

Віктор Володимирович Малишев,

д-р техн. наук, професор,

ORCID 0000-0003-2756-3236

e-mail: viktor.malyshev.igic@gmail.com

Лицей № 209 «Сузір'я», м. Київ

Мирослава Володимирівна Брикульська,

канд. мед. наук, доцент,

ORCID 0009-0000-1446-3872

e-mail: marit89@ukr.net

ВСП «Центральноукраїнський інститут розвитку людини»

ЗВО «Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», м. Кропивницький

Ангеліна Іванівна Габ,

канд. хім. наук, доцент,

ORCID 0000-0003-3162-7159

e-mail: lina_gab@ukr.net

ПЗВО «Міжнародний європейський університет», м. Київ

Дмитро Борисович Шахнін,

канд. хім. наук, доцент,

ORCID 0000-0001-9657-8621

e-mail: shakhnin@ukr.net

Загальноосвітня школа № 166, м. Київ

АНАЛІТИКА ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БІОІНЖЕНЕРІЇ: СВІТОВИЙ РИНОК ТА ВНЕСОК У РОЗВИТОК МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ Й ІННОВАЦІЙ В ОХОРОНІ ЗДОРОВ'Я

Вступ. Розвиток технологій і зростання обсягу даних викликали суттєві зміни у підходах до аналізу інформації в медичній сфері. Аналітика та програмне забезпечення (ПЗ) в біоінженерії відіграють ключову роль в оптимізації медичних процесів, підвищенні якості обслуговування пацієнтів і розвитку нових методів лікування. Ці інструменти дозволяють фахівцям здійснювати ґрунтовний аналіз даних, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень у галузі охорони здоров'я. Використання аналітичних платформ на основі ШІ (штучного інтелекту) та МН (машинного навчання) відкриває нові можливості для виявлення закономірностей у медичних даних і прогнозування результатів лікування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ринок аналітики, обсяг якого у 2022 році становив 9 мільярдів доларів, продемонстрував щорічний темп зростання на 7,6%, що дозволить досягти 16,3 мільярдів доларів до 2030 року. Сегмент послуг у цій сфері займає 54,8% доходу, підкреслюючи важливість аутсорсингу. Прогнозна аналітика, яка показала зростання 9% на рік, є одним із найперспективніших напрямків.

Обсяг ринку програмного забезпечення у 2022 році становив 16,32 мільярдів доларів, а до 2030 року очікується збільшення до 44,72 мільярдів доларів із середньорічним темпом зростання 12,9%. Хмарні технології, зокрема, продемонстрували значне зростання, збільшуючи свою частку з 9,3 міль-

ярдів доларів у 2023 році до 25,8 мільярдів доларів у 2033 році. Інвестиції в біоінженерне програмне забезпечення відбуваються переважно в Китаї та Індії, де найвищі темпи зростання становлять 8,3% та 10,3% відповідно, а також у Сполучених Штатах Америки.

Отримані результати свідчать про стрімке зростання світового ринку аналітики та програмного забезпечення біоінженерії, що підкреслює їхній критичний внесок у розвиток медичних послуг та інновацій в охороні здоров'я, що, в свою чергу, створює нові можливості для покращення медико-економічних процесів.

Попри значний прогрес у галузі біоінженерії, існують проблеми, які потребують детального вивчення та вирішення, особливо в контексті аналітики та ПЗ:

- недостатня інтеграція аналітичних інструментів у біоінженерні процеси - може сприяти неефективному використанню даних, що обмежує потенціал для оптимізації лікування та покращення обслуговування пацієнтів;

- потреба в стандартизації підходів до збору та аналізу даних — різноманітність методик може ускладнити порівняння результатів, отриманих у різних дослідженнях та установах;

- обмежене фінансування досліджень у сфері аналітики та ПЗ в біоінженерії — може призвести до



стримування інноваційного розвитку і впровадження нових технологій;

- необхідність виявлення прогалин у знаннях та практиках — вони можуть стати перешкодами на шляху до ефективного використання аналітики та ПЗ у біоінженерії.

Щодо аналогічних досліджень, то автори дослідження [1] виявили основні тенденції розвитку світового ринку біоінженерії, зокрема сегментацію за географічними регіонами та типами продукції, а також визначили ключові фактори впливу на динаміку ринку. Зокрема, персоналізована медицина, МН та ШІ стали основними векторами інновацій у біоінженерії. Автори дослідження [2] підкреслили роль бізнес-аналітики як стратегічного ресурсу для оптимізації медичних процесів у біоінженерії, підвищення ефективності збору і аналізу даних. Визначено, що використання аналітичних інструментів і Big Data сприяє ухваленню обґрунтованих рішень і розвитку нових методів лікування в умовах цифрової трансформації. Крім того, автори дослідження [3] розглянули впровадження технологій Big Data в медичній галузі, акцентуючи увагу на їх значенні для розвитку персоналізованої медицини та вдосконалення системи охорони здоров'я.

З іншого боку, в дослідженні [4] показано, що аналітика даних та ШІ є ключовими інструментами для бізнесу в умовах цифрової трансформації, забезпечуючи ефективне управління та покращення маркетингових стратегій. Автори дослідження [5] розглянули вплив маркетингової аналітики на малий і середній бізнес у контексті покращення їхньої конкурентоспроможності через оптимізацію маркетингових стратегій. Більше того, в дослідженні [6] вказано на важливість моніторингу прогресу в біотехнологічних дослідженнях для підтримки інновацій у маркетингових стратегіях. Результати показали, що сценарії навчання дозволяють оцінити вплив змін на потенціал інновацій, що може оптимізувати рішення щодо дослідницьких інвестицій у біотехнології. Щодо роботи [7], то її результати підтвердили важливість біоінженерії в контексті маркетингової аналітики для розвитку медичних пристроїв, які забезпечують високоточну діагностику та лікування. Автор вказав, що інтеграція даних з аналітики та новітніх технологій дозволяє компаніям краще розуміти потреби пацієнтів і адаптувати свої маркетингові стратегії для покращення результатів лікування.

В свою чергу, автори дослідження [8] розглядали перспективи розвитку медичної біотехнології з акцентом на генетику та нанотехнології, які можуть суттєво вплинути на інновації у цій сфері. Ці аспекти підкреслюють важливість аналітики в маркетингових стратегіях, що дозволяє підприємствам ефективно адаптувати свої пропозиції та підвищувати конкурентоспроможність на ринку медичних технологій. Результати роботи [9] продемонстрували застосування аналітики даних у маркетингових стра-

тегіях, зокрема сегментацію ринку, аналіз поведінки споживачів та прогнозування ринкових тенденцій. При цьому, використання описової, прогнозної та рекомендованої аналітики дозволяє компаніям отримати глибше розуміння ринку. В дослідженні [10] проаналізовано розвиток промислової біотехнології та її трансформацію в «біотехнологію наступного покоління», яка має бути конкурентоспроможною у виробництві хімікатів, матеріалів та біопального.

Мета та завдання статті. Мета дослідження — аналіз поточних тенденцій і перспектив розвитку світового ринку аналітики та програмного забезпечення біоінженерії.

Результати дослідження вказують на суттєві зміни у світовому ринку аналітики та програмного забезпечення біоінженерії. Виявлено ключові фактори, що визначають зростання ринків аналітики та програмного забезпечення біоінженерії, а також їх вплив на медико-економічні процеси.

У наведених дослідженнях виявлено прогалини у використанні аналітичних технологій для оптимізації бізнес-процесів у біоінженерії, впровадженні персоналізованої медицини в маркетингові стратегії, а також у розвитку моделей для поліпшення управління медичними технологіями. Поточна робота, в свою чергу, спрямована на виявлення ключових факторів впливу на розвиток аналітики та ПЗ у сфері біоінженерії, які можуть підвищити ефективність медичних послуг та сприяти впровадженню інновацій. Завдання цього дослідження полягають в аналізі сучасних тенденцій використання аналітики та ПЗ у біоінженерії, а також у вивченні впливу цих технологій на медичні процеси.

Матеріали та методи. Дослідження було здійснено в два етапи, кожен з яких мав на меті детально проаналізувати окремі аспекти світового ринку аналітики та ПЗ біоінженерії. На першому етапі було проведено всебічний аналіз ринку аналітики біоінженерії з акцентом на біоінженерію та медико-біологічну аналітику. Аналіз охоплював сегментацію ринку за кінцевими споживачами, що дало змогу виявити, які сектори найбільше залучені в цю діяльність. Сегментація містила дані щодо медичних приладів, фармацевтики, біотехнологій та обслуговування у 2022 році. У рамках сегментаційного аналізу також було досліджено географічний розподіл ринку у 2022 році, що дозволило оцінити його потенціал у різних регіонах. Аналіз включав в себе такі регіони як Європа, Північна Америка, Азійсько-Тихоокеанський регіон, Латинська Америка, а також Близький Схід і Африка. Для цього використовувались дані з платформи Life Science Analytics Market Size, Share & Trends [11].

Для більш детального аналізу ринкових тенденцій було проведено сегментацію ринку аналітики біоінженерії у США за використанням у 2021 році. Сегментація здійснювалася за такими параметрами

як дослідження та розвиток, продаж і маркетинг, фармаконадгляд, забезпечення безпеки та відповідність регуляторним вимогам, логістика, з використанням даних Life Science Analytics Market [12]. Було також проведено аналіз ринку за географічними регіонами на 2022-2023 роки, що дозволило виявити можливість регіональних особливостей та специфіки споживання аналітичних послуг. Крім того, у процесі дослідження було проаналізовано чинники розвитку, тенденції та стримуючі фактори, що впливають на ринок.

На другому етапі дослідження увага проведено аналіз світового ринку ПЗ біоінженерії. Основна увага приділялася обсягу ринку ПЗ та ролі технологій. Вивчення включало оцінку обсягу світового ринку ПЗ біоінженерії та частки хмарних рішень, що продемонструвало їх зростаюче значення в періоді 2023-2033 років. Для цього було здійснено детальний прогноз розвитку ринку ПЗ в таких країнах як Індія, Велика Британія, Китай, Австралія та Японія, який дозволив з'ясувати, які регіони будуть найактивнішими у впровадженні нових технологій. Було визначено середньорічні темпи зростання та основні чинники впливу на ринки.

В свою чергу, сегментація світового ринку ПЗ біоінженерії за географічними регіонами у 2023 році стала ще одним важливим аспектом аналізу, оскільки дозволила виявити найбільш перспективні ринки для постачальників у країнах Північної Америки, Європи, Азійсько-Тихоокеанського регіону, Близького Сходу та Африки і Латинської Америки. Дані для цього аналізу були взяті з Global Life Sciences Software Market Size And Forecast [13]. Також було проведено сегментацію ринку за постачальниками у 2021 році, що допомогло зрозуміти структуру ринку та його гравців. Це включало в себе огляд таких компаній як IQVIA, Microsoft, Veeva systems, Salesforce, Dassanlt systems, PerkinElmer Informatics, SAP (Systems, Applications, Products), Oracle, Clario, SAS Institute (Statistical Analysis System). Матеріали взято з платформи Top 10 Life Sciences Software Vendors, Market Size and Market Forecast 2021-2026 [14]. Додатково, в дослідженні було проведено вивчення чинників, тенденцій та стримуючих факторів, які впливають на розвиток ринку ПЗ в сфері біоінженерії.

Виклад основного матеріалу й отримання наукових результатів.

Аналіз світового ринку аналітики біоінженерії.

Світовий ринок аналітики є важливою частиною сучасної маркетингової екосистеми, допомагаючи компаніям ефективно управляти даними та ухвалювати обґрунтовані рішення. Використання аналітичних інструментів для аналізу поведінки споживачів, ринкових тенденцій та ефективності маркетингових кампаній стає критичним для успішного ведення бізнесу. Зі збільшенням обсягів даних та скла-

дності медико-біологічних процесів, аналітичні інструменти відіграють ключову роль у керуванні інформацією та прогнозуванні результатів. У цьому контексті, основними видами аналітичного ринку є описова, прогнозна та рекомендована аналітики. Описова аналітика допомагає у візуалізації даних і формуванні бізнес-аналітики, прогнозна аналітика застосовує математичні методи для прогнозування майбутніх тенденцій на основі наявних даних, а рекомендована аналітика пропонує оптимальні рішення для подальших дій, використовуючи передові аналітичні процеси та інструменти.

Ринок медико-біологічної аналітики демонстрував та продовжує демонструвати значне зростання з обсягом у 9 млрд дол. США (мільярдів доларів) у 2022 році, причому 54,8% доходу припадає на послуги, а 45,2% — на ПЗ [11]. Очікується, що до 2030 року ринок досягне 16,3 млрд дол. США зі щорічним темпом зростання 7,6%. У 2022 році сегмент послуг домінував через зростання аутсорсингу і склав 57,1% доходу. У сегменті аналітики найбільше зростання очікується у прогнозній аналітиці (9% на рік), а в сфері досліджень і розробок — 9,8%. Крім того, сегмент послуг на вимогу показує швидке зростання через розвиток хмарних рішень та віддалений доступ (рис. 1).

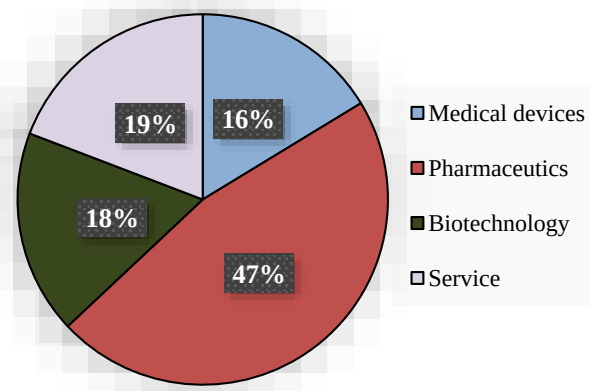


Рис. 1. Сегментний аналіз медико-біологічної аналітики за кінцевим споживачем у 2022 році, %

Джерело: створено авторами на основі [11]

Сегментація ринку медико-біологічної аналітики за типами кінцевих споживачів показала, що найбільшу частку займає фармацевтика, за нею йдуть обслуговування, медичні прилади та біотехнології. Висока частка фармацевтики свідчить про значну роль аналітичних рішень у процесах досліджень і розробки нових препаратів, зокрема, для ідентифікації нових біомаркерів, прогнозування ефективності ліків та покращення клінічних випробувань. Залежність аналітики від фармацевтичного сектора також підкреслює його стратегічне значення для розвитку персоналізованої медицини, де необхідні точні прогнози для визначення індивідуальних

планів лікування. Це відкриває додаткові можливості для зростання в майбутньому завдяки впровадженню інноваційних технологій, таких як ШІ і МН, які допомагають прискорити розробку ліків і підвищити їхню безпеку та ефективність.

Щодо географії ринку аналітики в медико-біологічній сфері, то вона значно варіюється залежно від рівня розвитку технологій, інфраструктури охорони здоров'я та попиту на інноваційні рішення в різних регіонах. Кожен регіон має свої особливості розвитку цього сегмента, що визначається економічними, соціальними та демографічними факторами, а також рівнем впровадження цифрових технологій у медичній галузі. Наприклад, у 2022 році Північна Америка займала лідируючу позицію на даному ринку, забезпечивши понад 32% доходів завдяки розвитку цифрової грамотності, IT-інфраструктури в охороні здоров'я, появі стартапів, зростанню геріатричного населення та попиту на аналітичні рішення (рис. 2) [11]. Місцеві компанії активно інвестують у розробку нових продуктів та партнерські проєкти для розширення своєї діяльності. За прогнозами Азійсько-Тихоокеанський регіон демонструє найвищі темпи зростання 10,3% завдяки збільшенню IT-витрат в охороні здоров'я та розвитку інфраструктури. Прогноз на 2030 рік: Північна Америка — 42%, Азійсько-Тихоокеанський регіон — 27,8%, Європа — 25,3%, інші регіони — 4,9%.

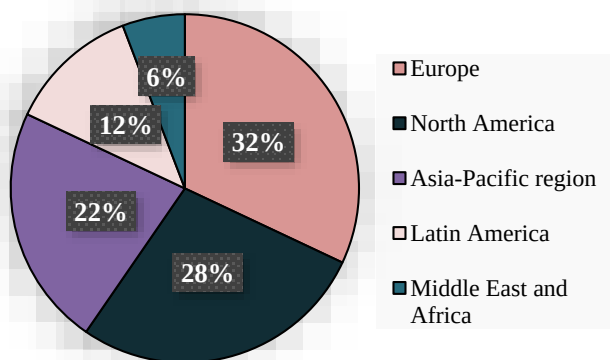


Рис. 2. Сегментний аналіз ринку медико-біологічної аналітики за географічними регіонами у 2022 році, %

Джерело: створено авторами на основі [11]

Отже, найбільшу частку доходів належала європейському регіону, за нею далі розташовувались Північна Америка, Азійсько-Тихоокеанський регіон, Латинська Америка та Близький Схід і Африка. Така географічна структура свідчить про значні відмінності у можливостях та стратегіях розвитку ринку в різних регіонах. Наприклад, Європейські компанії активно впроваджують аналітичні рішення для вирішення проблем охорони здоров'я, зокрема, у сфері персоналізованої медицини та дослідження нових препаратів. Тим часом у Північній Америці розвиток аналітики стимулюється високим попитом

на інноваційні медичні рішення та технології, а також масштабними інвестиціями у сфері охорони здоров'я. В Азійсько-Тихоокеанському регіоні високі темпи зростання обумовлені підвищеними витратами на IT-інфраструктуру в медичній галузі та потребою у модернізації систем охорони здоров'я, що створює широкі можливості для впровадження передових аналітичних технологій. Латинська Америка демонструє стійке зростання завдяки реформам охорони здоров'я та підвищеному попиту на доступні медичні технології. Ринки Середнього Сходу та Африки стикаються з викликами через недостатню розвиненість інфраструктури та фінансові обмеження. Однак інвестиції в охорону здоров'я й аналітику в цих регіонах поступово будуть збільшуватись, що створить нові можливості для розвитку.

Водночас, ринок аналітики біоінженерії має свої унікальні характеристики, які варто розглянути. Аналіз використання аналітичних інструментів у цій специфічній галузі може надати цінні ідеї для подальшого розвитку технологій та оптимізації процесів. Наприклад, відповідно до сегментації ринку за використанням, перші три місця належать сегментам дослідження та розвитку, продажу та маркетингу, а також фармаконагляду (рис. 3) [12]. Це свідчить про те, що інновації та ефективність в цих сферах відіграють ключову роль у загальному зростанні ринку біоінженерної аналітики.

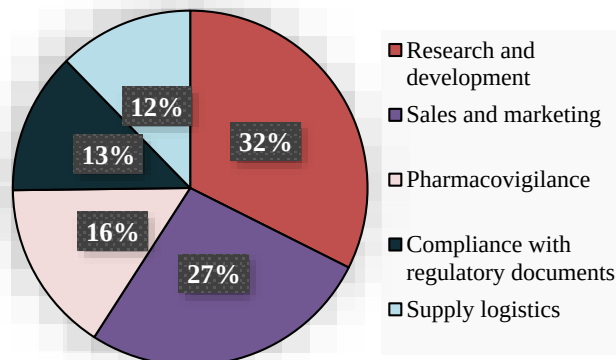


Рис. 3. Сегментація ринку аналітики біоінженерії США за використанням у 2021 році, %

Джерело: створено авторами на основі [12]

У 2021 році сегментація ринку аналітики біоінженерії США продемонструвала чітке домінування сегмента дослідження та розвитку. Це свідчить про те, що інвестиції в інновації та нові технології залишаються ключовими для зростання в цій галузі. Сегмент продажу та маркетингу підкреслює важливість комерційних стратегій для успішного впровадження нових продуктів на ринку. Також варто зазначити, що фармаконагляд та відповідність нормативним документам грають критичну роль у забезпеченні безпеки та відповідності регуляторним вимогам. Логістика постачання показує, що ефективне

управління постачанням є важливим аспектом для підтримки стабільності та ефективності в біоінженерії. Загалом, ці дані свідчать про розмаїття застосування аналітики в біоінженерії, що відкриває нові можливості для вдосконалення процесів і підвищення ефективності в різних сферах.

В географічному контексті на ринку аналітики біоінженерії у 2022 році домінує Північна Америка із часткою 40,2% [15]. При цьому, на другому місці знаходиться Азійсько-Тихоокеанський регіон із часткою 29,9%, за ним йде Європа з 25,9%, а інші регіони становлять 4,0% ринку (рис. 4). Прогнози свідчать, що Північна Америка збереже лідерство до 2030 року зі збільшенням частки до 41,6%, тоді як частки Азійсько-Тихоокеанського та Європейського регіонів залишаться майже без змін, а частка інших регіонів подвоїться.

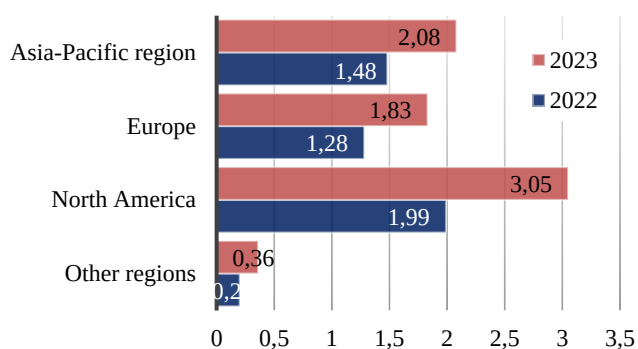


Рис. 4. Сегментація ринку аналітики біоінженерії за географічними регіонами у 2022-2023 роках, млрд дол. США

Джерело: створено авторами на основі [15]

Згідно з даними [15], обсяг ринку аналітики біоінженерії у 2022 році оцінювався в 5,8 млрд дол. США, і прогнозується його зростання до 7,4 млрд дол. із середньорічним темпом зростання 3,4% у

період 2023–2030 років. Варто додати, що в останні роки обсяги аналітичного ринку суттєво зросли. Згідно з прогнозами 2024 року, його вартість має зрости з 26,2 млрд дол. США до 29,2 млрд дол. США із середньорічним темпом зростання 11,5% [16]. Це зростання зумовлене активними продажами та маркетингом фармацевтичних препаратів, оптимізацією витрат на охорону здоров'я, розвитком біофармацевтичного виробництва та впровадженням цифрових технологій у сфері охорони здоров'я. Очікується, що до 2028 року обсяг ринку досягне 48,4 млрд дол. США.

Як основні рушійні сили ринку біоінженерної аналітики слід виділити зростання кількості біомедичних даних, що потребують обробки, впровадження інноваційних технологій, таких як ШІ та МН, а також постійний розвиток персоналізованої медицини, яка стає все більш популярною завдяки своїй ефективності в лікуванні індивідуальних захворювань. Тенденції на ринку включають інтеграцію прогнозової аналітики в клінічні дослідження, підвищення уваги до безпеки даних та зростання попиту на інструменти візуалізації та обробки великих обсягів даних. Наприклад, персоналізована медицина використовує аналітичні технології для адаптації лікування до індивідуальних генетичних характеристик пацієнтів.

Попри позитивні тенденції, існують стримуючі фактори, зокрема значні витрати на впровадження передових аналітичних рішень, які можуть обмежити доступ до них для малих та середніх підприємств. Крім того, країни з економіками, що розвиваються, стикаються з фінансовими труднощами під час впровадження сучасних рішень через високу вартість аналітичного обладнання та ПЗ. Сама динаміка ринку біоінженерної аналітики формується під впливом як рушійних сил розвитку, так і стримуючих факторів (табл. 1).

Таблиця 1. Чинники, тенденції та стримуючі фактори ринку біоінженерної аналітики

Категорія	Чинники розвитку	Тенденції	Стримуючі фактори
Технологічний розвиток	Зростання використання технологій ШІ та МН	Інтеграція прогнозової аналітики в процес розробки ліків	Висока вартість впровадження аналітичних рішень
Персоналізована медицина	Адаптація лікування до індивідуальних потреб пацієнтів	Розвиток технологій для аналізу геноміки та молекулярних даних	Недоступність сучасних технологій для малих компаній
Регуляторне середовище	Підвищення вимог до безпеки даних та регуляторної відповідності	Використання блокчейн для забезпечення прозорості даних	Проблеми з дотриманням регуляторних вимог у різних країнах
Попит на інновації в охороні здоров'я	Зростання потреби в нових підходах до лікування хронічних захворювань	Інструменти візуалізації даних для поліпшення діагностики	Обмежені фінансові ресурси в країнах, що розвиваються

Джерело: створено авторами на основі [16]

Таким чином, аналіз світового ринку аналітики біоінженерії підтверджує продовження позитивних тенденцій зростання, які спостерігалися в попередні роки. Прогнози свідчать про те, що ринок аналітики біоінженерії буде активно розвиватися завдяки ключовим чинникам. Зокрема, зростаюча потреба в інноваціях, викликана високими темпами наукових досліджень у галузі біотехнологій та медичних при-

ладів, сприяє збільшенню попиту на аналітичні інструменти, які підтримують розробку нових продуктів. Технологічні вдосконалення, зокрема досягнення в сфері ШІ та МН, відкривають нові можливості для створення більш складних аналітичних платформ. Це, в свою чергу, дозволяє здійснювати глибший аналіз даних і отримувати більш точні прогнози. Крім того, зростання обсягів даних, отрима-

них з різних джерел, таких як клінічні випробування, дослідження та комерційна діяльність, ставить компанії перед необхідністю впровадження нових аналітичних рішень для їх обробки та аналізу.

Фокус на регуляторних вимогах також підвищує попит на аналітичні рішення, які забезпечують відповідність продукції нормативним стандартам. Окрім цього, глобальна експансія, зокрема вихід на нові ринки в Азійсько-Тихоокеанському регіоні, де зростають інвестиції в охорону здоров'я та біоінженерію, сприятиме розширенню ринку аналітики. Отже, світовий ринок аналітики біоінженерії демонструє і буде демонструвати значний потенціал для зростання та інновацій, особливо завдяки технологічному прогресу та зростаючій потребі в ефективному управлінні даними.

Аналіз світового ринку програмного забезпечення біоінженерії. Світовий ринок програмного забезпечення біоінженерії демонструє стрімке зростання завдяки розвитку технологій у сфері охорони здоров'я, фармацевтики та медичних пристроїв. В умовах цифровізації біотехнологічних процесів ПЗ стає ключовим інструментом для управління даними, оптимізації досліджень і розробок, а також покращення якості медичних і фармацевтичних послуг. Зростаючий попит на інноваційні рішення, такі як обробка Big Data, ШІ та автоматизація, сприяє збільшенню інвестицій у біоінженерне ПЗ, що дозволяє поліпшувати ефективність і безпеку процесів, скорочуючи час на розробку нових продуктів та лікувальних підходів.

ПЗ для біоінженерії включає інструменти для дослідження та управління біологією, анатомією, охороною здоров'я та фармацевтикою. Воно допомагає стандартизувати робочі процеси та керувати документами у біофармацевтиці, медичних технологіях та клінічній допомозі. Основні цілі використання ПЗ включають покращення якості продукції, відповідність нормативам та підвищення продуктивності в клінічних дослідженнях та інноваціях медичних пристроїв. Такі програми дозволяють безпечно записувати й зберігати дані, прискорюючи доступ до них для медичних працівників.

ПЗ у 2020-х роках переживає активний розвиток завдяки інтеграції передових технологій. У 2024 році основна увага зосереджена на вдосконаленні інструментів для геноміки, моделюванні біологічних процесів та оптимізації клінічних випробувань. Зокрема, ПЗ сприяє автоматизації лабораторних процесів, зменшенню часу на розробку ліків та забезпеченню точності медичних прогнозів. У 2022 році світовий ринок ПЗ для біоінженерії становив 16,32 млрд дол. США, і очікується його збільшення до 44,72 млрд дол. США до 2030 року, з прогнозованим щорічним темпом зростання 12,9% [17]. Також прогнозується, що ринок ПЗ для біоінженерії зростатиме швидшими темпами, демонструючи середньорічний темп зростання 7,5% у період 2023–2032 років, у порівнянні з 6,4% у період 2018–

2022 років [18]. Це зростання зумовлено зростаючим попитом на ПЗ, що сприяє підвищенню ринкової вартості з 13,74 млрд дол. США у 2023 році до 31,15 млрд дол. США у 2033 році. Також прогнозується зростання на 7,9% у період 2023–2028 років [19]. Очікується, що до 2033 року світовий ринок досягне приблизно 40,4 млрд дол. США порівняно з 14,9 млрд дол. у 2023 році, демонструючи темпи середньорічного зростання на рівні 10,5% у період з 2024 по 2033 роки (рис. 5).

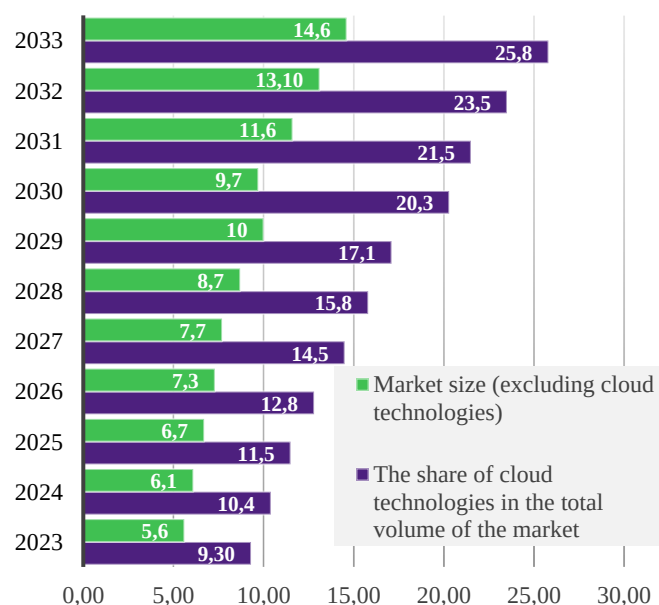


Рис. 5. Обсяг світового ринку ПЗ біоінженерії та частка хмарних технологій в періоді 2023–2033 років, млрд дол. США

Джерело: створено авторами на основі [19]

Хмарні технології займають дедалі більшу частку у світовому ринку ПЗ для біоінженерії. У 2023 році їхня частка становила 9,3 млрд дол. США, а до 2033 року вона має зрости до 25,8 млрд дол. США. Це свідчить про стабільне зростання попиту на хмарні рішення, які стають невід'ємною частиною ринку. Загальний обсяг ринку без хмарних технологій також зростає, але дещо повільніше: з 5,6 млрд дол. США у 2023 році до 14,6 млрд дол. США у 2033 році. Це підкреслює значущість хмарних платформ у розвитку ринку ПЗ для біоінженерії, оскільки їхнє впровадження забезпечує ефективність, масштабованість і доступність рішень для медико-біологічних досліджень та клінічних випробувань.

Проте, сектор ПЗ біоінженерії стикається зі значними змінами у приватному фінансуванні та інвестиціях. Наприклад, у 2023 році було інвестовано 20,5 млрд дол. США в рамках 462 угод, що на 44% менше, ніж у 2022 році [19]. Хоча обсяг інвестицій знизився, кількість угод залишилася стабільною, що свідчить про стійкий інтерес до сектора, попри зменшення оцінок і розмірів угод. У 2022 році також

спостерігалось активне фінансування стартапів у галузі ПЗ біоінженерії — інвестиції сягнули 5,3 млрд дол. у 260 угодах. Інвестори демонстрували сильну впевненість у потенціалі сектора, підтримуючи великі інноваційні проєкти. Загалом, інвестиції в компанії, що займаються ПЗ для наук про життя, досягли 36,8 млрд дол. за 786 угод.

Тенденції зростання ринку ПЗ для біоінженерії можна спостерігати не лише у глобальному масштабі, але й на рівні окремих країн. У різних регіонах світу темпи зростання варіюються в залежності від інвестицій в наукові дослідження, впровадження інновацій та інтеграції технологій у галузі охорони здоров'я (табл. 2).

Таблиця 2. Прогноз розвитку ринку ПЗ для біоінженерії в різних країнах до 2033 року

Країна	Середньорічний темп зростання	Основні чинники зростання до 2033 року
Індія	10,3%	Збільшення витрат на дослідження в галузі охорони здоров'я, впровадження інноваційних програмних рішень
Велика Британія	6,1%	Інтеграція технологій для покращення досліджень та інновацій у галузі наук про життя
Китай	8,3%	Розвиток біотехнологічного та фармацевтичного секторів за допомогою ПЗ
Австралія	2,7%	Використання ПЗ для вдосконалення процесів досліджень і розробок у науках про життя
Японія	6,4%	Технологічний досвід і акцент на програмних додатках у наукових дослідженнях і охороні здоров'я

Джерело: створено авторами на основі [17]

Отже, найбільші темпи зростання ринку ПЗ для біоінженерії очікуються в Індії та Китаї, що пов'язано з активними інвестиціями в дослідження і розвиток у сфері охорони здоров'я та біотехнологій. Велика Британія та Японія також демонструють стабільний ріст, зосереджуючи увагу на інноваціях та інтеграції програмних рішень у медичні дослідження. Натомість, в Австралії зростання ринку є більш повільним, що свідчить про поступовий розвиток сектору.

Варто додати, що в інших країнах світу, таких як США та Німеччина, також очікується стабільне зростання завдяки потужним інноваційним екосистемам та високому попиту на ПЗ для медичних досліджень. Наприклад, у США розвиток технологій у біоінженерії підтримується значними інвестиціями з боку як держави, так і приватного сектору, що стимулює ріст цього ринку. З іншого боку, в Україні ринок ПЗ для біоінженерії перебуває на стадії розвитку, а його зростання потенційно може прискоритися завдяки впровадженню сучасних технологій у сфері охорони здоров'я, фармацевтики та біотехнологій. Основними чинниками, які можуть

сприяти зростанню, є інвестиції в інноваційні рішення, модернізація медичної інфраструктури, підтримка стартапів у біотехнологічному секторі та інтеграція хмарних технологій для медико-біологічних досліджень і клінічних випробувань.

Згідно з сегментацією ринку ПЗ у 2023 році, Північна Америка займає провідну позицію з часткою 31,3% доходу (рис. 6) [13]. Ця позиція зумовлена потужними фармацевтичними та біотехнологічними секторами, а також акцентом на дослідженнях і розробках. Підвищене впровадження передових технологій та значні інвестиції стимулюють ріст ринку в регіоні. Основні чинники, що сприяють розвитку, включають розширення досліджень, інтеграцію хмарних рішень та використання ПЗ в бізнес-операціях медичних компаній, зокрема для аналізу даних клінічних досліджень через базу даних SAS, що є важливим для ранньої розробки ліків та прогнозування результатів у сфері охорони здоров'я.

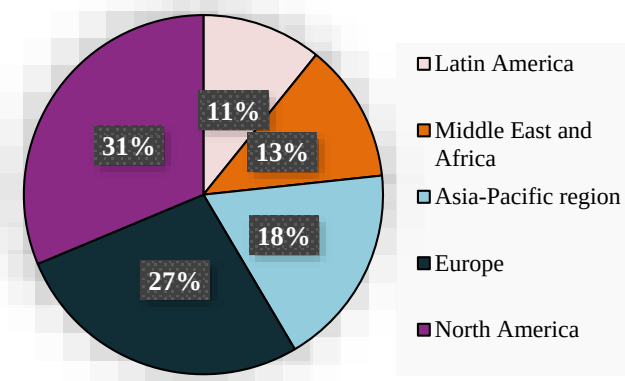


Рис. 6. Сегментація світового ринку ПЗ біоінженерії за географічними регіонами у 2023 році, %

Джерело: створено авторами на основі [13]

Відповідно до даної сегментації світового ринку ПЗ біоінженерії, Північна Америка займає провідне місце, що підкреслює важливість цього регіону для розвитку біоінженерного ПЗ, зокрема завдяки сильному фармацевтичному сектору та активному впровадженню передових технологій. Європа посідає друге місце, що також вказує на її значну роль у наукових дослідженнях та біотехнологічних інноваціях. Азіатсько-Тихоокеанський регіон демонструє стрімке зростання завдяки інвестиціям у фармацевтичний сектор та інновації у сфері біоінженерії. Близький Схід та Африка разом з Латинською Америкою мають відносно менші частки, проте їхній ринок також демонструє розвиток, зокрема завдяки впровадженню інноваційних технологій та підтримці з боку міжнародних інвесторів.

У 2023 році попит на ПЗ для біоінженерії в Північній Америці оцінювався в 5,7 млрд дол. США, і прогнозується його значне зростання у майбутньому [20]. США, як ключовий гравець у регіоні, є домом для провідних наукових компаній, що впро-

ваджують передові технології у розробку ліків, клінічні дослідження та медичне обслуговування. Регулюючі органи активно підтримують цифрові рішення, що підвищують ефективність охорони здоров'я, а розвинена ІТ-інфраструктура сприяє їх інтеграції. В Азійсько-Тихоокеанському регіоні очікується швидке зростання ринку через активну науково-дослідну діяльність та інвестиції в медичну інфраструктуру. З 2008 по 2021 рік регіон залучив значні інвестиції, зокрема у фармацевтику (36 млрд дол. США), медичне обладнання (20 млрд дол. США), біотехнології (17 млрд дол. США) і сектор охорони здоров'я (10,8 млрд дол. США), що свідчить про високий інтерес інвесторів до цих галузей. Європа також є важливим ринком ПЗ біоінженерії, підтриманим високими державними та приватними інвестиціями у дослідження. Такі країни, як Німеччина, Велика Британія та Швейцарія, активно використовують ПЗ для оптимізації досліджень та покращення медичних результатів, стимулюючи попит на безпечні цифрові рішення.

Світовий ринок ПЗ для медико-біологічних наук має досягнути 17,7 млрд дол. США у 2026 році, зростаючи з 15,9 млрд дол. США у 2021 році при середньорічному темпі зростання 2,2% [14]. У 2021 році лідером була компанія IQVIA, слідом за якою йшли Microsoft, Veeva Systems, Salesforce і Dassault Systemes. До п'ятірки компаній із найшвидшими темпами зростання у 2021 році увійшли Veeva Systems, IQVIA, PerkinElmer Informatics, Salesforce та Dassault Systems (рис. 7). Клієнти все частіше інвестують у нові функції та можливості, що замінюють застарілі системи, стимулюючи конкурентоспроможні оновлення та заміни, що можуть вплинути на розподіл ринку в майбутньому.

Отже, у 2021 році ринок ПЗ для біоінженерії був домінований кількома великими гравцями, на яких припадала більшість продажів. Лідером стала компанія IQVIA, яка значно випередила Microsoft та

Veeva Systems. Також помітними гравцями були Salesforce та Dassault Systems. Загалом, перші десять компаній контролювали 66,5% ринку, тоді як решта постачальників поділяли між собою 33,5%. Це свідчить про високу концентрацію ринку, де кілька великих компаній мають провідні позиції, але залишається місце для менших гравців із спеціалізованими рішеннями.

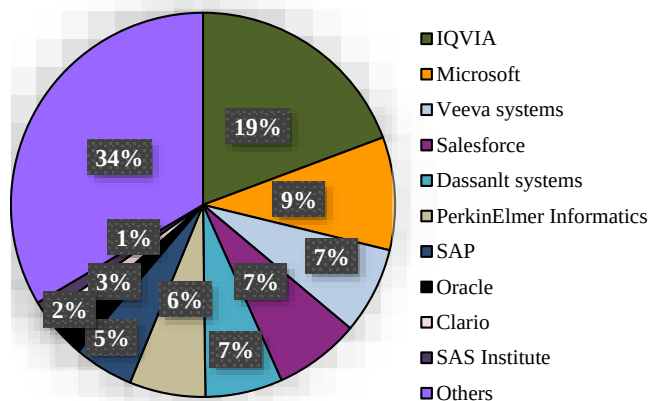


Рис. 7. Сегментація ринку ПЗ біоінженерії за постачальником у 2021 році, %

Джерело: створено авторами на основі [14]

Крім того, ринок ПЗ для біоінженерії продовжує демонструвати позитивні тенденції зростання, значною мірою завдяки технологічним досягненням та збільшенню попиту на інноваційні рішення (табл. 3). Зокрема, застосування ШІ та МН відкриває нові перспективи для оптимізації процесів досліджень і розробок. Проте ринок також стикається з певними стримуючими факторами, серед яких високі витрати на впровадження передових рішень та обмежена доступність сучасних технологій для малих і середніх компаній.

Таблиця 3. Чинники, тенденції та стримуючі фактори ринку ПЗ біоінженерії

Категорія	Чинники розвитку	Тенденції	Стримуючі фактори
Технологічний розвиток	Досягнення в галузі технологій ШІ та МН	Інтеграція ШІ в процеси досліджень і розробок	Висока вартість впровадження технологій
Прецизійна медицина	Зростання попиту на персоналізоване лікування	Використання геномних і молекулярних даних для діагностики	Недоступність передових рішень для малих компаній
Регуляторне середовище	Підтримка урядами інновацій в охороні здоров'я	Впровадження стандартів безпеки даних і кібербезпеки	Складність дотримання регуляторних норм
Зростаючий обсяг даних	Збільшення обсягу медичних і геномних даних	Розвиток платформ для аналізу великих даних	Нестача кваліфікованих спеціалістів
Інвестиції в дослідження	Збільшення державних та приватних інвестицій	Розвиток інструментів для підтримки медичних досліджень	Обмежені фінансові ресурси для впровадження нових рішень

Джерело: створено авторами на основі [21]

Ринок ПЗ біоінженерії продовжує розвиватися під впливом як позитивних чинників, так і стримуючих обставин. Технологічні досягнення, зокрема розвиток ШІ та МН, стимулюють зростання ринку, сприяючи створенню нових інструментів для досліджень і персоналізованого лікування. Водночас

існують значні бар'єри, включаючи високі витрати на впровадження передових технологій, складність регуляторної відповідності та обмежені можливості для малих і середніх підприємств.

Таким чином, аналіз світового ринку програмного забезпечення біоінженерії демонструє постійне

зростання попиту на інноваційні рішення, спричинене стрімким розвитком медичних технологій і зростанням кількості досліджень у сфері біомедичних наук. Технологічні досягнення, зокрема впровадження сучасних технологій, стають ключовими факторами для оптимізації біоінженерних процесів, прискорення розробки нових ліків та покращення медичних послуг.

Аналітика та програмне забезпечення біоінженерії у медичних послугах та інноваціях в охороні здоров'я. Для обґрунтування отриманих результатів важливо розглянути аналогічні дослідження, що висвітлюють вплив цифрових технологій на управління медичними даними у сфері біоінженерії. Наприклад, результати дослідження [22] показали, що цифрові технології, такі як ШІ, IoT та блокчейн, можуть оптимізувати управління ресурсами та підвищити ефективність, включно з можливостями для охорони здоров'я через поліпшення прозорості та прогнозування. Поточне дослідження доповнює це, демонструючи, що спеціалізовані аналітичні інструменти та ПЗ біоінженерії з прогноною аналітикою відіграють вирішальну роль у підвищенні якості медичних послуг і прискоренні інновацій у галузі охорони здоров'я, забезпечуючи більш глибоку інтеграцію в медико-економічні процеси. Дослідження [23], як і поточне, зосереджене на застосуванні ПЗ у медицині, спрямованому на автоматизацію й підвищення точності аналізу. Відмінність полягає в тому, що автори розробили інструмент для аналізу динаміки клітин у пухлинних моделях, тоді як в проведеній роботі охоплено ринок аналітичного ПЗ біоінженерії, акцентуючи на прогнозній аналітиці та її ролі у вдосконаленні біоінженерних процесів.

У той час як дослідження [24] було зосереджено на специфічному ПЗ для лікування опіків, поточне дослідження охопило ширший спектр застосувань аналітичних інструментів у медицині, що підкреслює його потенціал у поліпшенні якості медичних послуг та інновацій у галузі охорони здоров'я. Якщо дане дослідження аналізувало ринок аналітики та ПЗ в біоінженерії, підкреслюючи важливість аналітичних інструментів, то робота [25] зосереджувалась на інтеграції міждисциплінарних концепцій у навчальних програмах з біоінженерії, що може обмежувати практичне застосування аналітичних інструментів у реальних медичних ситуаціях. Поточна робота не лише аналізувала ринок, а й запропонувала конкретні рішення для впровадження аналітики, що може значно покращити якість медичних послуг і забезпечити більш ефективні стратегії для біоінженерії.

В свою чергу, автор дослідження [26] фокусувався на комп'ютерних методах та моделюванні захворювань, підкреслюючи технічні аспекти біоінженерії, тоді як поточне дослідження аналізувало глобальний ринок біоінженерії, акцентуючи увагу на економічних тенденціях і впливі технологій на медичні послуги. Дана робота запропонувала більш

широкий контекст для розуміння ринкових динамік і їхнього впливу на впровадження нових технологій у медичну практику. У дослідженні [27] увага акцентувалась на революційних досягненнях у біоінженерії, що мають значний вплив на охорону здоров'я та сільське господарство. У той час як згадана робота підкреслила технологічні інновації та етичні аспекти, поточне дослідження вивчало світовий ринок аналітики та ПЗ в біоінженерії, показуючи, як спеціалізовані аналітичні інструменти можуть підвищити ефективність медичних послуг, що є важливим фактором у медико-економічній сфері.

Робота [28] була присвячена технічним аспектам створення наноструктур для терапевтичного застосування та діагностики, що може значно сприяти точності медичних інтервенцій. Поточне дослідження доповнює цю роботу ширшим аналізом ринку аналітики та ПЗ у біоінженерії, охоплюючи економічні аспекти, які забезпечують розуміння ролі таких інновацій у глобальній системі охорони здоров'я та їх впливу на управління медичними даними. Результати дослідження [29] продемонстрували застосування математичного моделювання для вирішення складних проблем у біоінженерії, підкресливши важливість кількісних підходів для глибшого розуміння біологічних систем. Поточне дослідження, на відміну від вказаного, охопило аналітичні та ринкові аспекти аналітики і ПЗ біоінженерії, показуючи не лише значення моделей для прогнозування, але й економічний вплив інновацій на медичні процеси, доповнюючи іншу роботу поглядом на ринкову і практичну реалізацію таких методів.

Автор дослідження [30] запропонував огляд сучасних інновацій у біотехнології, зокрема досягнень у CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), біоінформатиці, синтетичній біології та нанотехнологіях. Поточне дослідження доповнює ці аспекти, зосереджуючись на аналізі світового ринку біоінженерного ПЗ та аналітики, підкреслюючи економічні наслідки впровадження аналітичних технологій у медичні послуги, що розширює перспективу, запропоновану в іншій роботі, шляхом оцінки впливу цих інновацій на ринковий рівень. Автори роботи [31] зосереджувались на прогресі у синтетичній біології та метаболічному біоінжинірингу, зокрема на потенціалі системних підходів для оптимізації виробництва біоекономічно важливих речовин. На відміну від цього, поточне дослідження, окрім оцінки технологічного впливу, виділило ключові тренди та перспективи для медико-економічних процесів, пов'язані з інноваціями в біоінженерії, а також запропонувало аналіз перспектив на основі регіональних ринкових тенденцій.

Дослідження [32] було сфокусоване на технічних параметрах біореакторів у біоінженерії, тоді як поточна робота надала комплексний аналіз ринку аналітики та ПЗ для біоінженерії, охоплюючи медико-економічні тенденції та перспективи розвитку галузі. Якщо автори роботи [33] розглядали біоінже-

нерні стратегії васкуляризації органів, то в поточній роботі вивчалися аналітичні тренди в біоінженерії, що підкреслює важливість інструментів даних для оптимізації таких біоінженерних процесів. З іншого боку, автори роботи [34] вивчали біоінженерні технології для трансплантації органів, які покращують якість донорських органів і розв'язувати проблеми з їх доступністю. Поточна робота доповнює це дослідження, зосереджуючи увагу на аналітиці та ПЗ, які можуть оптимізувати біоінженерні процеси, зокрема в контексті трансплантації.

Автори дослідження [35] підкреслили важливість інтеграції біоінженерії та аналізу даних в охороні здоров'я, зосереджуючись на поточних інноваціях і викликах. Поточна робота доповнює вказане дослідження, пропонуючи детальний аналіз біоінженерного ПЗ та аналітики, зокрема в контексті оптимізації медичних процесів і підвищення ефективності персоналізованої медицини. Оскільки дана робота запропонувала аналіз тенденцій і перспектив розвитку світового ринку біоінженерії, підкреслюючи вплив на медичні та економічні процеси та практичні рішення для покращення систем охорони здоров'я, то вона є більш специфічною, ніж дослідження [36]. Остання робота розглядала застосування ШІ у біоінженерії та її підрозділах, зосереджуючи увагу на широкому спектрі технологій. Результати роботи [37] показали аналітику даних у цифровому маркетингу, акцентуючи увагу на її впливі на конкурентоспроможність і оптимізацію бізнес-процесів. Поточна робота розширює це дослідження завдяки глибокому аналізу глобального ринку біоінженерії, демонструючи значний потенціал зростання та важливість впровадження аналітичних інструментів для покращення маркетингових стратегій у медичній сфері.

Автори наукової розвідки [38] дослідили механічну пам'ять клітин, що впливає на результати біоінженерних застосувань, зокрема в терапії стовбурових клітин. На відміну від цього, поточне дослідження не тільки аналізувало виклики біоінженерії, а й надало детальний огляд глобальних ринкових тенденцій аналітики та ПЗ, підкреслюючи їхній потенціал для покращення медичних і маркетингових стратегій у цій сфері. Автори дослідження [39] провели огляд інноваційних підходів у біоінженерії нейронних систем, зосередившись на 3D біопринтингу та використанні біоматеріалів для лікування неврологічних розладів, поточна робота аналізувала ринкові тенденції в біоінженерії. Тобто, дане дослідження підкреслило важливість аналітики та ПЗ в біоінженерії, що дозволяє виявити ключові фактори зростання та розробити ефективні маркетингові стратегії.

В роботах [40, 41] розглянуто важливість структурного та практичного аналізу ідентифікованості в моделюванні біоінженерних процесів, підкреслюючи його роль у надійності параметричних оцінок, поточне дослідження зосередилося на ринкових тенденціях і використанні аналітики в біоінженерії.

Дане дослідження висвітлює важливість аналітичних підходів для оптимізації маркетингових стратегій і виявлення ключових факторів, що впливають на розвиток медико-економічних процесів. Автори дослідження розглянули застосування системної біоінженерії для вивчення впливу токсичних агентів на організми, що розвиваються, підкреслюючи важливість комплексного підходу до аналізу взаємодій між різними біологічними системами, а поточне дослідження зосередилося на ринкових тенденціях та аналітиці в біоінженерії. Отже, дане дослідження виявило значущість аналітичних методів у формуванні ефективних маркетингових стратегій та визначенні ключових факторів, які впливають на біоінженерні процеси в цій сфері.

В роботах [42, 43] розглянуто основні підходи до стратегічного управління розвитком медичних лікувальних закладів та визначено, що сучасна система охорони здоров'я потребує комплексних стратегічних заходів, які сприятимуть підвищенню ефективності управління стратегічним розвитком медичними закладами. Формування та розробка стратегічного управління є вагомим часткою корпоративного менеджменту не лише виробничого підприємства, а і закладів охорони здоров'я в цілому. Авторами запропоновано шляхи підвищення конкурентоспроможності медичних закладів та якості наданих ними послуг, що сприятиме їхньому стійкому розвитку в умовах сучасних викликів у сфері охорони здоров'я.

В роботах [44, 45] підкреслено, що медичні послуги та логістика — це комплексна система, що забезпечує функціонування охорони здоров'я, включаючи транспортування, зберігання, постачання ліків та обладнання, а також організацію надання допомоги пацієнтам. Спеціалізована логістика гарантує суворий температурний режим, безпеку та швидкість, що критично для медичних препаратів, інструментів, біоматеріалів та організації процесів.

Таким чином, результати даного аналізу підтверджують, що ринок аналітики та ПЗ біоінженерії відзначається високими темпами зростання завдяки інноваціям, що можуть значно покращити медико-економічні процеси, впливаючи на якість медичних послуг та ефективність управління даними. Отримані дані підкреслюють необхідність впровадження нових аналітичних рішень, що допоможуть адаптуватися до швидко змінюваного середовища охорони здоров'я та сприятимуть подальшому розвитку біоінженерії.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Результати проведеного дослідження виявили ключові тенденції та прогнози зростання світового ринку аналітики та програмного забезпечення в біоінженерії. У 2022 році ринок аналітики становив 9 млрд дол. США, з потенціалом досягти 16,3 млрд дол. США до 2030 року, що свідчить про середньорічний темп зростання на рівні 7,6%. Цей ріст вказав на зростаючий інтерес до аналітичних рішень у медичній сфері, що може істотно підвищити ефективність управління даними та якість медичних

послуг. Дослідження також виявило, що сегмент послуг займає 54,8% загального доходу ринку, що вказало на активне впровадження аутсорсингових практик в галузі аналітики. Цей сегмент домінував у 2022 році через зростання аутсорсингу, становлячи 57,1% доходу. Найбільше зростання у сегменті аналітики очікується в прогностичній аналітиці (9% на рік) і в сфері досліджень і розробок — 9,8%. Сегмент послуг на вимогу також показав швидке зростання завдяки розвитку хмарних рішень і віддаленому доступу. Це створює нові можливості для адаптації аналітичних технологій до змін у потребах медичних установ.

Варто зазначити, світовий ринок ПЗ для біоінженерії у 2022 році становив 16,32 млрд дол. США, з прогнозом зростання до 44,72 млрд дол. США до 2030 року з середньорічним темпом зростання 12,9%. Зростаючий попит на програмні рішення, що забезпечують покращення ринкової вартості, разом з активними інвестиціями у стартапи у цій сфері, підтверджують тенденцію до стабільного розвитку ринку ПЗ для медико-біологічних досліджень та клінічних випробувань. Також було виявлено, що хмарні технології, які в 2023 році оцінювались у 9,3 млрд дол. США, можуть зрости до 25,8 млрд дол. США до 2033 року, вказуючи на важливість інвестування в інфраструктуру.

Обмеження дослідження включають відсутність даних про специфічні регіональні ринки, які

можуть демонструвати різні тенденції розвитку. Важливо враховувати, що культура та економіка кожної країни можуть суттєво вплинути на ефективність впровадження аналітичних рішень. Це підкреслює необхідність проведення додаткових досліджень, спрямованих на глибше вивчення впливу цих факторів на адаптацію технологій у різних регіонах. Крім того, обмеженість у часових рамках дослідження може призвести до того, що не всі ринкові тенденції будуть адекватно відображені, оскільки вони можуть змінюватися в короткі терміни, що потребує регулярного оновлення даних та аналізу. Також, недостатня увага до змін у законодавчій сфері та політичних умовах може суттєво вплинути на точність прогнозів і рекомендацій, що потребує врахування цих аспектів у подальших дослідженнях.

У майбутньому рекомендується зосередитися на розробці нових аналітичних платформ, які інтегрують сучасні технології, зокрема штучний інтелект та машинне навчання. Це може сприяти більш ефективному управлінню даними, оптимізації процесів та покращенню якості медичних послуг. Дослідження зовнішніх чинників, таких як законодавчі зміни, технологічний прогрес та зміни в поведінці споживачів, також можуть стати важливими напрямками для подальшого аналізу, забезпечуючи більш комплексний погляд на розвиток ринку аналітики та програмного забезпечення в біоінженерії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Malyshev B., Kovalenko B. Marketing research world bioengineering market. *Society. Economy. Digitalization*. 2024. Vol. 2, № 2. P. 68–80. <https://doi.org/10.31379/sed.2.2.2024.6>
2. Voronkova V., Belousov V., Koliukh V. Business Analytics as a Strategic Resource of Information and Analytical Support for the Management of Enterprises and Organizations in the Context of Digital Transformation. *Digital Economy and Economic Security*. 2024. Vol. 5, № 14. P. 8–15. <https://doi.org/10.32782/dees.14-2>
3. Petrov V., Mintser O. P., Kryuchyn A. A., Kryuchyna Y. A. Big data in medicine: promise and challenges. *Medical Informatics and Engineering*. 2019. № 3. P. 20–30. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2019.3.10429>
4. Lazim N. A.M., Ariffin S. H.S. Data Analytics and AI for Influencer Marketing. *Advances in Data Analytics for Influencer Marketing: An Interdisciplinary Approach* / ed. by S. Dutta, Á. Rocha, P. K. Dutta, P. Bhattacharya, R. Singh. Cham : Springer, 2024. Vol. 9. https://doi.org/10.1007/978-3-031-65727-6_6
5. Ijomah T. I., Idemudia C., Eyo-Udo, N. L., Anjorin K. F. Harnessing Marketing Analytics for Enhanced Decision-Making and Performance in SMEs. *World Journal of Advanced Science and Technology*. 2024. Vol. 6, № 1. P. 1–12. <https://doi.org/10.53346/wjast.2024.6.1.0037>
6. Cornelissen M., Małyska A., Nanda A. K., Lankhorst R. K., Parry M. A. J., Saltenis V. R., Pribil M., Nacry P., Inzé D., Baekelandt A. Biotechnology for Tomorrow's World: Scenarios to Guide Directions for Future Innovation / M. Cornelissen et al. *Trends in Biotechnology*. 2021. Vol. 39, Iss. 5. P. 438–444. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.09.006>
7. Ali N. Bioengineering Breakthroughs: Transforming Healthcare with Advanced Medical Devices. *ResearchGate*. 2024.
8. Dundar, M., Prakash, S., Lal, R., Martin, D. K. Future Biotechnology. *The EuroBiotech Journal*. 2019. Vol. 3, № 2. P. 53–56. <https://doi.org/10.2478/ebtj-2019-0006>
9. Chen S. Application and Effectiveness Evaluation of Business Data Analytics in Marketing Strategy. *Frontiers in Business Economics and Management*. 2024. Vol. 15, № 1. P. 345–348. <https://doi.org/10.54097/qe8n6k67>
10. Yu L.-P., Wu F.-Q., Chen G.-Q. Next-Generation Industrial Biotechnology-Transforming the Current Industrial Biotechnology into Competitive Processes. *Biotechnology Journal*. 2019. Vol. 14, № 9. <https://doi.org/10.1002/biot.201800437>
11. Life Science Analytics Market Size, Share & Trends. *Grand View Research*. 2026. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/life-science-analytics-market> (дата звернення: 20.02.2026).
12. Life Science Analytics Market Growth, Size, Share, and Trends. *MarketsandMarkets*. 2026. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pharmaceutical-life-science-analytic-market-174990653.html> (дата звернення: 20.02.2026).
13. Global Life Sciences Software Market Size And Forecast. *Market Research Intellect*. 2024. URL: <https://www.marketresearchintellect.com/product/global-life-sciences-software-market-size-and-forecast/> (дата звернення: 20.02.2026).
14. Pang A., Markovski M., Micik A. Top 10 Life Sciences Software Vendors, Market Size and Market Forecast 2021-2026. *Apps Run The World*. 2024. URL: <https://www.appsruntheworld.com/top-10-life-sciences-software-vendors-and-market-forecast/> (дата звернення: 20.02.2026).
15. Life Science Analytics Market Research Report Information. *Market Research Future*. 2026. April 06. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/life-science-analytics-market-8570> (дата звернення: 20.02.2026).

16. Life Science Analytics Market Definition and Segments. *The Business Research Company*. 2026. January. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/life-science-analytics-global-market-report> (дата звернення: 20.02.2026).
17. Global Life Science Software Market – Industry Trends and Forecast to 2030. *Data Bridge Market Research*. 2026. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-life-science-software-market> (дата звернення: 20.02.2026).
18. Life Science Software Market to Witness Strong 7.5% CAGR, Surpassing US\$ 31,151.8 Million by 2033. *Future Market Insights*. 2023. November 20 URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/11/20/2783246/0/en/Life-Science-Software-Market-to-Witness-Strong-7-5-CAGR-Surpassing-US-31-151-8-Million-by-2033-Future-Market-Insights-Inc.html> (дата звернення: 20.02.2026).
19. Global Life Sciences Software Market. *Market*. 2026. URL: <https://market.us/report/life-sciences-software-market> (дата звернення: 20.02.2026).
20. Global Life Sciences Software Market Size. *Global Market Estimates*. 2026. URL: <https://www.globalmarketestimates.com/market-report/life-sciences-software-market-4181> (дата звернення: 20.02.2026).
21. Hutsaliuk O. M., Havrylova N. V., Krasnozhan N. S. Info-communications in the system of innovative infrastructure of the national economy of the state. *Economic Innovations*. 2020. Vol. 22, № 3 (76). P. 159–167. [https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.3\(76\).159-167](https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.3(76).159-167)
22. Ari A. A., Sheikhbahei E. Harnessing the Power of Emerging Digital Technologies for improved Sustainability and Productivity in Biomedical Engineering and Neuroscience. *Scientific Hypotheses*. 2024. Vol. 1. P. 47–52. <https://doi.org/10.69530/v8tgp793>
23. Wiggin N., Cook C., Black M., Cadena I., Rahal-Arabi S., Fogg K. Empowering High-Throughput High-Content Analysis of 3D tumor Models: Open-Source Software for Automated Non-Confocal Image Analysis. *bioRxiv*. 2024. <https://doi.org/10.1101/2024.02.20.581231>
24. Mestrallet G. Software Development for Autologous Skin Substitute Production. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2021. <https://doi.org/10.1101/2021.04.16.21255595>
25. Kolodinskyi S. B., Hutsaliuk O. M., Kramskyi S. O. Management of inter-firm cooperative relations for the exchange of innovations by enterprises of Ukraine. *Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management*. 2022. Vol. 15. P. 46–55. <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2022-15-4>
26. Filipovic N. Computational Bioengineering and Bioinformatics Computer Modelling in Bioengineering. *Computer Modelling in Bioengineering, Learning and Analytics in Intelligent Systems*. 2020. Vol. 11. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-43658-2>
27. Pasupuleti M. K. Bioengineering Revolution: Transformative Advances in Life Sciences. *Bioengineering Innovations in Life Sciences*. 2024. P. 87–119. <https://doi.org/10.62311/nexs/77615>
28. Yu L., Chen L., Satyabola D., Prasad A., Yan H. NucleoCraft: The Art of Stimuli-Responsive Precision in DNA and RNA Bioengineering. *BME Frontiers*. 2024. Vol. 5, № 1. Art. 0050. <https://doi.org/10.34133/bmef.0050>
29. Boulaaras S., Pham V.-T. Preface: Quantitative Approaches in Bioengineering (Part I). *Discrete and Continuous Dynamical Systems*. 2024. Vol. 17, № 10. <https://doi.org/10.3934/dcdss.2024131>
30. Eskandar K. Revolutionizing Biotechnology and Bioengineering: Unleashing the Power of Innovation. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*. 2023. Vol. 10, № 3. P. 81–88. <https://doi.org/10.15406/jabb.2023.10.00332>
31. Bošković J., Mladenović J., Popović V. M., Stevanović A., Todosijević Lj. Š. Application and Effect of Artificial Intelligence for the Functioning of Metabolic Bioengineering in Systems Biology. *Irasa International Scientific Conference Science, Education, Technology and Innovation Seti VI*. 2024. P. 184–201. <https://doi.org/10.62982/seti06.boje.13>
32. Gan J., Liu H., Chen J., Li X., Li G., Li H., Chen K. Self-Inducing Reactors for Bioengineering. *ACS Omega*. 2023. Vol. 8, № 51. P. 48613–48684. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06484>
33. Nwokoye P. N., Abilez O. J. Bioengineering Methods for Vascularizing Organoids. *Cell Reports Methods*. 2024. Vol. 4, № 6. <https://doi.org/10.1016/j.crmeth.2024.100779>
34. Niroomand A., Nita G. E., Lindstedt S. Machine Perfusion and Bioengineering Strategies in Transplantation-Beyond the Emerging Concepts. *Transplant International*. 2024. Vol. 37. <https://doi.org/10.3389/ti.2024.13215>
35. Bioengineering and Healthcare Data Analysis: Introduction, Advances, and Challenges / S. Reddy et al. *Green AI-Powered Intelligent Systems for Disease Prognosis*. 2024. P. 1–20. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1243-8.ch001>
36. The Role of Bioengineering in Healthcare / S. Dhivya et al. *Handbook of Research on Advanced Functional Materials for Orthopedic Applications*. 2023. P. 279–298. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1243-8.ch001>
37. Salhab H. The Use of Data Analytics in Digital Marketing for Sustainable Business Growth. *Journal of Infrastructure Policy and Development*. 2024. Vol. 8, № 8. P. 1–23. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4894>
38. Dudaryeva O., Bernhard S., Tibbitt M. W., Labouesse C. Implications of Cellular Mechanical Memory in Bioengineering. *ACS Biomaterials Science & Engineering*. 2023. Vol. 9, № 11. <https://doi.org/10.1021/acsbomaterials.3c01007>
39. Advancements in neural system bioengineering: precision therapeutics and innovative strategies / Kuat Sultan Sabriuly et al. *Scientific Collection «InterConf+»*. 2023. № 37 (171). P. 285–292. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.09.2023.022>
40. Structural and Practical Identifiability Analysis in Bioengineering: a Beginner's Guide / L. Wanika et al. *Journal of Biological Engineering*. 2024. Vol. 18, № 1. <https://doi.org/10.1186/s13036-024-00410-x>
41. Soares B. X., Miranda C. Systems Bioengineering Approaches for Developmental Toxicology. *Computational and Structural Biotechnology Journal*. 2023. Vol. 21, № 1. P. 3272–3279. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.06.005>
42. Hutsaliuk O. M., Bondar Iu., Boiko O., Bakum I. Approaches to the strategic management of the development of medical treatment facilities. *Intellectualization of logistics and Supply Chain Management*. 2024. Vol. 27. P. 7–18. <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2024-27-1>
43. Гуцалюк О. М., Бондар Ю. А., Бойко О. В. Оцінка конкурентоспроможності медичної галузі та її освітніх закладів в контексті економічної взаємодії. *Економічний вісник Донбасу*. 2024. № 1-2 (75-76). С. 123–131. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2\(75-76\)-123-131](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2(75-76)-123-131)
44. Гуцалюк О. М. Особливості розвитку технологій управління діяльністю підприємства. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. 2011. Вип. 20. Ч. II. С. 147–151.
45. Гуцалюк О. М., Бондар Ю. А., Приходько І. П., Семенко В. О. Аналіз стану кадрового забезпечення галузі охорони здоров'я України у період реформування. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту*. 2024. № 2 (32). С. 6–19. [https://doi.org/10.58253/2078-1628-2024-2\(32\)-001](https://doi.org/10.58253/2078-1628-2024-2(32)-001)

46. Hutsaliuk O., Storozhuk O., Zhovnirchik Ya., Zaiarniuk O., Kartsyhin D. Public administration and legal regulation effectiveness in the field of health care in the context of sustainable development. *Revista Genero & Direito*. 2020. Vol. 9, Iss. 2. P. 599–613. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2179-7137.2020v9n2.50820>

47. Hutsaliuk O., Navolokina A. Research on the economic interaction between the labor market and human resources in the healthcare sector in Ukraine. *Economic innovations*. 2020. Vol. 22, Iss. 1 (74). P. 37–51. [https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.1\(74\).37-51](https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.1(74).37-51)

48. Гуцалюк О. М. Аналіз стану кадрового забезпечення сфери охорони здоров'я України у період реформування. *Вісник економічної науки України*. 2019. № 2 (37). С. 110–114. [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2019.2\(37\).110-114](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2019.2(37).110-114)

Надійшла до редакції 10.06.2026

Прийнята до друку 16.07.2026

Опублікована 29.09.2026

REFERENCES

1. Malyshev, V., & Kovalenko, V. (2024). Marketing research world bioengineering market. *Society. Economy. Digitalization*, 2(2), 68–80. <https://doi.org/10.31379/sed.2.2.2024.6>
2. Voronkova, V., Belousov, V., & Koliukh, V. (2024). Business Analytics as a Strategic Resource of Information and Analytical Support for the Management of Enterprises and Organizations in the Context of Digital Transformation. *Digital Economy and Economic Security*, 5(14), 8–15. <https://doi.org/10.32782/dees.14-2>
3. Petrov, V., Mintser, O. P., Kryuchyn, A. A., & Kryuchyna, Y. A. (2019). Big data in medicine: promise and challenges. *Medical Informatics and Engineering*, 3, 20–30. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2019.3.10429>
4. Lazim, N. A. M., & Ariffin, S. H. S. (2024). Data Analytics and AI for Influencer Marketing. In Dutta, S., Rocha, Á., Dutta, P. K., Bhattacharya, P., & Singh, R. (Eds.), *Advances in Data Analytics for Influencer Marketing: An Interdisciplinary Approach. Information Systems Engineering and Management*, Vol. 9. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-65727-6_6
5. Ijomah, T. I., Idemudia, C., Eyo-Udo, N. L., & Anjorin, K. F. (2024). Harnessing Marketing Analytics for Enhanced Decision-Making and Performance in SMEs. *World Journal of Advanced Science and Technology*, 6(1), 001–012. <https://doi.org/10.53346/wjast.2024.6.1.0037>
6. Cornelissen, M., Małyska, A., Nanda, A. K., Klein Lankhorst, R., Parry, M. A. J., Rodrigues Saltenis, V., Pribil, M., Nacry, P., Inzé, D., & Baekelandt, A. (2021). Biotechnology for Tomorrow's World: Scenarios to Guide Directions for Future Innovation. *Trends in Biotechnology*, 39(5), 438–444. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.09.006>
7. Ali, N. (2024). Bioengineering Breakthroughs: Transforming Healthcare with Advanced Medical Devices. *ResearchGate*.
8. Dundar, M., Prakash, S., Lal, R., & Martin, D. K. (2019). Future Biotechnology. *The EuroBiotech Journal*, 3(2), 53–56. <https://doi.org/10.2478/ebtj-2019-0006>
9. Chen, S. (2024). Application and Effectiveness Evaluation of Business Data Analytics in Marketing Strategy. *Frontiers in Business Economics and Management*, 15(1), 345–348. <https://doi.org/10.54097/qe8n6k67>
10. Yu, L.-P., Wu, F.-Q., & Chen, G.-Q. (2019). Next-Generation Industrial Biotechnology-Transforming the Current Industrial Biotechnology into Competitive Processes. *Biotechnology Journal*, 14(9). <https://doi.org/10.1002/biot.201800437>
11. Life Science Analytics Market Size, Share & Trends. Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/life-science-analytics-market>
12. Life Science Analytics Market Growth, Size, Share, and Trends. MarketsandMarkets. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pharmaceutical-life-science-analytic-market-174990653.html>
13. Global Life Sciences Software Market Size And Forecast. (2024). Market Research Intellect. <https://www.marketresearchintellect.com/product/global-life-sciences-software-market-size-and-forecast/>
14. Pang, A., Markovski, M., & Micik, A. (2024). Top 10 Life Sciences Software Vendors, Market Size and Market Forecast 2021-2026. Apps Run The World. <https://www.appsrunttheworld.com/top-10-life-sciences-software-vendors-and-market-forecast/>
15. Life Science Analytics Market Research Report Information. (2026, April 06). *Market Research Future*. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/life-science-analytics-market-8570>
16. Life Science Analytics Market Definition and Segments. (2026, January). *The Business Research Company*. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/life-science-analytics-global-market-report>
17. Global Life Science Software Market – Industry Trends and Forecast to 2030. (2026). *Data Bridge Market Research*. <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-life-science-software-market>
18. Life Science Software Market to Witness Strong 7.5% CAGR, Surpassing US\$ 31,151.8 Million by 2033. (2023, November 20). *Future Market Insights*. <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/11/20/2783246/0/en/Life-Science-Software-Market-to-Witness-Strong-7-5-CAGR-Surpassing-US-31-151-8-Million-by-2033-Future-Market-Insights-Inc.html>
19. Global Life Sciences Software Market. (n.d.). *Market*. <https://market.us/report/life-sciences-software-market>
20. Global Life Sciences Software Market Size. (n.d.). *Global Market Estimates*. <https://www.globalmarketestimates.com/market-report/life-sciences-software-market-4181>
21. Hutsaliuk, O. M., Havrylova, N. V., & Krasnozhan, N. S. (2020). Info-communications in the system of innovative infrastructure of the national economy of the state. *Economic innovations*, 22(3(76)), 159–167. [https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.3\(76\).159-167](https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.3(76).159-167) [in Ukrainian].
22. Ari, A. A., & Sheikhbahei, E. (2024). Harnessing the Power of Emerging Digital Technologies for improved Sustainability and Productivity in Biomedical Engineering and Neuroscience. *Scientific Hypotheses*, 1, 47–52. <https://doi.org/10.69530/v8tgp793>
23. Wiggin, N., Cook, C., Black, M., Cadena, I., Rahal-Arabi, S., & Fogg, K. (2024). Empowering High-Throughput High-Content Analysis of 3D tumor Models: Open-Source Software for Automated Non-Confocal Image Analysis. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.02.20.581231>
24. Mestrallet, G. (2021). Software Development for Autologous Skin Substitute Production. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. <https://doi.org/10.1101/2021.04.16.21255595>
25. Kolodinskyi, S. B., Hutsaliuk, O. M., Kramskyi, S. O. (2022). Management of inter-firm cooperative relations for the exchange of innovations by enterprises of Ukraine. *Intellectualization of logistics and supply chain management*, 15, 46–55. <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2022-15-4> [in Ukrainian].
26. Filipovic, N. (2020). Computational Bioengineering and Bioinformatics Computer Modelling in Bioengineering. *Computer Modelling in Bioengineering, Learning and Analytics in Intelligent Systems*, 11. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-43658-2>

27. Pasupuleti, M. K. (2024). Bioengineering Revolution: Transformative Advances in Life Sciences. *Bioengineering Innovations in Life Sciences*, 87–119. <https://doi.org/10.62311/nexs/77615>
28. Yu, L., Chen, L., Satyabola, D., Prasad, A., & Yan, H. (2024). NucleoCraft: The Art of Stimuli-Responsive Precision in DNA and RNA Bioengineering. *BME Frontiers*, 5(1), 0050. <https://doi.org/10.34133/bmef.0050>
29. Boulaaras, S., & Pham, V.-T. (2024). Preface: Quantitative Approaches in Bioengineering (Part I). *Discrete and Continuous Dynamical Systems*, 17(10). <https://doi.org/10.3934/dcdss.2024131>
30. Eskandar, K. (2023). Revolutionizing Biotechnology and Bioengineering: Unleashing the Power of Innovation. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 10(3), 81–88. <https://doi.org/10.15406/jabb.2023.10.00332>
31. Bošković, J., Mladenović, J., Popović, V. M., Stevanović, A., & Todosijević, Lj. Š. (2024). Application and Effect of Artificial Intelligence for the Functioning of Metabolic Bioengineering in Systems Biology. *Irasa International Scientific Conference Science, Education, Technology and Innovation Seti VI*, 184–201. <https://doi.org/10.62982/seti06.boje.13>
32. Gan, J., Liu, H., Chen, J., Li, X., Li, G., Li, H., & Chen, K. (2023). Self-Inducing Reactors for Bioengineering. *ACS Omega*, 8(51), 48613–48684. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06484>
33. Nwokoye, P. N., & Abilez, O. J. (2024). Bioengineering Methods for Vascularizing Organoids. *Cell Reports Methods*, 4(6). <https://doi.org/10.1016/j.crmeth.2024.100779>
34. Niroomand, A., Nita, G. E., & Lindstedt, S. (2024). Machine Perfusion and Bioengineering Strategies in Transplantation-Beyond the Emerging Concepts. *Transplant International*, 37. <https://doi.org/10.3389/ti.2024.13215>
35. Reddy, S., Lankadasu, J. S. K., Varshith, N. V. V., Sharma, A., & Sharma, S. (2024). Bioengineering and Healthcare Data Analysis: Introduction, Advances, and Challenges. *Green AI-Powered Intelligent Systems for Disease Prognosis*, 1–20. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1243-8.ch001>
36. Dhivya, S., Areche, F. O., Senthil Kumar, B. R., Hariprabhu, M., & Mutha, S. (2023). The Role of Bioengineering in Healthcare. *Handbook of Research on Advanced Functional Materials for Orthopedic Applications*, 279–298. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7412-9.ch016>
37. Salhab, H. (2024). The Use of Data Analytics in Digital Marketing for Sustainable Business Growth. *Journal of Infrastructure Policy and Development*, 8(8), 1–23. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4894>
38. Dudaryeva, O., Bernhard, S., Tibbitt, M. W., & Labouesse, C. (2023). Implications of Cellular Mechanical Memory in Bioengineering. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 9(11). <https://doi.org/10.1021/acsbmaterials.3c01007>
39. Kuat Sultan Sabriuly, Nasreddin, K., Saletayeva, N., Kerimova, A., Budyrbayev, Y., Gantsa, A., & Dinassil, U. (2023). Advancements in neural system bioengineering: precision therapeutics and innovative strategies. *Scientific Collection «InterConf+»*, 37(171)), 285–292. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.09.2023.022>
40. Wanika, L., Egan, J. R., Swaminathan, N., Duran-Villalobos, C. A., Branke, J., Goldrick, S., & Chappell, M. (2024). Structural and Practical Identifiability Analysis in Bioengineering: a Beginner's Guide. *Journal of Biological Engineering*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13036-024-00410-x>
41. Soares, B. X., & Miranda, C. (2023). Systems Bioengineering Approaches for Developmental Toxicology. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21(1), 3272–3279. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.06.005>
42. Hutsaliuk, O. M., Bondar, Iu., Boiko, O. & Bakum, I. (2024). Approaches to the strategic management of the development of medical treatment facilities. *Intellectualization of logistics and Supply Chain Management*, 27, 7–18. <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2024-27-1>
43. Hutsaliuk, O. M., Bondar, Y. A., & Boyko, O. V. (2024). Assessment of the competitiveness of the medical industry and its educational institutions in the context of economic interaction. *Economic Bulletin of Donbas*, 1–2 (75–76), 123–131. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2\(75-76\)-123-131](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2(75-76)-123-131)
44. Hutsaliuk, O. M. (2011). Features of the development of enterprise management technologies. Scientific works of the Kirovohrad National Technical University. *Economic Sciences*, Iss. 20. Part II. 147–151.
45. Hutsaliuk, O. M., Bondar, Iu. A., Prykhodko, I. P. & Semenko, V. O. (2024). Analysis of the state of human resources in the healthcare sector of Ukraine during the reform period. *Bulletin of the Eastern European University of Economics and Management*, 2 (32), 6–19. [https://doi.org/10.58253/2078-1628-2024-2\(32\)-001](https://doi.org/10.58253/2078-1628-2024-2(32)-001)
46. Hutsaliuk, O., Storozhuk, O., Zhovnirchuk, Ya., Zaiarniuk, O. & Kartsyhin, D. (2020). Public administration and legal regulation effectiveness in the field of health care in the context of sustainable development. *Revista Genero & Direito*, 9(2), 599–613. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2179-7137.2020v9n2.50820>
47. Hutsaliuk, O., Navolokina, A. (2020). Research on the economic interaction between the labor market and human resources in the healthcare sector in Ukraine. *Economic innovations*, 22(1(74)), 37–51. [https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.1\(74\).37-51](https://doi.org/10.31520/ei.2020.22.1(74).37-51)
48. Hutsaliuk, O. M. (2019). Analysis of the state of human resources in the healthcare sector of Ukraine during the reform period. *Bulletin of Economic Science of Ukraine*, 2(37), 110–114. [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2019.2\(37\).110-114](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2019.2(37).110-114)

Received: 10.06.2026

Accepted: 16.07.2026

Published: 29.09.2026

Малишев В. В., Брикульська М. В., Габ А. І., Шахнін Д. Б. Аналітики та програмне забезпечення біоінженерії: світовий ринок та внесок у розвиток медичних послуг й інновацій в охороні здоров'я

Розвиток технологій та експоненціальне зростання обсягів даних спричинили кардинальні зміни в підходах до аналізу інформації в медичній та біоінженерній сферах. Аналітика та програмне забезпечення стали ключовими інструментами оптимізації медичних процесів, підвищення якості обслуговування пацієнтів та прискорення розробки нових методів лікування. Інтеграція штучного інтелекту та машинного навчання відкриває можливості для виявлення прихованих закономірностей у біомедичних даних, прогнозування результатів терапії та персоналізації медичної допомоги.

Попри значний прогрес, у сфері біоінженерної аналітики та програмного забезпечення зберігаються системні проблеми: недостатня інтеграція аналітичних інструментів у клінічні та дослідницькі процеси, відсутність уніфікованих стандартів збору й обробки даних, обмежене фінансування інноваційних проєктів, а також прогалини в методологічному забезпеченні та прак-

тичному застосуванні технологій. Ці обмеження стримують потенціал персоналізованої медицини, гальмують швидкість впровадження інновацій та знижують ефективність управління медичними даними.

Аналіз останніх досліджень показав, що зарубіжні та вітчизняні роботи акцентують на ринкових тенденціях біоінженерії та ролі аналітики в її розвитку. Зокрема, виявлено ключові драйвери зростання світового ринку біоінженерії, серед яких персоналізована медицина, штучний інтелект та машинне навчання виступають основними векторами інновацій. Підкреслено стратегічну роль бізнес-аналітики в умовах цифрової трансформації медичних процесів, значення Big Data для персоналізованої медицини та вдосконалення системи охорони здоров'я. Окремі роботи присвячено маркетинговій аналітиці та її впливу на бізнес-процеси, зокрема демонструється, як штучний інтелект та аналітика даних трансформують маркетингові стратегії в цифрову епоху та суттєво підвищують конкурентоспроможність малого та середнього бізнесу. Розроблено сценарії розвитку біотехнологій до 2050 року, що підкреслюють роль аналітики в прогнозуванні інновацій.

Водночас низка досліджень присвячена стратегічним аспектам, зокрема оцінці конкурентоспроможності медичної галузі та її освітніх закладів, підходам до стратегічного управління медичними закладами, інноваційно-інтегрованому розвитку та трансформації логістики в цифрову економіку.

Проте комплексного дослідження, присвяченого саме глобальному ринку аналітики та програмного забезпечення в біоінженерії з акцентом на їхній вплив на медичні послуги, маркетингові стратегії та медико-економічні процеси, на сьогодні бракує. Існуючі роботи або фокусуються на вузьких технологічних аспектах, або обмежуються загальними ринковими прогнозами, не пропонуючи системного аналізу ключових факторів зростання та практичних рекомендацій для впровадження.

Ключові слова: біоінженерія, аналітика, програмне забезпечення, ринок, штучний інтелект, машинне навчання, персоналізована медицина, медичні послуги, інновації, прогнозування.

Malyshev V., Brykulska M., Gab A., Shakhnin D. Analytics and software in bioengineering: global market and contribution to the development of medical services and innovations in healthcare

The rapid advancement of technologies and the exponential growth of data volumes have brought about fundamental changes in approaches to information analysis in the medical and bioengineering fields. Analytics and software have become key tools for optimizing medical processes, improving patient care quality, and accelerating the development of new treatment methods. The integration of artificial intelligence and machine learning opens opportunities for uncovering hidden patterns in biomedical data, predicting therapy outcomes, and personalizing medical care.

Despite significant progress, the field of bioengineering analytics and software continues to face systemic challenges: insufficient integration of analytical tools into clinical and research processes, lack of unified standards for data collection and processing, limited funding for innovative projects, as well as gaps in methodological support and practical application of technologies. These limitations constrain the potential of personalized medicine, slow down the pace of innovation implementation, and reduce the efficiency of medical data management.

Analysis of recent studies shows that both international and domestic works emphasize market trends in bioengineering and the role of analytics in its development. Key growth drivers of the global bioengineering market have been identified, with personalized medicine, artificial intelligence, and machine learning emerging as primary vectors of innovation. The strategic role of business analytics in the context of digital transformation of medical processes has been highlighted, along with the importance of Big Data for personalized medicine and improvement of the healthcare system. Separate studies focus on marketing analytics and its impact on business processes, demonstrating how artificial intelligence and data analytics are transforming marketing strategies in the digital era and significantly enhancing the competitiveness of small and medium-sized businesses. Scenarios for biotechnology development up to 2050 have been developed, underscoring the role of analytics in forecasting innovation.

At the same time, a number of studies address strategic aspects, including assessment of the competitiveness of the medical sector and its educational institutions, approaches to strategic management of medical facilities, innovation-integrated development, and logistics transformation in the digital economy.

However, a comprehensive study dedicated specifically to the global market of analytics and software in bioengineering - with emphasis on their impact on medical services, marketing strategies, and medico-economic processes - is currently lacking. Existing works either focus on narrow technological aspects or are limited to general market forecasts, without offering a systematic analysis of key growth factors and practical recommendations for implementation.

The purpose of the article is to analyze current trends in the development of the analytics and software market in bioengineering, identify key factors influencing its dynamics, and assess the potential of these technologies to enhance the efficiency of medical services and accelerate innovation in healthcare.

Keywords: bioengineering, analytics, software, market, artificial intelligence, machine learning, personalized medicine, medical services, innovations, forecasting.