

---

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ВИЩИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКРАЇНИ  
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# МАТЕРІАЛИ

науково-практичної інтернет-конференції

## РОЗВИТОК ПРИРОДНИЧИХ НАУК ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ ДОСЯГНЕНЬ У МЕДИЦИНІ



*м. Чернівці*  
*27 листопада 2019 року*

---

УДК 5-027.1:61(063)

**Р 64**

Медицина є прикладом інтеграції багатьох наук. Наукові дослідження у сучасній медицині на основі досягнень фізики, хімії, біології, інформатики та інших наук відкривають нові можливості для вивчення процесів, які відбуваються в живих організмах, та вимагають якісних змін у підготовці медиків. Науково-практична інтернет-конференція «**Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині**» покликана змінювати свідомість людей, характер їхньої діяльності та стимулювати зміни у підготовці медичних кадрів. Вміле застосування сучасних природничо-наукових досягнень є запорукою подальшого розвитку медицини як галузі знань.

Конференція присвячена висвітленню нових теоретичних і прикладних результатів у галузі природничих наук та інформаційних технологій, що є важливими для розвитку медицини та стимулювання взаємодії між науковцями природничих та медичних наук.

#### **Голова оргкомітету**

професор, д.фіз.-мат.н. **Федів В.І.**, завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Радою ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет»

#### **Оргкомітет**

доц., к.тех.н. **Бірюкова Т.В.**, доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет»

доц., к.фіз.мат.н. **Іванчук М.А.**, доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет»

доц., к.фіз.мат.н. **Олар О.І.**, доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет»

#### **Почесний гість**

**Prof. Dr. Anton Fojtik**, Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University, Prague, Czech Republic; Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Technical University of Liberec, Czech Republic

**Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині:** матеріали науково-практичної інтернет-конференції, м. Чернівці, 27 листопада 2019 р. / за ред. В. І. Федіва – Чернівці: БДМУ, 2019. – 390 с.

У збірнику подані матеріали науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині». У тезах представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень.

Матеріали подаються в авторській редакції. Відповідальність за достовірність інформації, правильність фактів, цитат та посилань несуть автори.

Для наукових та науково-педагогічних співробітників, викладачів закладів вищої освіти, аспірантів та студентів.

**Рекомендовано до друку Вченою Радою ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет» (Протокол №4 від 28.11.2019 р.)**

**ISBN 978-966-697-840-3**

---

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
MINISTRY OF HEALTH OF UKRAINE  
HIGHER STATE EDUCATIONAL ESTABLISHMENT OF UKRAINE  
“BUKOVINIAN STATE MEDICAL UNIVERSITY”

# CONFERENCE PROCEEDINGS

## DEVELOPMENT OF NATURAL SCIENCES AS A BASIS OF NEW ACHIEVEMENTS IN MEDICINE



*Chernivtsi, Ukraine*  
*November 27, 2019*

---

**UDC 5-027.1:61(063)**

**P 64**

Medicine is an example of the integration of many sciences. Scientific research in modern medicine, based on the achievements of physics, chemistry, biology, computer science and other sciences, opens new opportunities for studying the processes occurring in living organisms and requires qualitative changes in the training of physicians. Scientific-practical Internet conference "**Development of natural sciences as the basis of the latest achievements in medicine**" aims to change the consciousness of people, the nature of their activity and stimulate changes in the training of medical personnel. The skillful application of modern scientific achievements is the key to the further development of medicine as a field of knowledge.

The conference is dedicated to the coverage of new theoretical and applied results in the field of natural sciences and information technologies, which are important for the development of medicine and stimulating interaction between scientists of natural and medical sciences.

**General Chairman of the Conference**

Prof, Dr. **Volodymyr Fediv**, chief of the Department of Biological Physics and Medical Informatics at Higher state educational establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University"

**Programme committee**

Ass.prof., PhD **Tetjana Birukova**, Department of Biological Physics and Medical Informatics at Higher state educational establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University"

Ass.prof., PhD **Maria Ivanchuk**, Department of Biological Physics and Medical Informatics at Higher state educational establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University"

Ass.prof., PhD **Olena Olar**, Department of Biological Physics and Medical Informatics at Higher state educational establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University"

**Invited lecturer**

**Prof. Dr. Anton Fojtik**, Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University, Prague, Czech Republic;  
Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Technical University of Liberec, Czech Republic

**Development of Natural Sciences as a Basis of New Achievements in Medicine:** Conference Proceedings, November, 27, 2019, Chernivtsi, Ukraine/ edited by V.Fediv – Chernivtsi,BSMU, 2019. – 390 p.

The proceeding contains materials of a scientific and practical Internet conference "Development of the natural sciences as the basis of the latest achievements in medicine" which present the results of theoretical and experimental studies.

Papers are submitted by the author editing. The authors are responsible for the accuracy of the information, the correctness of the facts, quotations and references.

For scientific and scientific-pedagogical staff, teachers of higher education institutions, graduate students and students.

**ISBN 978-966-697-840-3**

УДК 004.356.2:681.6-35

## ІСТОРИЯ РОЗВИТКУ 3D ПРИНТЕРІВ

Махрова Є.Г.

*Вищий державний навчальний заклад України*

*«Буковинський державний медичний університет», Чернівці, Україна*

[makhrova@gmail.com](mailto:makhrova@gmail.com)

**Анотація.** 3D друк, також відомий як адитивна технологія виготовлення, на даний час настільки ж широко розповсюджений, як і стільникова телефонна індустрія. 3D-принтери друкують об'єкти з цифрового шаблону тобто перетворюють його у 3-мірний фізичний об'єкт. Друк виконується пошарово (аддитивне виготовлення) з використанням пластику, металу, нейлону та понад ста інших матеріалів. 3D-друк виявився корисним у таких галузях, як виробництво, промисловий дизайн, ювелірні вироби, взуття, архітектура, інженерія та будівництво, автомобілебудування, аерокосмічна, стоматологічна та медична промисловість, освіта, географічні інформаційні системи, цивільне будівництво та багато інших. Це було визнано швидким та економічно ефективним рішенням у будь-якій галузі використання. Застосування 3D-друку постійно збільшується, і це виявляється дуже захоплюючою технологією, яка на даний час є надзвичайно актуальною. В даній статті ми розглянемо історію виникнення і розвитку 3D-друку.

**Ключові слова.** Принтер, 3D друк, «пристрій для стереолітографії»

Зараз тривимірний друк швидко набирає популярність і багатьом здається, що він зародився зовсім нещодавно. Насправді ж нещодавно народилася хіба що назва «3D принтер». Раніше дані пристрої називалися машинами 3D прототипування, а дана технологія старше багатьох її нинішніх шанувальників.

Ера друкуючих машин почалась у 1822 році, коли Чарльз Бєбідж винайшов машину для друку. Її практичність людство високо оцінило відразу, адже з її появою відкрилися нові можливості у будь-якій сфері, пов'язаній із відтворенням і збереженням інформації. Але машина мала дуже великі розміри і вагу у порівнянні з тими принтерами, до яких ми звикли, що було незручно у використанні та викликало певні труднощі. Надалі пристрої для друку удосконалювали ще декілька десятків років.

Принтер (англ. Printer, от print – друк) – це зовнішній периферійний пристрій комп'ютера, призначений для виведення текстової або графічної інформації, що зберігається в комп'ютері, на твердий фізичний носій, зазвичай папір або полімерну плівку, малими тиражами (від одиниць до сотень) без створення друкованої форми.

В 1985 році для комп'ютера Univac корпорацією Remington-Rand був створений перший в світі високошвидкісний принтер – за хвилину він міг надрукувати 600 рядків по 120 символів в кожному.

Поштовхом для створення 3D принтерів стала економічна ситуація в світі 1990 року, коли компанії виявили, що розробка форм лекал і прототипів для всіх нових моделей є дуже дорогою. Приблизно в той час і набувають популярності пристрої, які здатні з мінімумом витрат виготовляти фізичні трьохмірні моделі з програмним управлінням – так почалася історія розвитку 3D-друку [1].

Основоположником 3D-друку, батьком технології, який перевернув свідомість людства, є дослідник з Америки Чарльз Халл (Charles Hull). В 1984 році він винайшов нову технологію друкування та представив свій пристрій, який назвав «пристроєм для стереолітографії» (SLA) для друку 3D-об'єктів за даними цифрових моделей з композитних матеріалів, які фотополімеризуються (ФПК). Патент на технологію «стереолітографії» був отриманий у 1986 р. В цьому ж році Чарльз Халл заснував компанію 3D Systems і випустив перший комерційний прилад для тривимірного друку. В якості матеріалу використовувався фотополімер – це рідка речовина на основі акрилу. Під впливом променів УФ-лазера, матеріал моментально застигав і перетворювався в пластиковий об'єкт, приймаючи необхідну форму. Цей винахід зробив переворот в середовищі розробників, які могли створювати прототипи за менших витрат. [2].

У 1985 р. Михайло Фейген запропонував пошарово формувати об'ємні моделі з листового матеріалу: плівок, поліестеру, композитів, пластика, паперу тощо, скріплюючи між собою шари за допомогою розігрітого валика. Така технологія отримала назву «виробництво об'єктів ламінуванням» (LOM). Суть технології полягала у наступному: листи приклеювалися один до одного, а лазер вирізав контур.

У 1986 р. доктор Карл Декарт і доктор Джо Биман з Університету штату Техас розробили і запатентували метод селективного лазерного спікання (SLS). Все почалося з їхнього стартапу DTM, на якому було представлено дану технологію, де замість рідкого матеріалу, впливу лазера піддавався порошок. Порошок підігрівається в робочій камері до температури, близької до температури плавлення. Лазер проходить по горизонтальному шару

і після цього опускається рівно на висоту цього шару (як правило це 0,1-0,2 мм), маса порошка вирівнюється спеціальним пристроєм і наноситься новий шар.

У 1987 р. ізраїльською компанією Cubital була розроблена Технологія пошарового ущільнення (SGC). В 1988 р. компанія 3D Systems розробила модель SLA-250, яка була запущена в серійне виробництво для широкого кола користувачів.



Рис. 1. 3D-принтер моделі SLA-250

У 1988 р. Скотт Крамп винайшов абсолютно нову технологію 3D-друкування FDM (моделювання шляхом декомпозиції матеріалу, що плавиться), патентна яку датується тим самим роком. На даний час ця технологія вважається найбільш поширеною, вона використовується в більшості домашніх 3D-принтерів. Технологія полягає у тому, що з нагрітого сопла друкуючої головки подається матеріал (як правило пластик), друкуюча головка переміщається на лінійних направляючих по одній або двох осях, так само по одній або двох осях рухається платформа. Рух відбувається у повній відповідності до 3D-моделі. Розплавлений пластик

укладається на платформу за встановленим контуром, після чого головка або платформа переміщуються і поверх старого шару накладається новий шар.

Успіх був неймовірним, отже у 1989 р. Скотт Крамп став одним із засновників компанії Stratasys, яка стає одним з лідерів у виробництві промислових 3D-принтерів. Але єдиним суттєвим мінусом була їхня вартість. Так, один з перших 3D-принтерів Dimension від компанії Stratasys 1991 році коштував від 50 до 220 тисяч доларів США (в залежності від моделі і комплектації).

У 1993 р. була створена компанія Solidscapе, яка на даний час є однією з провідних виробників, а у 1995 році компанія Z Corporation отримала ексклюзивну ліцензію на використання технології друкування порошком.

Термін «3D-друк» був придуманий у 1995 р. в Массачусетському технологічному інституті. У 1996 році компанія 3D Systems представила пристрій швидкого прототипування Actua 2100, до якого було вперше застосовано назву «3D-принтер». А у 2005 році компанія Z Corporation випустила 3D-принтер Spectrum Z510, який став першим на ринку 3D-принтером з високою якістю кольорового друку.

Але в 2006 році все почало змінюватись. В цей період був заснований проект RepRap (з англ. Replicating Rapid Prototyper – самовідтворюючий механізм для швидкого виготовлення прототипів), який базувався на використанні самокопіюючого пристрою, яким був 3D-принтер, що працює за технологією FDM (пошарове наплавлення). При заснуванні проекту RepRap використовувалася ліцензія General Public Licence (GNL). Тільки на відміну від дорогих промислових апаратів він був схожий на виріб, зроблений з підручних засобів.

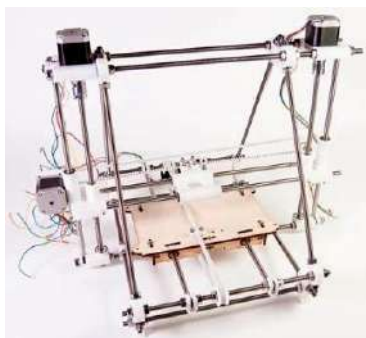


Рис. 2. 3D-принтер RepRap

Рама була зроблена з металевих валів, вони ж служили напрямляючими для друкуючої головки, якою управляли прості покрокові двигуни. Майже всі з'єднувальні деталі були надруковані з пластику на самому 3D-принтері. Ідея виготовлення такого простого пристрою народилася у колі англійських вчених, які мали на меті поширити та зробити доступними адитивні технології, щоб будь-хто з користувачів міг легко завантажити 3D-модель в інтернеті та створювати потрібні вироби, максимально скорочуючи таким чином виробничий ланцюжок. Таким чином у 2008 році вдалося зробити доступний «звичайній людині» 3D-принтер «який може виробляти сам себе» (на той момент він міг виготовляти близько 50% необхідних деталей), вартість якого становила приблизно 500 доларів.

Найкращим продуктом на даний час являється 3D принтер MakerBot Replicator компанії MakerBot. Ця модель була випущена в 2012 році і пізніше знята з виробництва, але й до сьогоднішнього часу є однією з найпопулярніших моделей [3].

У 2008 році компанія Objet Geometries Ltd розробила принтер Connex500, що друкував кількома різними матеріалами відразу. На даний час кількість матеріалів має більше 100 найменувань, так використовують акрил, бетон, гідрогель, папір, гіпс, дерев'яне волокно, лід, металевий порошок, нейлон, полікапролактон, полілактид, поліпропілен, поліетилен низького тиску і шоколад.

Неймовірним прикладом використання 3D-принтерів у машинобудуванні стало представлення у 2010 році компанією Urbee першого автомобіля, створеного за допомогою гігантських 3D-принтерів Dimension 3D Printers і Fortus 3D Production Systems.

В кінці XXI століття вчені Інституту регенеративної медицини, дійшли до висновку що на 3D принтері можна надрукувати людські тканини, заправивши їх живими клітинами, а у 2010 році медична компанія Organovo. Inc оголосила про створення технології друку



штучних кровоносних судин. З того часу почалась робота з розробки 3D-біопринтерів для вирощування людських органів. Такий прилад було

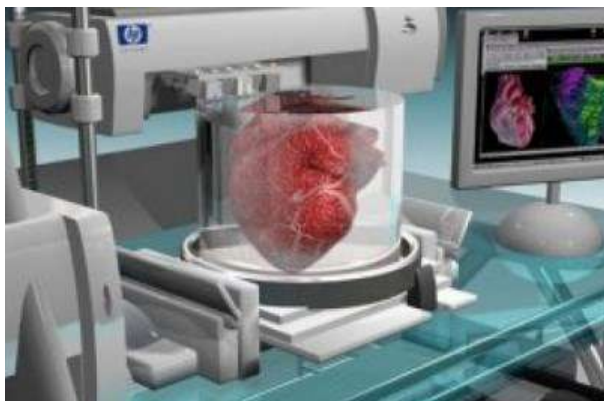


Рис. 3. 3D-біопринтерів для вирощування людських органів

представлено в вересні 2011 році на конференції нових технологій і дизайну. 3D-біопринтер працює як і звичайний принтер, але у якості матеріалу для друку він використовує стовбурові клітини людей або тварин. На даний час 3D-принтер може надрукувати шматочки таканин, хрящі, шкіру, міжхребцеві диски, повноцінні органи, може загоювати рани безпосередньо на пацієнті, для чого він сканує рану і заповнює її

відповідними клітинами.

Квінслендський технологічний університет, спільно з фахівцями з Metro North Hospital у 2016 році відкрили проект створення у Брізбені в Австралії «Інституту біофабрикації». На спеціальних 3D-принтерах планують роздруковувати необхідні пацієнтам тканини. Про це інформує видання The Sydney Morning Herald. Як повідомляється, інститут займатиме два поверхи в одній з будівель, розташованих у медичному кварталі Herston Health Precinct Брізбена. Спеціалісти з біодруку займатимуться клінічним скануванням пацієнтів, відбором їхніх тканин, які потім перетворять у друкований матеріал (що виключає відторгнення клітин організмом), а також проектуванням та друком тканин для імплантації, а у майбутньому – органів для пересадки. До того ж, у ньому буде проводитися навчання нових фахівців у галузі біодруку [4].



Рис. 4. 3D-біопринтерів для вирощування людських органів

У 2011 році під керівництвом Університетів Ексетера та Брюнеля і фірми Delcam дослідники створили перший 3D-принтер, що друкує шоколадом. Насправді, в даному випадку використовувалась технологія FDM, складність була тільки в розробці складу.

В цьому ж році інженерами Університету Саутгемптона (Великобританія) було створено перший літак, надрукований на 3D-принтері. Складність була скоріше у проектуванні цифрової моделі для друку, ніж у самій технології друкування. Літак прекрасно літав на досить великій швидкості, що підтверджувало цінність 3D-технологій.

У 2011 році Віденський Технологічний Університет представив найменший, легкий – 1,5 кілограма, і дешевий за собівартістю друку – близько 1200 євро, 3D-принтер, працюючий з використанням технології фотополімеризації світлочутливої смоли.

В цьому ж Університеті у 2012 році створили 3D-принтер, що друкує мікроскопічні об'єкти з роздільною здатністю до 100 нм та швидкістю 5 мм на секунду.

У 2014 році з'явилися перші 3D-принтери які могли друкувати декількома кольорами і матеріалами одночасно.

Такі 3D-принтери використовуються найчастіше для виготовлення складних за структурою об'єктів.

На сьогодні 3D принтер вже не картинка з якогось фантастичного фільму, а реальність, яка приносить велику користь людству. Невеликі 3D-принтери допомагають в побуті – вони можуть друкувати посуд, іграшки, меблі та прикраси. Великі промислові 3D-принтери друкують деталі автомобілів, літаків та інші великогабаритні об'єкти промисловості. Тому майбутнє науки і техніки вже не обійдеться без 3D-принтерів.



Рис. 5. Компактний 3D-принтер.

### Список використаних джерел

1. Акбутин Э. А., Доромейчук Т. Н. 3D-принтер: история создания машины будущего. Юный ученый. 2015. №1. С. 97-98.
2. Mawere, Cephas. The Impact and Application of 3D Printing Technology. International Journal of Science and Research (IJSR) 2014.
3. 3d принтеры в медицине, их настоящее и будущее. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://medicena.ru/blogpost/3d-printeryi-v-meditsine-ih-nastoyashhee-i-budushhee/>
4. Видання The Sydney Morning Herald. Режим доступу: <https://www.smh.com.au/national/queensland/biofabrication-institute-announced-for-herston-health-precinct-20161121-gstwux.html>