cas для спадкових дегенеративних захворювань сітківки. Також ця компанія заявила про дослідження та розробку двох типів ліків для редагування генів: *in vivo* – генно-редаговані ліки, які редагують гени всередині організму, і *ex vivo* – генно-редаговані клітинні ліки, в яких редагування генів відбувається поза організмом для створення редагованих клітинних ліків, які вводять пацієнтам. Використання обох цих підходів, як відзначають дослідники даної компанії, допоможе боротися з широким спектром захворювань [11]. Після спалаху SARS-COV-2 у 2019 році з'явилися нові технології виявлення нуклеїнів на основі синтетичної біології. Наприклад, виявлення вірусу скоротилося до 5 хвилин за допомогою технології на основі CRISPR/Cas13. Технології редагування геному дають людству велику надію на те, що в майбутньому вони зможуть стати потужним інструментом для лікування різноманітних захворювань, включаючи рак і ВІЛ. Ю. Габермас у праці «Майбутнє людської природи», звертаючи увагу на розвиток науки, і, зокрема, фармакологічної індустрії, висловлює певне застереження: «Чим більш нестримним стає проникнення в структуру людського геному, тим більш клінічний стиль поведінки із пацієнтом починає бути схожим на біотехнологічний стиль втручання в природу, зводячи нанівець інтуїтивне розрізнення між тим, що виросло, і тим, що зроблене, між суб'єктивним і об'єктивним...» [12, с. 60]. Тому важливим моментом у проведенні досліджень синтетичною біологією є той факт, щоб вони не вийшли з-під контролю людини, тим самим ставши небезпечними для неї самої.

Таким чином, питання безпеки та ризиків постає важливим підґрунтям для вирішення ряду морально-етичних викликів по відношенню до синтетичної біології. Людство в процесі історичного розвитку достатньо кардинально змінило та продовжує змінювати природний світ. Однак, чи потрібно поширити цю здатність на живі організми так, як це дозволяє синтетична біологія, щоб ми могли отримати те, що правдоподібно можна було б назвати штучними живими істотами? [13]. Ці питання пронизують усі аспекти оцінки

синтетичної біології. Визначити та дослідити усі аспекти доволі складно, оскільки питання, яким саме повинно бути правильне відношення людини до природи, залишається відкритим. Вподовж тривалого розвитку людство є учасником та свідком споживацького ставлення до природи, як результат – глобальні проблеми з якими стикнулася сучасна цивілізація. Через це людство шукає певну межу, навіть баланс, між втручанням та не втручанням у світ природи. Ідея балансу постає ключовою, хоча питання, які саме втручання дозволити, які обмежити, як обмежити і коли, будуть складними та часто невизначеними. Важко заперечити, що сьогодні людство повинно як ніколи піклуватися про природу, виявляти турботу і це питання перемагає інші види моральних проблем. Однак, ця турбота програє іншому прагненню – прагненню змін та вдосколень. Про це, зокрема, свідчать напрями досліджень синтетичної біології.

На сьогоднішній день найперспективніші застосування синтетичної біології, мабуть, краще описати як такі, що в більшій мірі передбачають модифікацію існуючих типів організмів, а не розробку нових. Крім того, програми стосуються переважно мікробів. В даному випадку, ці дослідження мають скромний вплив на стосунки людини з природою, хоча це також залежить від типів застосувань. Більшість застосувань синтетичної біології, передбачених на даний момент, представлені в промислових або медичних сферах, в яких зміна природи вже є даністю і швидше означає заміну однієї форми іншою. Як приклад, виробництво палива «синтетичними організмами». Доволі важко відповісти на питання, як відноситися до даного виробництва, чим воно гірше, ніж виробництво палива шляхом видобутку та обробки сировини. І, як варіант, могло б вирішити доволі складні проблеми у сфері енергетики. Це часто приводить до певної суперечності: з однієї сторони, виробництво палива з мікробів, модифікованих людиною за своєю суттю суперечить ставленню та впливу на природу, з іншого, має на меті зберегти природні види, місця, екосистеми, оскільки синтетична біологія може запропонувати корисні для природи можливості, в тому числі, і задля її збереження.

Чи виявиться синтетична біологія руйнівною для природи, залежатиме від багатьох факторів. В першу чергу, від програм та форм контролю які будуть розроблені та виконуватимуться. Хоча є розуміння, що навіть найоптимальніші та надійніші програми будуть потребувати постійного моніторингу ситуації та оновлення. Крім цього, необхідний високий рівень прозорості щодо досліджень і потенційних застосувань; дослідження можливих переваг і шкоди вимагає широкого кола експертів. Наприклад, розуміння ризику щодо поводження певних організмів у навколишньому середовищі вимагатиме залучення епідеміологів, екологів, системних біологів та експертів із охорони здоров'я, а також вчених-генетиків [14]. Також, дослідження має бути повторюваним, тому що те, що вивчається під час дослідження, може призвести до змін у розумінні кінцевих результатів. Зокрема, синтетична біологія схильна втрачати з поля зору непередбачуваність змін і боротьби, яким піддаються організми в ході свого розвитку як виду [9]. Варіанти поведінки, мабуть, слід визначати на початку дослідження та продовжувати після будь-якого застосування (наприклад, після виходу на ринок продукту, що створений на основі синтетичної біології).

Питання, які виникають до синтетичної біології такі ж різноманітні, як її досягнення та напрацювання. Гострими постають питання які стосуються ризиків для здоров'я. Це пов'язано, в першу чергу, з безпекою тих, хто працює з синтетичними організмами та впливом на здоров'я організмів, які потрапили в навколишнє середовище або в організм людини. В цьому питанні слід створювати та запроваджувати механізми безпеки або ж стратегії біостимування, які можуть допомогти уникнути або зменшити ці ризики. З метою використання сучасних біотехнологій для блага людини, довкілля та попередження

негативних наслідків, виявлення ризиків, 29 січня 2000 року було ухвалено Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття. Цей документ опирається на 15-й Принцип Ріо-де-Жанейрської декларації з довкілля та розвитку 1992 року (995_455) та полягає сприянні «забезпечення належного рівня захисту в галузі безпечної передачі, обробки і використання живих змінених організмів, отриманих у результаті використання сучасної біотехнології, які можуть мати несприятливий вплив на збереження й стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини та з приділенням особливої уваги транскордонному переміщенню» [15].

Можливо, найсерйозніше і, безперечно, найбільше занепокоєння викликають побоювання, що синтетична біологія може надати потужні та непередбачувані інструменти для створення біологічної зброї [16]. Окрім того, що даний вид зброї може бути спрямований проти людей, завдати великої шкоди здоров'ю населення, ця шкода може бути завдана сільськогосподарським та екологічним цілями. Безліч інших питань виникають не стільки до синтезованих мікроорганізмів, скільки до форм власності певних індустрій. Синтетичні організми, які виявилися економічно життєздатними для виробництва певних продуктів, таких як паливо, ліки, можуть вимагати великих ресурсів – землі, води тощо. Це занепокоєння виникає як у критиків, так і прихильників синтетичної біології щодо власності та контролю над цими технологіями. Занепокоєння полягає в тому, що відносно невелика кількість приватних організацій, зможуть вимагати патенти на продукти даної технології; можливо, знайдуться особливо впливові корпоративні гіганти, які в значній мірі зможуть диктувати умови використання даних технологій. Відповідно до даних, зібраних SynBioBeta (спільнота інженерів, інвесторів та інших учасників синбіо), інвестори вклали 4,6 мільярда доларів у компанії, що займаються синтетичною біологією [iStock/DeoSum]. Варто згадати DIYbio – один із видів діяльності в синтетичній біології, що для багатьох дослідників постає ідеалом форми виробництва, яку варто просувати та захищати. Однак, представників DIY Bio нерідко називають біохакерами (Biohackers, Body Hacking), які застосовують хакерську етику проведення досліджень. Діяльність цих спільнот привертає увагу суспільства та уряду й викликає тривоги, занепокоєння, оскільки, завдяки свободі, доступності та ефективності проведення досліджень та експериментів, існує ризик створення небезпечних вірусів та загроза поширення біо-злочинності та біо-тероризму. Попри існування етичного кодексу (DIY Bio Code of Ethics) [17], який спирається на принципи відкритості, відповідальності, безпеки, чесності, поваги до суспільства та служінні виключно інтересам миру, поширення цих напрямів ставить суспільство перед новими викликами та потребує нових підходів та досліджень в галузі етики науки.

Ще один важливий етичний аспект розвитку синтетичної біології – довіра суспільства до нових технологій та розробників цих технологій. Суспільні очікування, якщо вони сформульовані та широко поширені на ранніх стадіях розвитку нової технології, становлять потужну форму соціального та ринкового контролю. Коли промисловість намагається запровадити нову технологію, суспільна довіра має великі стратегічні наслідки, оскільки ринок цієї технології розвивається. Як відзначає М. Кисельов [18, с. 12], часто спостерігається тенденція до перебільшення успіхів і значення новітніх генноінженерних досліджень та практики. Ці перебільшення замовчують очевидні недоліки та можливі загрозові наслідки. Нагальність і важливість проблем біологічної етики нерідко експлуатуються для рекламування й популяризації результатів новітніх медико-біологічних досліджень. Ключовий наголос у споживачів має ставитися та визначатися соціальною та екологічною відповідальністю. Як наголошував Г. Йонас, «технології своїми надмірними ризиками примушують нас до якомога глибшого їх осмислення... Старі питання про відношення між

буттям і належністю, причиною й метою, природою та цінністю мають бути онтологічно переорієнтовані, щоб по той бік ціннісного суб'єктивізму по-новому укорінити обов'язок людини в бутті» [19, с. 8]. Доволі непростим завданням у формуванні суспільного сприйняття технологій, що розвиваються, є донесення до громадської аудиторії невизначеності та складності розвитку цих технологій. Навіть маючи обмежений досвід, суспільство повинно розуміти можливі ризики та складності даних технологій.

Таким чином, питання які з'являються в результаті напрацювань в галузі синтетичної біології, є морально значущими, складними та глибокими. Будь-яка людина, яка турбується про своє майбутнє, майбутнє природи та «живого» загалом, має підстави замислитися про вплив синтетичної біології. Цілком можливо, що деякою мірою питання потенційної шкоди та користі синтетичної біології перебільшуються в численних дискусіях. Однак, синтетична біологія відкриває чимало інтригуючих та доволі тривожних можливостей, які вимагають ретельного вивчення та моніторингу. Цей процес вимагає прозорості дослідження та міждисциплінарності серед тих, хто займається його оцінкою. Дослідження та результати, отримані синтетичною біологією, мають важливі етичні наслідки, оскільки в синтетичній біології об'єктом спостереження, дослідження та модифікації постає життя та «живе» загалом. Було б добре, якби людство усвідомило, що досягти справжнього прогресу без високої моралі, моральних норм та правил неможливо. Вони потрібні не тільки для того, щоб захистити кожну окрему людину, але й саме життя на Землі.

Список використаної літератури

1. Володимир Іванович Вернадський і Україна. Т. 1, кн. 2: Володимир Іванович Вернадський. Вибрані праці / НАН України, Нац. б-ка України імені В.І. Вернадського, Ін-т історії України, Коміс. НАН України з наук. спадщини акад. В.І. Вернадського, К., 2011. 584 с.
2. Феномен життя у сучасному філософському дискурсі: Монографія// М.М. Кисельов, Т.В. Гардашук, Ю.А. Іщенко, С.І. Грабовський. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2018. 296 с.
3. Florian David, Andrew M. Davis et al., A Perspective on Synthetic Biology in Drug Discovery and Development – Current Impact and Future Opportunities *SLAS Discovery*, Volume 26, 2021, P.581-603; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2472555222067132>
4. Grunwald A. Responsible Nanobiotechnology: Philosophy and Ethics. Singapore: Stanford Publishing, 2012. 383p.
5. Carlson H. Robert. Biology Is Technology: The Promise, Peril, and New Business of Engineering Life. Harvard University Press, 2011. 288p.
6. Mosendz P. Scientists have successfully built a custom, synthetic chromosome from scratch. *The Wire* (Atlantic Monthly Group), 2014. URL: <http://www.thewire.com/technology/2014/03/biologists-have-successfully-built-a-custom-synthetic-chromosome-from-scratch/359823/>.
7. Ehrlich, Paul. Intervening in Evolution: Ethics and Actions. In (*NAS Colloquium*) *the Future of Evolution*. DC: National Academies Press. 2002. URL: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.091093898>.
8. Specter M. A Life of Its Own: Where Will Synthetic Biology Lead Us? *The New Yorker*, September 28, 2009, P. 56- 65
9. Gregory E. Kaebnick, Thomas H. Murray, *Synthetic Biology and Morality: Artificial Life and the Bounds of Nature*. MIT Press: Cambridge, 2013. 192p.

10. Redford et al. How Will Synthetic Biology and Conservation Shape the Future of Nature? URL: <http://irpp.org/wp-content/uploads/sites/2/assets/po/the-age-of-man/redford-2013.pdf>
11. Editas Medicine. URL: <https://www.editasmedicine.com/gene-editing-pipeline/>
12. Habermas Jürgen. The Future of Human Nature. Cambridge University Press, 2003. 136p.
13. Preston C. J. Synthetic Biology: Drawing a Line in Darwin's Sand, *Environmental*, 2008. P. 23 – 39
14. Dana G. V. et al. Four Steps to Avoid a Synthetic-Biology Disaster, *Nature*, 2012: 29; URL: <https://www.nature.com/articles/483029a>
15. Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття (Про приєднання до Картахенського протоколу див. Закон від 12.09.2002 № 152-IV (152-15) від 12.09.2002. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_935#Text.
16. Bennett G. et al., From Synthetic Biology to Biohacking: Are We Prepared? *Nature Biotechnology*, no. 12 (2009). P.1109-1111.
17. An Institution for the Do-It-Yourself Biologist, 2011. URL: <https://diybio.org/>
18. Біоетика: від теорії до практики. Київ: ВД «Авіцена», 2021. 144 с.
19. Йонас Г. Принцип відповідальності. У пошуках етики для технологічної цивілізації. Київ: Лібра, 2001. 400с.

ETHICAL CHALLENGES OF SYNTHETIC BIOLOGY

Olesia Pankiv

*Lviv Polytechnic National University,
Institute of Humanities and Social Sciences, Department of Philosophy
Mytropolyta Andreiia str., 5,79013, Lviv, Ukraine*

The article discusses the ethical problems of the development and application of synthetic biology. It is noted that due to the spread and development of various areas of this field (Synthetic Biology, SynBio), it is quite difficult to find a universal and agreed definition of "synthetic biology". The author, referring to A. Grunwald, singles out the initial characteristics and tasks of synthetic biology: the design of biological parts, formations, systems or modification of existing natural biosystems for a purpose defined by man; construction or synthesis of artificial genes and biological systems, as well as modification of existing organisms to ensure functioning in the appropriate direction; creating biological components and systems that do not exist in nature, and changing existing biological elements.

The questions that arise in connection with the achievements of synthetic biology are analyzed: the importance and value of the results obtained by synthetic biology; positive and negative consequences of work in this field. It is noted that the consumerist attitude to nature, which has turned into global problems of modern civilization, has directed humanity to the need to preserve and protect nature. However, care for nature loses to another desire – the desire for changes and improvements. It is substantiated that under the influence of the development of synthetic biology, the attitude towards "living things" is changing; the boundaries between the living and the non-living are being erased. Controversial points were noted in the questions: what should be the correct relationship of man to nature, whether there is a limit, even a balance, between intervention and non-interference in the natural world. A number of progressive achievements in synthetic biology that will help society in the fight against various diseases, food problems, preservation of biodiversity, etc. are considered. It was noted that the research carried out by synthetic biology can pose a great danger to humanity, in particular, the creation of dangerous viruses, the threat of the spread of bio-crime and bio-terrorism. Attention is focused on the risks, unpredictability and complexity of these technologies, which requires a high level of responsibility from society.

Key words: synthetic biology, biotechnology, life, unpredictability, responsibility.