

**РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РОСТА КОЛИЧЕСТВА ВИДОВ
НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В СФЕРЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Березюк О. В., Козин Д. О.

Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украина

***Аннотация.** В статье рассмотрены исследования, связанные с влиянием наночастиц на организм человека. Описаны возможные пути проникновения данных частиц в организм человека. Проведен регрессионный анализ роста количества видов нанотехнологической продукции в сфере пищевых производств на рынке Украины.*

На сегодняшний день в сфере высокотехнологических направлений и информационных технологий отмечаются большие изменения. Данные изменения связывают с результатами научных исследований, направленных на создание материалов и устройств, размеры которых находятся в нанометровом диапазоне ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), что с успехом используются в сфере промышленных технологий и диагностического оборудования. Развитие нанотехнологий служит началом третьей научно-технической революции. В 60 странах мира существуют программы по развитию нанонауки и нанотехнологий [1].

Ныне наночастицы присутствуют во многих промышленных и продовольственных товарах, в частности в моющих средствах, лаках, поверхностях, катализаторах и автомобильных шинах, солнечных батареях и составляющих микроэлектроники, а также в продуктах питания. Без них уже нельзя представить себе и современной медицины. Промышленности их нужно все больше и больше. Наночастицы, находящиеся в сотнях приобретенных товаров, способны наносить ощутимый ущерб здоровью человека, поскольку способны проходить сквозь обычные защитные барьеры организма: желудочный, плацентарный, гематоэнцефалический. На сегодняшний день уже существует разработанная оценка влияния новых высокотехнологических материалов, предоставляющих огромное влияние на психосоматическое и функциональное состояние человека, а также окружающую природную среду.

Научными исследованиями было доказано, что наночастицы способны нанести огромный ущерб здоровью [5, 6]. Существуют четыре пути проникновения наночастиц в организм человека – через легкие, обонятельный эпителий, кожу и желудочно-кишечный тракт. Наиболее доступны для наночастиц легкие. Они состоят из двух разных частей – воздушных путей, транспортирующих воздух в легочную ткань, и составных легочной ткани альвеол, где происходит газообмен. Легкие человека содержат около 2300 км воздушных путей и 300 млн. альвеол. Общая поверхность легких взрослого человека 140 м^2 , что больше теннисного корта. Воздушные пути хорошо защищены от проникновения больших частиц благодаря активному эпителию и вязущему слизистому пласти на его поверхности. Но в газообменной области альвеол барьер между альвеолярной стенкой и капиллярами очень тонкий, всего 500 нм и легко проницаемый. Вещества, не имеющие опасности, становятся опасными для здоровья при диспергировании. Одним из примеров является «цинковая» лихорадка, образующаяся при сгорании цинка, после чего вдыхаются аэрозоли оксида цинка. После попадания наночастиц в организм, начинают развиваться разные заболевания. Как правило, у клетки и ткани нашего организма попадают частички размером меньше 20-30 нм, после чего происходит накопление наночастиц в ядре и цитоплазме клеток, дальше происходит нарушение защитных систем клеток. Как правило, наночастицы попадают в организм через дыхательные пути. Так, человеком ежедневно через свои легкие пропускается около 20 м^3 воздуха вместе с наночастицами, содержащимися в атмосферном воздухе [3]. Огромный вред здоровью происходит после вдыхания наночастиц углерода, по обыкновению образующихся при недостаточно полном сжигании дизельного или другого топлива в моторных двигателях, на электростанциях и, особенно, в процессе

курения [13-17]. Механизмы защиты легочной системы человека не могут полностью справиться с углеродной пылью, и она довольно легко и быстро поступает в легочную систему организма человека, а от туда нанометровые частицы углерода разносятся через кровяную систему по всему организму [7, 8]. Как вывести наночастицы из организма пока неизвестно, тем не менее, наночастицы могут проявиться после 40 и более лет [4].

Деструктивность наноматериалов для организма человека не заканчивается на острых респираторных патологиях легких. Выявлено канцерогенное действие широко используемых асбестовых волокон в строительных материалах, могущих спровоцировать злокачественные опухоли плевры и брюшины (силикоз). После вдыхания наночастиц оксида бериллия, происходит постепенное развитие заболевания легочно-бронхиальной системы, которое часто становится причиной смертельного результата.

Так химически инертный и безопасный полимер фторопласт, использующийся при изготовлении посуды, может стать причиной разных патологий и смерти организмов. Показано, что распыленный в атмосферном пласте в виде наночастиц полимер фторопласт (диаметром 26 нм) при концентрации (60 мкг/м^3) может вызвать смерть у крыс (вызывает закупорку в легких животных). Было доказано, что фторопластовая нанопыль токсичнее веществ нервно-паралитического действия [18].

Также угрозу для здоровья несет двуокись титана – краситель белого цвета, традиционно считающийся нетоксичным. В виде мелкой пудры он применяется при изготовлении многих кремов от загара, поскольку способен поглощать ультрафиолетовое излучение. Исследователи обнаружили, что наночастицы диоксида оказывают содействие образованию внутри клетки определенных химических веществ, защищающих ее при кратковременном выделении, однако при более продолжительном времени действия представляют для клетки серьезную опасность перерождения.

Детальная токсиколого-гигиеническая характеристика новых наноматериалов – это сложный процесс, на который нужны месяцы и эксперты, также дорогое оборудование и много лабораторных животных. В табл. 1 показано число видов продуктов нанотехнологической промышленности. В Центре Вилсона была создана база данных применения наночастиц и потребительских товаров. Там перечислены 1628 продуктов, и в 383 из них используются наночастицы серебра. Одним из наиболее распространенных элементов является титан – 179 позиций. Наночастицы можно найти повсюду, даже в предметах личной гигиены (зубной пасте, косметике, питательных кремах), а также в пищевых красителях, добавках и т.п. [2].

Таблица 1 – Динамика роста количества видов нанотехнологической продукции n в сфере пищевых производств на украинском рынке на 2009-2015 гг. [2].

Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
n	20	40	60	80	130	300	900

На основе данных табл. 1 планировалось получить математическую модель в виде парной регрессионной зависимости динамики роста количества видов нанотехнологической продукции в сфере пищевых производств на украинском рынке.

Определение коэффициентов уравнения регрессии осуществлялось методом наименьших квадратов с помощью разработанной компьютерной программы "RegAnaliz", защищенной свидетельством о регистрации авторского права на произведение [11] и детально описанной в работах [9, 10, 12].

Результаты регрессионного анализа приведены в табл. 2, где серым цветом обозначена ячейка с максимальным значением коэффициента корреляции R .

Итак, по результатам регрессионного анализа на основе данных табл. 1, как наиболее адекватную, окончательно принято такую регрессионную модель

$$n = 48,02 + 3,344 \cdot 10^{-4} (\tilde{A} - 2008)^{7,579}, \quad (1)$$

где $\tilde{A}$ – год.

Таблица 2 – Результаты регрессионного анализа

№	Вид регрессии	Коэффициент корреляции R	№	Вид регрессии	Коэффициент корреляции R
1	$y = a + bx$	0,79169	9	$y = ax^b$	0,91205
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,91248	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,64890
3	$y = a + b / x$	0,49282	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,64890
4	$y = x / (a + bx)$	0,87956	12	$y = a / (b + x)$	0,91248
5	$y = ab^x$	0,97778	13	$y = ax / (b + x)$	0,99195
6	$y = ae^{bx}$	0,97778	14	$y = ae^{b/x}$	0,79662
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,97778	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,79662
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,97640	16	$y = a + bx^n$	0,99853

На рис. 1 показана графическая зависимость динамики роста количества видов нанотехнологической продукции в сфере пищевых производств на украинском рынке, построенная с помощью регрессии (1), что подтверждает определенную раньше высокую точность полученной теоретической зависимости по сравнению с фактическими данными, полученными авторами работы [2].

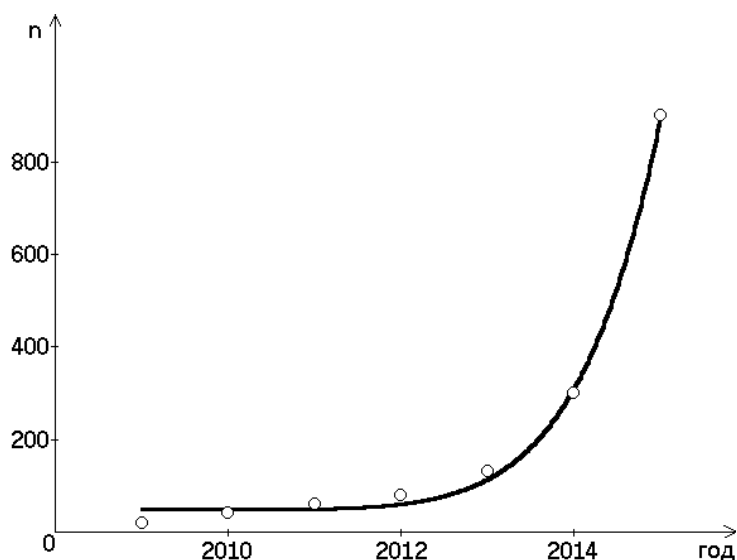


Рисунок – Динамика роста количества видов нанотехнологической продукции в сфере пищевых производств на украинском рынке: фактическая о, теоретическая —

Выводы

1. Широкое применение наноматериалов в мире может привести к непредвиденным последствиям. Приверженцы нанотехнологий обязаны доказать, что их товары или материалы безопасные, прежде чем вводить в общее пользование. Для начала нужно убедиться в их безопасности для человека и окружающей среды.

2. Определена регрессионная зависимость, описывающая динамику роста количества видов нанотехнологической продукции в сфере пищевых производств на украинском рынке.

Литература

1. Chaudhry Q. Food applications of nanotechnologies : An overview of opportunities and challenges for developing countries / Q. Chaudhry, L. Castle // Trends Food Sci Technol. – 2011. – Vol. 22. – P. 595-603.

2. Kittler S. Toxicity of Silver Nanoparticles Increases during Storage Because of Slow Dissolution under Release of Silver Ions / S. Kittler, C. Greulich, J. Diendorf, M. Koller, M. Eppe // Chem. Mater. – 2010. – Vol. 22 (16). – P. 4548-4554.

3. Petica A. Colloidal silver solutions with antimicrobial properties / A. Petica, S. Gavriliu, M. Lungu, N. Buruntea, C. Panzaru // *Materials science and engineering*. – 2008. – Vol. 152. – P. 22.
4. Raghupathi K. R. Size-Dependent Bacterial Growth Inhibition and Mechanism of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles / K. R. Raghupathi // *Langmuir*, 2011. – Vol. 27 (7). – P. 4020-4028.
5. Ramachandraiah K. Nanotechnology in Meat Processing and Packaging : Potential Applications – A Review / K. Ramachandraiah, Gu Ha Sung, Bok Chin Koo // *Asian Australas. J. Anim. Sci.* – 2015. – Vol. 28. – P. 290-302.
6. Senturk Ah. Nanotechnology As A Food Perspective / Ah. Senturk, B. Yalcin, S. Otles // *Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology*. – 2013. – Vol. 2:6.
7. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
8. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : практикум / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, І. В. Заюков, С. В. Королевська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 99 с.
9. Березюк О. В. Визначення однофакторних регресійних залежностей на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" / О. В. Березюк // *Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : Тези доповідей XXIII Міжнародної науково-практичної конференції, Ч. IV, 20-22 травня 2015 р.* – Харків, НТУ «ХПІ», 2015. – С. 208.
10. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" / О. В. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2014. – № 1. – С. 40-45.
11. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") // *Свідectvo про реєстрацію авторського права на твір № 49486*. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації : 03.06.2013.
12. Березюк О. В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz" / О. В. Березюк // *Автоматизированные технологии и производства*. – 2015. – № 2 (8). – С. 43-45.
13. Березюк О. В. Охорона праці в галузі радіотехніки : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 159 с.
14. Вегера М. І. Якість продуктів харчування як одне із важливих загальногуманітарних питань сьогодення / М. І. Вегера, Л. Л. Березюк // *Збірник матеріалів Всеукр. наук.-пошук. конф. студентів коледжів, загальноосвітніх шкіл I-III ст. "Юність, історія, наука, культура, економіка"*, 7 лютого 2018 р. – Вінниця : ВКІ, 2018. – С. 121-123.
15. Кобилянський О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник / О. В. Кобилянський, М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 188 с.
16. Лемешев М. С. Основи охорони праці для фахівців радіотехнічного профілю : навчальний посібник / М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 108 с.
17. Лемешев М. С., Березюк О. В. Основи охорони праці для фахівців менеджменту : навчальний посібник / М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 206 с.
18. Окара А. И. Нанотехнологии в производстве пищевых продуктов : состояние нормативной базы и проблемы / А. И. Окара // *Вестник ХГАЭП*. – 2011. – № 1 (52). – С. 79-85.

REGRESSIVE ANALYSIS OF GROWTH DYNAMICS OF NANOTECHNOLOGICAL PRODUCTS QUANTITIES IN THE FIELD OF FOOD PRODUCTION

Bereziuk O. V., Kozin D. O.

Key words: nanoparticles, nanomaterials, regressive analysis.

Abstract. The article deals with the researches, which are related to the influence of nanoparticles on the human body. Possible ways of penetration of these particles into the human body are described. Regression growth analysis of types number of nanotechnology products in the field of food production in the Ukrainian market is presented.