

Кокорєв Олексій Вікторович

доктор політичних наук,
доцент кафедри журналістики, соціальних комунікацій і ІТ-права
Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку
вул. Кузнечна, 1, Одеса, Україна
orcid.org/0000-0001-7391-2498

Пальчинська Мар'яна Вікторівна

доктор філологічних наук,
професор кафедри журналістики, соціальних комунікацій і ІТ-права
Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку
вул. Кузнечна, 1, Одеса, Україна
orcid.org/0000-0001-5860-9546

ТЕХНОЛОГІЧНА РЕАЛЬНІСТЬ І МЕЖІ ЛЮДСЬКОГО РОЗУМУ: ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ ЕПОХИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Актуальність дослідження. Швидкий прогрес нанотехнологій у XXI столітті радикально трансформує суспільство, економіку та людське буття, породжуючи нові етичні виклики, ризики відчуження людини від власної сутності та загрозу технократичного домінування. У 2020-х роках глобальний ринок нанотехнологій сягає мільярдів доларів: у 2024 р. – 16,5 млрд USD, прогноз до 2033 р. – 103,2 млрд USD (CAGR 22,7%) [15]. Інтеграція нанотехнологій у медицину (наноімпланти), екологію (фільтри забруднень), енергетику (сонячні панелі нового покоління) та повсякденне життя (наноматеріали в одязі, електроніці) вимагає невідкладного філософського аналізу. Без нього існує ризик, що технологія стане не інструментом, а детермінантою людського існування, порушуючи базові принципи людської гідності та автономії [23].

Мета дослідження – виявити онтологічні, гносеологічні та аксіологічні контури знання, що виникає на стику природи, технології та людини в епохі нанотехнологій.

Методи дослідження: теоретичні – аналіз, синтез, узагальнення, порівняльний метод; емпіричні – контент-аналіз звітів (MarketsandMarkets, 2025 [15]; Roco, 2023 [14]), статистики патентів, опитувань експертів (NanoEthics, 2012 [23]); філософські – онтологічний, гносеологічний, аксіологічний підходи, критичний дискурс-аналіз трансгуманізму та постнекласичної раціональності.

Результати дослідження: Встановлено, що нанотехнології є постнекласичним феноменом, який інтегрує природничі та технічні науки в єдину технологічну реальність. Емпіричні дані підтверджують експоненційне зростання: ринок – з 16,5 до 103,2 млрд USD [15], державні інвестиції – >40 млрд USD у США [14], патентів – ~45 000 (2023) [14]. Водночас 68% експертів вказують на ризик соціальної нерівності, 72% – за обов'язкові етичні регуляції [23]. Філософський аналіз розкриває подвійну природу нанотехнологій: як інструмент розширення людських можливостей і як онтологічний виклик сутності людини. Обґрунтовано критику трансгуманізму як світогляду, що підпорядковує людину техніці, та необхідність гуманізації – технології мають служити людині, а не визначати її мету. Запропоновано нову етику технологічного буття, де людина – не засіб, а кінцева мета розвитку.

Ключові слова: нанотехнології, постнекласична наука, трансгуманізм, гуманізація технологій, етика технологічного буття, межі людського розуму, онтологія людини, технологічна реальність.

Вступ. У XXI столітті людство вступило в еру, коли технології перестають бути лише продовженням людських можливостей і починають формувати саму природу людського існування [1]. Нанотехнології, оперуючи на рівні окремих атомів і молекул, відкривають принципово нові горизонти пізнання й дії, водночас ставлячи під сумнів традиційні межі між природним і штучним, суб'єктом і об'єктом, людиною і машиною [11, 12]. Цей перехід від мікро- до нанорівня не є лише технічним удосконаленням – це якісний стрибок, що трансформує онтологічні основи реальності, гносеологічні механізми пізнання та аксіологічні орієнтири людського буття [18]. У контексті постнекласичного етапу науки, де знання стає комплексним, міждисциплінарним і технологічно насиченим, нанотехнології виступають не просто новим інструментом, а активним учасником творення світу [3]. Саме тому філософський аналіз цього феномена є не лише актуальним, але й необхідним для усвідомлення меж людського розуму в епоху технологічної реальності [2].

Мета дослідження – виявити онтологічні, гносеологічні та аксіологічні контури знання, що виникає на стику природи, технології та людини в епоху нанотехнологій.

Реалізації цієї мети підпорядковано рішення наступних **завдань**:

- охарактеризувати постнекласичний етап науки та взаємодію природничих і технічних дисциплін;

- визначити сутність, принципи та етапи розвитку нанонаук і нанотехнологій;

- проаналізувати емпіричні дані ринку, прогнозів та етичних опитувань;

- обґрунтувати необхідність гуманізації нанотехнологій та критику трансгуманізму.

Об'єктом дослідження є епоха нанотехнологій як постнекласичний етап розвитку науки і техніки, що формує нову технологічну реальність.

Предмет дослідження: онтологічні, гносеологічні та аксіологічні межі людського розуму в умовах взаємодії з нанотехнологіями, включаючи проблеми гуманізації, трансгуманізму та етики технологічного буття.

Теоретико-методологічна база дослідження. Теоретичну базу складають праці з філософії науки (М. Каку [1]), філософії технології (Д. Іхде [2]), постнекласичної раціональності (Н. Максвелл [3]), наноетики (А. Нордманн [18], А. Феррарі [23]) та критики трансгуманізму (Ф. Феррандо [21], М.Бердетт [24]). Методологічно дослідження спирається на діалектичний підхід до взаємодії природничих і технічних наук, системний аналіз етапів розвитку нанотехнологій (М. С. Росо [14]) та контент-аналіз емпіричних даних (MarketsandMarkets [15]). Філософський дискурс ґрунтується на онтологічному, гносеологічному та аксіологічному підходах до проблеми меж людського розуму в технологічній реальності.

Результати дослідження.

1. Постнекласична наука та взаємодія природничих і технічних дисциплін

У сучасних умовах глобального розвитку суспільство переживає суттєві зміни майже в усіх сферах життєдіяльності. Ці трансформації змушують наукову спільноту по-новому осмислювати можливості, потреби та вплив науки на розвиток суспільства. Наука як особливий тип пізнавальної діяльності – спрямована на виробництво об'єктивних, істинних, системно впорядкованих і обґрунтованих знань – вступає в етап постнекласичного розвитку. Цей етап супроводжується формуванням нового науково-технічного знання, яке має такі характерні ознаки: комплексність теоретичних досліджень; відсутність єдиної базової теорії; новий методологічний інструментарій, що включає специфічні методи, підходи та теоретичні засоби, недоступні жодній із синтезованих наук; нові об'єкти й предмети дослідження (системи «людина-машина», техносфери, технології) [1].

Сучасні технічні науки нерідко виступають у протиставленні до природничих наук, адже інженерні вироби функціонують не лише за законами «першої природи», але й за законами технологічної («другої природи») реальності. Проте важливо зазначити, що технічні науки базуються на теоретичному апараті природничих наук, і без них немислимий розвиток технологій. Технології сьогодні стають своєрідними суперсистемами, які визначають розвиток технічних наук. Як зазначає Дон Іхде у галузі філософії технології, технології не є нейтральними – вони змінюють наше сприйняття, спосіб дії та пізнання [2].

Розвиток природничих і технічних наук через призму технологій породив нові міждисциплінарні напрями: нанонауки, нанотехнології, геноміка, екогенетика, нові біомедичні технології тощо. Досліджуючи взаємозв'язок структури й функції нового технічного об'єкта, технічні науки описують процеси, що відбуваються в цьому об'єкті, і трансформують «механізми» зв'язку структури й функції. Засоби характеристики цих процесів надаються природознавством, і тому науково-технічне знання обов'язково базується на теоретичному апараті природничих наук [6].

Сучасній філософії належить нове завдання – змінювати не лише методи наукової роботи, але й самі цілі науки відповідно до розвитку знання та інтересів людства [3].

Українська академічна традиція підкреслює єдність фундаментального й прикладного: нанотехнології – це сукупність знань, засобів і способів цілеспрямованого конструювання матеріалів та виробів із розмірністю елементів до 100 нм [5, 10].

Отже, постнекласична наука стала основою формування нового типу технологічного мислення, у якому природничі та технічні дисципліни взаємодіють у межах єдиної технологічної реальності – саме в цьому контексті виникають нанонауки.

Такий синтез знань і технологій лежить в основі сутності нанонаук, принципи та етапи розвитку яких розглянемо далі.

2. Сутність, принципи та етапи розвитку нанонаук і нанотехнологій

Нанонауки – це система теоретичного знання, спрямована на вивчення і створення ідеальних моделей штучних матеріальних засобів цілеспрямованої діяльності людей. Вони опановують знання про властивості об'єктів і процесів, що використовуються в умовах штучно створених систем, для формування оптимальних моделей технічних засобів-артефактів, а також про шляхи, методи й засоби втілення цих знань. «Нанонаука може бути визначена як міждисциплінарна наука, що відноситься до фундаментальних фізико-хімічних досліджень об'єктів і процесів в масштабі кількох нанометрів ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$)» [4].

У наносвіті матеріальні характеристики (провідність, твердість, точка плавлення тощо) співпадають із якісно новими властивостями, характерними для атомно-молекулярного рівня: корпускулярно-хвильовий дуалізм, квантові ефекти. Фундаментальні властивості матеріалів залежать від їхнього розміру – така залежність суттєва лише на наномасштабі. Міжнародні інституції узгоджено фіксують наномасштаб як $\sim 1\text{--}100 \text{ нм}$: NSF визначає нанотехнологію як розуміння, маніпулювання й контроль матерії на цьому діапазоні, де виникають унікальні фізичні, хімічні, механічні та оптичні властивості [7]. Європейські рекомендації уточнюють регуляторні критерії для наноматеріалів [8].

Нанотехнології – сукупність методів і прийомів, які забезпечують контроль і зміну об'єктів розміром до 100 нм з метою отримання нових властивостей і інтеграції їх у функціонуючі системи великого масштабу. Нанопідхід не зводиться до мініатюризації; розмір стає кермом фундаментальних характеристик [9].

Методологічно нанотехнології часто розглядаються як процес конструювання речовини «знизу-вгору» (bottom-up), із застосуванням нанороботів чи атомно-молекулярного контролю [11, 12]. Сьогодні розвиток нанотехнологій має два напрями: «dry» (інженерно-механічна традиція) та «wet» (біологічна) [13].

Системне формування нанонаук і нанотехнологій має низку структурних принципів [17]:

- технологічного використання квантових взаємодій;
- проникнення й синтезу живої та неживої матерії;
- наноконтролю над формами життя;
- самозбирання;
- самовідновлення;
- децентралізації;
- «очеловічення» наносфери.

Ці принципи не лише визначають внутрішню логіку нанонаук, але й структуризують їхній історичний розвиток. Одним із найвпливовіших підходів до періодизації еволюції нанотех-

нологій є модель М. С. Росо, розроблена в рамках Національної нанотехнологічної ініціативи США (NNI). Вона поділяє прогрес на чотири етапи, кожен із яких відповідає зростанню складності систем і рівню інтеграції з людським буттям [14].

Таблиця 1

Етапи розвитку нанотехнологій за М. С. Росо

Етап	Роки	Характеристика	Реалізація (станом на 2023)
1	2000–2005	Пасивні наноструктури – матеріали зі стабільними властивостями, що не змінюються в часі	Повністю досягнуто: графен, вуглецеві нанотрубки (CNT), квантові точки (QD) у комерційному виробництві
2	2005–2010	Активні наноструктури – системи, що змінюють функції в реальному часі (механічні, хімічні, біологічні)	Близько до завершення: нанотранзистори <5 нм (TSMC, Intel), біоактивні сенсори
3	2010–2020	Складні наносистеми – інтеграція тисяч нанооб'єктів, самозбірка, 3D-структури, біо-наногібриди	Частково досягнуто: самозбірка ДНК-орігами, 12 наноімплантів схвалено FDA
4	2020+	Інтегровані наносети та молекулярні машини – мережі нанороботів, штучні органи, когнітивні інтерфейси	Початкова стадія: прототипи нанороботів (MIT), молекулярні мотори

Джерело: складено автором за [14]

Таким чином, модель Росо не лише описує технологічний прогрес, але й корелює з філософськими принципами: від «пасивного» контролю (етап 1) до «очеловічення» наносфери (етап 4), де технологія стає частиною людського буття [17].

Отже, еволюція нанотехнологій від пасивних структур до інтегрованих наносистем демонструє не лише науковий прогрес, а й поступове «олюднення» технологічної сфери, що стає предметом філософського осмислення.

3. Емпірична частина: ринок, інвестиції, патенти, прогнози, етичні ризики

3.1. Глобальний ринок нанотехнологій

За даними MarketsandMarkets (2025), обсяг ринку у 2024 році – 16,5 млрд USD, прогноз до 2033 – 103,2 млрд USD (CAGR = 22,7%) [15].

Таблиця 2

Динаміка глобального ринку нанотехнологій у 2024–2033 рр.

Рік	Обсяг, млрд USD	CAGR (%)
2024	16,5	-
2025	20,1	21,8
2027	31,4	25,1
2030	59,8	23,9
2033	103,2	22,7

Джерело: складено автором за [15]

Сегменти (2024): наноматеріали – 48%, наноелектроніка – 28%, нанобіотехнології – 18% [15].

Таблиця 3

Регіональний розподіл глобального ринку нанотехнологій (2024 р.)

Регіон	Частка, %	Лідери
Північна Америка	38	США, Канада
Азія	34	Китай, Японія, Південна Корея
Європа	22	Німеччина, Франція
Інші	6	-

Джерело: складено автором за [15]

3.2. Інвестиції та державні програми

США (NNI): >40 млрд USD (2000–2024) [14]

Китай: 15 млрд USD (2021–2025)

ЄС (Horizon Europe): 1,8 млрд EUR (2021–2027)

Україна: 120 млн грн.(2021–2025) [10]

3.3. Патентна активність

За даними NNI та Роско (2023), кількість патентів зросла з ~12 500 (2015) до ~45 000 (2023) [14].

Таблиця 4

Патентна активність у сфері нанотехнологій за країнами (2023 р.)

Країна	Патентів (2023)	Частка, %
Китай	~19 800	~44
США	~11 000	~24
Японія	~5 800	~13
Україна	~170	~0,4

Джерело: складено автором за [14]

3.4. Етичні ризики

Опитування експертів (NanoEthics, 2012):

- 68% – високий ризик соціальної нерівності;
- 72% – за обов’язкові етичні регуляції [23].

Висновок емпірики: Швидке зростання ринку та інвестицій підтверджує технологічний прорив, але 68–72% експертів вказують на етичні загрози, що вимагає гуманізації [15, 23].

Отже, емпіричні дані підтверджують, що розвиток нанотехнологій має не лише економічний, але й глибокий соціально-філософський вимір, який потребує етичного осмислення та гуманізації.

Саме цей вимір стає центральним у філософському аналізі нанотехнологій, гуманізації та критичі трансгуманізму, що розглядається далі.

4. Філософські імплікації, гуманізація та критика трансгуманізму

Становлення нанонаук і нанотехнологій неминуче увійшло в поле філософського дослідження. Філософія нанотехнологій – це новітня область філософської рефлексії, яка відображає перехід до широкого використання нанотехнологій у техніці й житті, стимулюючи формування антропогенної цивілізації. У межах цієї рефлексії осмислюються не лише технологічні чи наукові питання, але й кардинальне оновлення двох людських структур – біологічної та соціальної. Саме проблеми оновлення другої структури, тобто соціальної, виявляються особливо складними, оскільки охоплюють широкий спектр морально-етичних, політико-правових та культурних питань [18].

Сучасний стан філософії нанотехнологій не дозволяє однозначно відповісти на низку питань, породжених новими межами людського буття, проте немає сумніву, що нанотехнології змінять науково-світогляд ХХІ століття. Ця нова парадигма стимулюватиме розвиток нової інформаційної та методологічної культури мислення про світ, про положення людини у ньому та про майбутню долю людства. У сучасних оглядах підкреслюється, що нанонауки й нанотехнології становлять надзвичайно динамічні поля науки і техніки [19].

Нанонаука й нанотехнології зачіпають широкий спектр філософських, соціальних, гуманістичних і морально-ціннісних проблем, що виходять за межі компетенції лише природознавців і інженерів, й стають прерогативою соціально-гуманітарних наук. Як і будь-яка інша область науки-техніки, нанонаука й нанотехнології потенційно містять ризики неправильного застосування, створення нових соціальних конфліктів тощо [16].

Разом із розвитком нанотехнологій постає питання їхнього філософського осмислення. Новітні технології здатні здійснювати управління життєвими системами, духовний світ люди-

ни, в єдності з біологічним, може зазнавати керування на молекулярному рівні через нанотехнологічні інтервенції.

У розвитку нанотехнологій особливе значення має методологічний інструментарій. Серед базових методів – аналітичний, синтезуючий, вимірювальний, а також метод руху «знизу-вгору» (bottom-up) при конструюванні нових об'єктів. Суть цього методу полягає в тому, що збірка створюваної структури відбувається безпосередньо з елементів нижчого порядку (атомів, молекул, структурних фрагментів біологічних клітин тощо), розташованих у потрібному порядку. Це новий підхід у порівнянні з традиційною технологією «зверху-вниз», пов'язаною з уменшенням розмірів фізичних об'єктів [12].

Філософія надає увагу нанотехнологіям відповідно до їхнього впливу на світ людини. Перше завдання – дослідження категорії «загального», утвореного завдяки нанотехнологіям. Їхня майбутня тотальність породжує необхідність переосмислення таких понять, як «свідомість», «мислення», «життя». Якщо не постає потреба переосмислити зміст цих категорій в умовах розвитку нанотехнологій, то мислення людини ризикує бути підвладним техніці й творити її як самоціль. Тоді актуальною стає думка Іммануїла Канта про людину як мету, а не засіб пізнання [20]. Отже, друге завдання філософії – довести, що людина формує мету для нанотехнологій, а не навпаки. У першому випадку людина усвідомлює свою відповідальність у створенні нанотехнологій, у другому – вона створює їх як технократію, ігноруючи нетехнічні початки.

Розуміння цього веде до такого твердження: нанотехнології, які змінюють світ через управління атомно-молекулярним рівнем матерії, повинні бути відкриті для взаємодії зі всіма нетехнічними аспектами буття людини – це реалізація найбільш складного третього завдання філософії: гуманізації нанотехнологій.

Відчуження людини від техніки стає важливою філософською проблемою, пов'язаною з тенденціями розвитку тотальності нанотехнологій і необхідністю рефлексії над ними. Відчуження філософських рефлексій від дійсності проявляється в двох формах: з одного боку, коли людина стає засобом розвитку нанотехнологій; з іншого – коли людина і її сутність підпорядковуються нанотехнологіям. У такому разі виникає ситуація, коли в технічній реальності людина стикається з овеществленими ідеями-проектами, які для неї вже предмети відчуження. У такому випадку людина створює нанотехнології як продовження свого існування, як те, що не відчужене від нього. Тут закладається один із аспектів гуманізації нанотехнологій.

Аналізуючи сучасний стан розвитку технологій, деякі філософи звертають увагу на те, що сьогодні домінуючим світоглядом стає трансгуманізм – раціональний і культурний рух, який стверджує можливість і бажання фундаментальних змін у становищі людини за допомогою досягнень розуму, насамперед через використання технологій, щоб ліквідувати морально-застарілі обмеження й суттєво посилити розумові, фізичні й психологічні можливості людини [21]. Якщо система трансгуманізму справді прагне змінити людину, то її помилкою є те, що вона технічними засобами намагається змінювати нетехнічне. Формальні зовнішні перетворення не можуть замінити перетворення зсередини – з сутності людини; тут закладено пріоритет знання про нетехнічне над знанням про технічне. Якщо технічне змінює нашу сутність, то наслідком може стати втрата людиною здатності до розумної діяльності, оскільки рефлексивна думка – це здатність виділяти з суцільного потоку явищ стійкі елементи і зосереджувати на них увагу [22].

У питанні етики часто послуговуються прикладами технології, біології, медицини, антропології, адже саме там науково-технічний прогрес впливає на людину. Наприклад, у журналі NanoEthics публікуються роботи, які розглядають соціально-філософські аспекти нанотехнологій, включно з питанням посилення людини, автономії, та нових форм тіла-техніки [23].

З огляду на це, перша задача філософії полягає у вивченні категорії «загального», яке формується через нанотехнології й трансгуманістичні проекти: коли технологія стає не просто інструментом, а модифікатором людини. У такій ситуації представлення людини як засобу чи

як кінцевої мети набуває критичного значення. Друга задача філософії – довести, що людина встановлює мету для технологій, а не технології визначають мету людини. У цьому контексті реалізація третьої задачі – гуманізація технологій: технології, які змінюють світ через атомно-молекулярне управління, повинні бути відкриті до взаємодії з усіма нетехнічними вимірами буття людини – соціальними, культурними, екологічними.

Як підкреслює дослідник Mark Burdett, ідеологічні риси трансгуманізму часом набувають онтологічного характеру: інформація стає новою «реальністю», а тіло – лише носієм даних, що відсуває людину до суб'єкта підкорення технології. Це становить одну з найглибших філософських загроз – відчуження людини від сутності власного буття [24].

Отже, сучасна ситуація вимагає філософської рефлексії, яка не обмежується технічною чи інженерною перспективою, а справді звертається до онтологічних, гносеологічних і аксіологічних контурів знання, в якому людина – не засіб, а мета.

Нанотехнології проникають у принципи життєдіяльності природи та людини як біологічної істоти, а не лише соціальної. Вони змінюють не лише наше знання про природу, але й саму природу. І завдання філософії полягає в рефлексивному осмисленні нанотехнологій як нового світу буття людини, відходячи від технократичного світогляду. Будь-який різновид технократії виникає тоді, коли більша влада належить техніці, а не людині.

Таким чином, головні напрямки розвитку науки і техніки найближчим часом – це нанотехнології, квантові комп'ютери, гена інженерія, дослідження кванта як «першого будівельного цеглинка» інформації і інші. Впровадження нанотехнологій у практику дозволить якісно змінити як процеси виробництва, так і процеси споживання, від яких значною мірою залежить і рівень здоров'я суспільства, і якість життя майбутнього покоління [1].

Узагальнюючи, філософський аналіз нанотехнологій виявляє їхню подвійну природу: як інструмент розширення можливостей людини і як виклик її сутності, що вимагає нової етики технологічного буття.

Цей дуалізм лежить в основі остаточних висновків дослідження.

Висновки

1. Нанотехнології – постнекласичний феномен, що інтегрує фундаментальну науку та інженерію [1, 5].
2. Емпіричні дані: ринок 16,5 → 103,2 млрд USD [15], прогнози Росо виконуються [14], 68–72% експертів – за етичні регуляції [23].
3. Необхідна гуманізація: технології мають служити людині, а не визначати її мету [20].
4. Критика трансгуманізму: технічні зміни не замінять внутрішньої трансформації сутності людини [21, 24].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каку М. Фізика майбутнього: як наука сформує долю людства та наше повсякденне життя до 2100 року. Київ : КМ-Букс, 2018. 416 с.
2. Іхде Д. Технологія та життєсвіт: від саду до землі. Блумінгтон : Indiana University Press, 1990. 248 с.
3. Максвелл Н. Від знання до мудрості: революція для науки та гуманітарних наук. Лондон : Pentire Press, 2007. 298 с.
4. National Nanotechnology Initiative. What is Nanotechnology? URL: <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>
5. Локтев В. М. Нанотехнології: сучасний стан і перспективи. *Вісник НАН України*. 2019. № 10. С. 18–27.
6. Гелбрейт Дж. К. Нова індустріальна держава. Бостон : Houghton Mifflin, 1967. 438 с.
7. National Science Foundation. Nanotechnology Definition. URL: <https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/>
8. European Commission. Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial (2011/696/EU). Official Journal of the European Union. 2011. L 275. P. 38–40.
9. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнології: просте пояснення наступної великої ідеї. Аппер-Саддл-Рівер : Prentice Hall, 2003. С. 1–5.

10. Нанотехнології та наноматеріали в Україні: стан і перспективи : монографія / за ред. Б. Є. Патона. Київ : Академперіодика, 2021. 320 с.
11. Дрекслер К. Е. Машины творіння: епоха нанотехнологій, що настає. Нью-Йорк : Anchor Books, 1986. 298 с.
12. Дрекслер К. Е. Наносистеми: молекулярні машини, виробництво та обчислення. Нью-Йорк : Wiley, 1992. 576 с.
13. Німейєр К. М., Міркін К. А. Нанобіотехнології: концепції, застосування та перспективи. Вайнхайм : Wiley-VCH, 2004. 491 с.
14. Roco M. C. National Nanotechnology Initiative at 20 years: enabling new horizons. *Journal of Nanoparticle Research*. 2023. Vol. 25, no. 5. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11051-023-05829-9>
15. MarketsandMarkets. Nanotechnology Market by Type, Application, Region – Global Forecast to 2033. Report Code: SE 3456. 2025. 285 p.
16. UNESCO. Nanotechnologies, ethics and politics. Paris : UNESCO Publishing, 2006. 112 p.
17. Шуммер Й. Міждисциплінарні проблеми досліджень у наномасштабі. Філософія хімії: практики, методології, концепції / за ред. Ж.-П. Льоред. Ньюкасл-апон-Тайн : Cambridge Scholars Publishing, 2013. С. 9–33.
18. Нордманн А. Філософія нанонауки. *Довідник з нанотехнологій*. Берлін : Springer, 2022. С. 123–145.
19. Мур Дж., Векерт Дж. Наноетика: оцінка наномасштабу з етичної точки зору. Відкриття наномасштабу / за ред. Д. Берда, А. Нордманна, Дж. Шуммера. Амстердам : IOS Press, 2004. С. 301–310.
20. Кант І. Критика практичного розуму. Київ : Юніверс, 2004. 528 с.
21. Феррандо Ф. Філософський постгуманізм. Лондон : Bloomsbury Academic, 2019. 296 с.
22. Гейлз Н. К. Непродумане: сила когнітивного несвідомого. *Journal of Posthuman Studies*. 2024. Vol. 8, no. 1. P. 45–62.
23. Феррарі А., Коєнен К., Грунвальд А. Бачення та етика в сучасному дискурсі про посилення людини. *NanoEthics*. 2012. Vol. 6, № 3. С. 215–229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11569-012-0155-1>
24. Бердетт М., Лун К. Машина в привиді: трансгуманізм та онтологія інформації. *Zygon*. 2023. Vol. 58, no. 3. С. 714–731. DOI: <https://doi.org/10.1111/zygo.12886>

REFERENCES

1. Kaku, M. (2018). *Fizyka maibutnoho: yak nauka sformuie dolyu lyudstva ta nashe povsyakdenne zhyttya do 2100 roku* [Physics of the future: How science will shape human destiny and our daily lives by the year 2100]. Kyiv : KM-Buks.
2. Ikhde, D. (1990). *Tekhnolohiya ta zhyttiesvit: vid sadu do zemli* [Technology and the lifeworld: From garden to earth]. Bloomington : Indiana University Press.
3. Maksvell, N. (2007). *Vid znannya do mudrosti: revolyutsiya dlya nauky ta humanitarnykh nauk* [From knowledge to wisdom: A revolution for science and the humanities]. London : Pentire Press.
4. National Nanotechnology Initiative. (n.d.) What is Nanotechnology? [What is nanotechnology?]. Retrieved October 31, 2025, from <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>
5. Loktiev, V. M. (2019). *Nanotekhnolohiyi: suchasnyi stan i perspektyvy* [Nanotechnologies: Current state and prospects]. *Visnyk NAN Ukrayiny*, (10), S. 18–27.
6. Gelbreit, Dzh. K. (1967). *Nova industrialna derzhava* [The new industrial state]. Boston : Houghton Mifflin.
7. National Science Foundation. (n.d.) Nanotechnology Definition [Nanotechnology definition]. Retrieved October 31, 2025, from <https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/>
8. European Commission. (2011) Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial (2011/696/EU) [Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial (2011/696/EU)]. *Official Journal of the European Union*, L 275, P. 38–40.
9. Ratner, M., Ratner, D. (2003). *Nanotekhnolohiyi: proste poyasnennya nastupnoyi velykoyi ideyi* [Nanotechnology: A gentle introduction to the next big idea] (S. 1–5). Upper Saddle River : Prentice Hall.

10. Paton, B. Ye. (Ed.). (2021). Nanotekhnolohiyi ta nanomaterialy v Ukraini: stan i perspektyvy [Nanotechnologies and nanomaterials in Ukraine: State and prospects]. Kyiv : Akadempriodyka.
11. Dreksler, K. E. (1986). Mashyny tvorinnya: epokha nanotekhnolohiy, shcho nastaye [Engines of creation: The coming era of nanotechnology]. New York : Anchor Books.
12. Dreksler, K. E. (1992). Nanosystemy: molekulyarni mashyny, vyrobnytstvo ta obchyslennya [Nanosystems: Molecular machinery, manufacturing, and computation]. New York : Wiley.
13. Nimeyer, K. M., & Mirkin, K. A. (2004). Nanobiotekhnolohiyi: kontseptsii, zastosuvannya ta perspektyvy [Nanobiotechnology: Concepts, applications and perspectives]. Weinheim : Wiley-VCH.
14. Roco, M. C. (2023). National Nanotechnology Initiative at 20 years: enabling new horizons [National Nanotechnology Initiative at 20 years: enabling new horizons]. *Journal of Nanoparticle Research*, 25(5). <https://doi.org/10.1007/s11051-023-05829-9>
15. MarketsandMarkets. (2025). Nanotechnology Market by Type, Application, Region – Global Forecast to 2033 [Nanotechnology market by type, application, region – Global forecast to 2033] (Report Code: SE 3456).
16. UNESCO. (2006). Nanotechnologies, ethics and politics [Nanotechnologies, ethics and politics]. Paris : UNESCO Publishing.
17. Shummer, Y. (2013). Mizhdystsyplinarny problemy doslidzhen u nanomashtabi [Interdisciplinary issues in nanoscale research]. In Zh.-P. Llored (Ed.), *Filosofiya khimiyi: praktyky, metodolohiyi, kontseptsii* [The philosophy of chemistry: Practices, methodologies, and concepts] (S. 9–33). Newcastle upon Tyne : Cambridge Scholars Publishing.
18. Nordmann, A. (2022). Filosofiya nanonauky [Philosophy of nanoscience]. In Dovidnyk z nanotekhnolohiy [Handbook of nanotechnology] (S. 123–145). Berlin : Springer.
19. Mur, Dzh., Vekert, Dzh. (2004). Nanoetyka: otsinka nanomashtabu z etychnoyi tochky zoru [Nanoethics: Assessing the nanoscale from an ethical point of view]. In D. Berd, A. Nordmann, Dzh. Shummer (Eds.), *Vidkryttya nanomashtabu* [Discovering the nanoscale] (S. 301–310). Amsterdam : IOS Press.
20. Kant, I. (2004). Krytyka praktychnoho rozumu [Critique of practical reason]. Kyiv : Yunivers.
21. Ferrando, F. (2019). Filosofskyi posthumanizm [Philosophical posthumanism]. London : Bloomsbury Academic.
22. Heylz, N. K. (2024). Neprodumane: sylu kohnityvnoho nesvidomoho [Unthought: The power of the cognitive nonconscious]. *Journal of Posthuman Studies*, 8(1), P. 45–62.
23. Ferrari, A., Koenen, K., Grunvald, A. (2012). Bachennia ta etyka v suchasnomu dyskursi pro posylennya lyudyny [Visions and ethics in current discourse on human enhancement]. *NanoEthics*, 6(3), S. 215–229. <https://doi.org/10.1007/s11569-012-0155-1>
24. Berdett, M., & Lun, K. (2023) Mashyna v pryvidi: transhumanizm ta ontolohiya informatsiyi [The machine in the ghost: Transhumanism and the ontology of information]. *Zygon*, 58(3), S. 714–731. <https://doi.org/10.1111/zygo.12886>

Kokoriev Oleksii Viktorovich

Doctor of Political Sciences,

Associate Professor at the Department of Journalism, Social Communications and IT Law

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications

1, Kuznechna str., Odesa, Ukraine

orcid.org/0000-0001-7391-2498

Palchynska Mariana Viktorivna

Doctor of Philosophical Sciences,

Professor at the Department of Journalism, Social Communications and IT Law

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications

1, Kuznechna str., Odesa, Ukraine

orcid.org/0000-0001-5860-9546

TECHNOLOGICAL REALITY AND THE LIMITS OF HUMAN REASON: A PHILOSOPHICAL ANALYSIS OF THE NANOTECHNOLOGY ERA

Relevance of the study *The rapid progress of nanotechnology in the 21st century is radically transforming society, the economy, and human existence, generating new ethical challenges, risks of human alienation from its essence, and the threat of technocratic dominance. In the 2020s, the global nanotechnology market reaches billions of dollars: \$16.5 billion in 2024, with a forecast of \$103.2 billion by 2033 (CAGR 22.7%) [15]. The integration of nanotechnology into medicine (nano-implants), ecology (pollution filters), energy (next-generation solar panels), and everyday life (nanomaterials in clothing and electronics) requires urgent philosophical analysis. Without it, there is a risk that technology will become not a tool, but a determinant of human existence, violating the fundamental principles of human dignity and autonomy [23].*

Purpose of the study – to identify the ontological, epistemological, and axiological contours of knowledge emerging at the intersection of nature, technology, and humanity in the era of nanotechnology, as well as to substantiate the need for humanization of technological development.

Research methods: theoretical – analysis, synthesis, generalization, comparative method; empirical – content analysis of reports (MarketsandMarkets, 2025 [15]; Roco, 2023 [14]), patent statistics, expert surveys (NanoEthics, 2012 [23]); philosophical – ontological, epistemological, axiological approaches, critical discourse analysis of transhumanism and post-non-classical rationality.

The results of the study. It was established that nanotechnology is a post-non-classical phenomenon that integrates natural and technical sciences into a single technological reality. Empirical data confirm exponential growth: market – from \$16.5 to \$103.2 billion [15], public investment – over \$40 billion in the USA [14], patents – ~45,000 (2023) [14]. At the same time, 68% of experts point to the risk of social inequality, and 72% support mandatory ethical regulation [23]. Philosophical analysis reveals the dual nature of nanotechnology: as a tool for expanding human capabilities and as an ontological challenge to human essence. The critique of transhumanism as an ideology subordinating humans to technology is substantiated, along with the necessity of humanization – technology must serve humanity, not define its purpose. A new ethics of technological existence is proposed, where the human is not a means, but the ultimate goal of development.

Key words: nanotechnology, post-non-classical science, transhumanism, humanization of technology, ethics of technological existence, limits of human mind, ontology of human being, technological reality.

Дата надходження статті: 11.10.2025

Дата прийняття статті: 27.10.2025

Опубліковано: 26.12.2025