

Міністерство освіти і науки України



Харківський  
приватний ліцей «Ангстрем»  
Харківської області



МЕТА ANGSTREM 2026

**Міжпредметний  
проект**

**MetaAngstrem 2026:  
Рух**

Тези доповідей  
**V Міжнародної**  
науково-практичної учнівської  
інтернет-конференції

16.04.2026  
м. Харків, Україна





УДК 001.89:37+5+3(063)

### Організаційний комітет:

Дудінова А. В. – голова оргкомітету, директор Харківського приватного ліцею «Ангстрем» Харківської області;  
Білоус В. А. – співголова оргкомітету, керівник проєкту MetaAngstrem Харківського приватного ліцею «Ангстрем» Харківської області;  
Шум А. О. – співголова оргкомітету, д-р екон. наук, професор, професор кафедри обліку і фінансів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;  
Шейкіна Н. В. – заступник голови оргкомітету, канд. біол. наук, доцент, доцент закладу вищої освіти кафедри фундаментальних та суспільно-гуманітарних наук Національного фармацевтичного університету;  
Lublinsky S. – член оргкомітету, VP Israeli Operations at PTC (Ізраїль);  
Стороженко І. П. – член оргкомітету, д-р фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри фізики та вищої математики Державного біотехнологічного університету;  
Немченко К. Е. – член оргкомітету, д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;  
Сіренко П. О. – член оргкомітету, PhD, доцент, доцент Ризького Університету Страдіні (Латвія).

**Секретаріат організаційного комітету:** Ковальова Я. Ю., Продан О. О., Панкратова Я. І.

*Рекомендовано до оприлюднення Педагогічною радою Харківського приватного ліцею «Ангстрем» Харківської області (протокол № 10 від 20.04.2026 р.).*

Конференцію зареєстровано Державною науковою установою «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Посвідчення № 30 від 16.01.2026).

Міжпредметний проєкт MetaAngstrem 2026: Рух : матеріали V Міжнародної науково-практичної учнівської інтернет-конференції (16 квітня 2026 р., м. Харків). – Харків : Харківський приватний ліцей «Ангстрем» Харківської області, 2026. – 194 с.

Збірник містить матеріали V Міжнародної науково-практичної учнівської інтернет-конференції «Міжпредметний проєкт MetaAngstrem 2026: Рух», представлені за пріоритетними напрямками науково-дослідної роботи Харківського приватного ліцею «Ангстрем» Харківської області сумісно із залученням науково-педагогічних працівників Національного фармацевтичного університету, Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, Державного біотехнологічного університету, Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Ризького Університету Страдіні (Латвія) та VP Israeli Operations at PTC (Ізраїль). Матеріали охоплюють шість тематичних секцій, об'єднаних наскрізною ідеєю руху як фундаментальної властивості матерії, природи, суспільства і людської думки та відображають науково-дослідну роботу учнів.

*Відповідальність за зміст і достовірність публікацій несуть автори наукових доповідей. Точки зору авторів публікацій можуть не співпадати з точкою зору редакційної колегії збірника.*

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ №1. ВСЕ НАВКРУГИ РУХАЄТЬСЯ (АСТРОНОМІЯ, ФІЗИКА, МАТЕМАТИКА)</b> .....	7
<b>РУХ ЛІТОСФЕРНИХ ПЛИТ — СИЛА ПЕКЛА</b> Аль-Максуд М.-Н.М. ....	8
<b>ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЄ: РУХ ЯК ОСНОВА ХІМІЧНОЇ РІВНОВАГИ</b> Бабійчук І.О....	9
<b>РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ ТА ЗАГАДКА ХАББЛА</b> Бітна Н.О., Шейкіна Н.В. ....	13
<b>РУХ ЯК ЯКІСНА ЗМІНА НА ПРИКЛАДІ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ</b> Верюханов І.О.....	14
<b>ФЕНОМЕН ЗАКРУЧЕНОГО М'ЯЧА: ЕФЕКТ МАГНУСА В СПОРТІ</b> Височенко А.В. <sup>1</sup> , Білозерцев Н.В. <sup>1</sup> , Орищенко В.В. <sup>1</sup> , Ігор Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> .....	16
<b>ЗАГАДКОВА «ТЕЧІЯ» ЕЛЬ-НІНЬО</b> Дюкарева Є.Я. ....	20
<b>БАЛІСТИЧНА РАКЕТА</b> Євсюк П.Ю., Орищенко В.В., Гальперіна А.Р.....	21
<b>РУХ МАГНІТНИХ ПОЛЮСІВ</b> Єрмакова Т.О. ....	24
<b>ВСЕ НАВКРУГИ РУХАЄТЬСЯ</b> Канівець А.І., Шейкіна Н.В. ....	26
<b>КАТАЛІЗАТОРИ, ЗМІНА ШВИДКОСТІ РУХУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ</b> Караманов А.С.	28
<b>КУДИ РУХАЄТЬСЯ ВСЕСВІТ?</b> Комаха М.В. <sup>1</sup> , Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> .....	30
<b>РАКЕТА-ДРОН “ФЛАМІНГО” (УКРАЇНСЬКА РОЗРОБКА)</b> Ластовицький К. Г., Гальперіна А.Р., Орищенко В. В. ....	35
<b>ЩО БУДЕ, ЯКЩО ЗУПИНІТЬСЯ ГОЛЬФСТРІМ</b> Міськова В.В. ....	37
<b>РУХ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ВЛАСТИВІСТЬ МАТЕРІЇ</b> Паламарчук В.О. <sup>1</sup> , Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> .....	38
<b>БРОУНІВСЬКИЙ РУХ: НЕВИДИМИЙ ТАНЕЦЬ МОЛЕКУЛ</b> Перець А.О, Шейкіна Н.В. ....	40
<b>ХРОМАТОГРАФІЯ-МЕТОД ПОДІЛУ РЕЧОВИН</b> Поїнтнер Кароліна.....	47
<b>ЦУНАМІ - ЦЕ НЕ ПРОСТО ХВИЛЯ</b> Сафронова К.О. ....	49
<b>РЕАКТИВНИЙ РУХ: ВІД ТЕОРІЇ ДО ЗБРОЇ</b> Сікорський А.Є., Шейкіна Н.В. ....	51
<b>ЛЮДИНА СПОСТЕРІГАЄ ЗА ЗІРКАМИ: АСТРОАРХЕОЛОГІЯ</b> Шевченко-Щербина А.С. <sup>1</sup> , Шевченко-Щербина А.С. <sup>1</sup> , Артюх Є.Б. <sup>1</sup> , Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> .....	53
<b>ЛЮДИНА СПОСТЕРІГАЄ ЗА ЗІРКАМИ: СУЧАСНА АСТРОНОМІЯ</b> Шевченко-Щербина А.С. <sup>1</sup> , Шевченко-Щербина А.С. <sup>1</sup> , Артюх Є.П. <sup>1</sup> , Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> .....	56
<b>СЕКЦІЯ №2. ЖИТТЯ - ЦЕ РУХ (БІОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ, ХІМІЯ)</b> .....	59
<b>ВЕЛИКА ПОДОРОЖ ЛЮДСТВА: РОЗСЕЛЕННЯ НОМО SAPIENS</b> Андрухова А.В. ....	60
<b>МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ М'ЯЗОВОЇ СИСТЕМИ: ВІД МОЛЕКУЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ ДО МЕХАНІКИ РУХУ</b> Білодід М.Д. ....	61
<b>БІОМЕХАНІЧНІ АДАПТАЦІЇ ДО ШВИДКІСНОГО БІГУ У ТВАРИН</b> Васютін І.С. ....	62
<b>ФОТОТРОПІЗМИ ЯК РОСТОВІ РУХИ РОСЛИН</b> Глубоченко А.С. ....	63
<b>РУХ ВИЩИХ ГРИБІВ</b> Гузинін Д.С.....	65
<b>БІОМЕХАНІЧНІ АСПЕКТИ СТРИБКОВОГО РУХУ В ТВАРИННОМУ СВІТІ</b> Даниленко Т.Ю. ....	66
<b>ШВИДКІСТЬ ОСІДАННЯ ЕРИТРОЦИТІВ</b> Доброжанська М.О., Шейкіна Н.В.....	67
<b>ОСОБЛИВОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ МІГРАЦІЇ ПТАХІВ ЧЕРЕЗ ТЕРИТОРІЮ УКРАЇНИ</b> Єфімова К.Д.....	69



<b>ПРИШВИДЧУВАЧІ РЕАКЦІЇ – БІОКАТАЛІЗАТОРИ (ФЕРМЕНТИ)</b> Кірічек Ю. С. ....	70
<b>СТРАТЕГІЇ МІГРАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ АТЛАНТИЧНОГО ЛОСОСЯ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ВУГРЯ</b> Клімов Д.В. ....	72
<b>РОСТОВІ РУХИ РОСЛИН – НАСТІЇ І НУТАЦІЇ</b> Левандовський С.С. ....	74
<b>ОСОБЛИВОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ МІГРАЦІЇ МЕТЕЛИКІВ</b> Лисенко А.С. ....	75
<b>УТВОРЕННЯ МАКРОМОЛЕКУЛ ДНК, РНК – МАТРИЦІ ЖИТТЯ</b> Ніколенко Д.В. ....	76
<b>АДАПТАВНІ СТРАТЕГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ МІГРАЦІЇ ССАВЦІВ</b> Носуленко Ф.Є. ....	79
<b>ДЕРЕВО, ЩО ХОДИТЬ</b> Пироженко В.О. ....	80
<b>ТВАРИНИ, ЩО ЛІТАЮТЬ</b> Савельєв Т.С. ....	81
<b>БІОМЕХАНІКА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОВЧИХ АПАРАТІВ МІКСОТРОФНИХ РОСЛИН</b> Сиромятніков М.О. ....	82
<b>РУХ НИЖЧИХ ГРИБІВ</b> Автор: Сікорський А.Є. ....	84
<b>ТІ, ХТО ПОВЗАЄ: АНАЛІЗ БІОМЕХАНІЧНИХ ПРИНЦИПІВ ТА ЕВОЛЮЦІЙНИХ АДАПТАЦІЙ ТВАРИН ДО ЛОКОМОЦІЇ БЕЗ КІНЦІВОК</b> Автор: Сікорський Я.Є. ....	86
<b>АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІТАМІНУ С</b> Тарасевська Д.Є. <sup>1</sup> , Шейкіна Н.В. <sup>2</sup> .	89
<b>КОАГУЛЯЦІЯ КОЛОЇДНИХ СИСТЕМ. УЗАГАЛЬНЕННЯ</b> Шейкіна Н.В. ....	91
<b>ЕРИТРОЦИТИ ТА ГЕМОГЛОБІН: МЕХАНІЗМИ ТРАНСПОРТУ ГАЗІВ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ</b> Шейкіна Н.В. <sup>1</sup> , Берьозіна А. О. <sup>2</sup> ....	92
<b>СЕКЦІЯ №3 СОЦІАЛЬНІ РУХИ - ДЖЕРЕЛО СОЦІАЛЬНИХ ЗМІН (ІСТОРІЯ, ГЕОГРАФІЯ, ЗАХИСТ УКРАЇНИ)</b> ....	95
<b>ВЕЛИКИЙ ШОВКОВИЙ ШЛЯХ — ВІД ДАВНИНИ ДО СУЧАСНОСТІ</b> Березовський Т.О., Гринь І.В., Кочанова Н.В. ....	96
<b>ВЕЛИКЕ ПЕРЕСЕЛЕННЯ НАРОДІВ — ПЕРЕЛОМНИЙ ПЕРІОД В ІСТОРІЇ ЄВРОПИ</b> Білоблоцький М.Л. ....	97
<b>ДРАКОНИ У СВІТІ ГАРРІ ПОТТЕРА</b> Боровик С.М. ....	99
<b>ШЛЯХ «ІЗ ВАРЯГ У ГРЕКИ»</b> Демченко А.С., Гринь І.В., Кочанова Н.В. ....	100
<b>ПАЛОМНИЦТВО ДО ЄРУСАЛИМА</b> Жила І.А. ....	102
<b>THE MOTION OF PEOPLE IN HISTORY: MIGRATION AND TRAVEL VOCABULARY</b> Zuieva K. V. ....	105
<b>ПАЛОМНИЦТВО ДО КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ</b> Капуста І.М. ....	106
<b>МОРСЬКИЙ ШЛЯХ СПЕЦІЙ</b> Капуста М.М. ....	109
<b>ТРИКУТНА ТОРГІВЛЯ ЯК РАННЯ ФОРМА ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ</b> Кочанова Н.В. ....	111
<b>АВАРИ: НАРОД, ЯКИЙ ГРИМІВ НА ВСЮ ЄВРОПУ Й ЗНИК, ЛИШИВСЯ СЛІДИ В ЧУЖІЙ ПАМ'ЯТІ</b> Озирський Л.А. ....	113
<b>ТІНЕЙДЖЕРИ В ІСТОРІЇ ЯК СОЦІАЛЬНИЙ ФАКТОР СУСПІЛЬНИХ ЗМІН</b> Соколова К.С. ....	116
<b>БУРШТИН — "ЗОЛОТО ПІВНОЧИ"</b> Стаднік С.Ю. ....	117
<b>СЕКЦІЯ №4 РУХИ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ СВІТ (ІСТОРІЯ, ЛІТЕРАТУРА, МИСТЕЦТВО, СПОРТ)</b> ....	120

<b>КІНЕТИЧНІ СКУЛЬПТУРИ ЯК ФОРМА СУЧАСНОГО МИСТЕЦТВА РУХУ</b> Бабійчук І.О. ....	121
<b>НА ХВИЛЯХ УКРАЇНСЬКОГО ФЕМІНІЗМУ: ВІД ПЕРШИХ ІНІЦІАТИВ ДО СУЧАСНОГО САМОВИЗНАЧЕННЯ</b> Берикул А.С. ....	122
<b>ВЕЛИКЕ РОЗСЕЛЕННЯ СЛОВ'ЯН: ПЕРЕДУМОВИ, ОСНОВНІ НАПРЯМИ ТА НАСЛІДКИ МАСШТАБНОГО МІГРАЦІЙНОГО РУХУ V–VII ст.</b> Бувайло К.О. ....	125
<b>РУХ «BLACK POWER»</b> Бувайло М.О. ....	126
<b>XIII</b> Вербицька О.В. ....	127
<b>МОЛОДІЖНІ РУХИ 1950–1960-Х РОКІВ</b> Вербицька О.В. ....	129
<b>РУХ ОПОРОУ ПІД ЧАС ДРУГОЇ СВІТОВОЇ ВІЙНИ</b> Дегтярьова А.К. ....	130
<b>ГАНЗЕЙСЬКИЙ СОЮЗ</b> Дзядук Уляна ....	132
<b>РУХ АФРОАМЕРИКАНЦІВ ЗА ГРОМАДЯНСЬКІ ПРАВА У США</b> Дорофєєва М.В., Артюх Є.Б., Скубачевська Л.О. ....	134
<b>ЛУЇ АРМСТРОНГ - ТРУБАЧ І СПІВАК, ЧИЙ ГОЛОС СТАВ ЛЕГЕНДОЮ</b> Єрмакова Є. О. ....	136
<b>АНТИВОЄННІ РУХИ 1960-Х-МАСОВІ ПРОТЕСТИ ПРОТИ ВІЙНИ У В'ЄТНАМІ</b> Желиба П.Ю., Артюх Є.Б., Скубачевська Л.О. ....	137
<b>РУХ ЗА ГРОМАДЯНСЬКІ ПРАВА В США НА ПРИКЛАДІ ДІЯЛЬНОСТІ МАРТИНА ЛЮТЕРА КІНГА</b> Клімов Д.В. ....	138
<b>СУФРАЖИЗМ – РУХ ЗА РІВНІ ПРАВА</b> Комонов П.В., Артюх Є.Б., Скубачевська Л.О. ....	138
<b>АНІМАЦІЯ ЯК МИСТЕЦТВО ОЖИВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ</b> Кравченко К.Д. ....	139
<b>ЖИТТЯ — ЦЕ ПОДОРОЖ: КОНЦЕПЦІЯ РУХУ У ТВОРЧОСТІ ГРИГОРІЯ СКОВОРОДИ</b> Лєскова В. Д. ....	140
<b>BLACK LIVES MATTER: ГОЛОС ПРОТИ РАСИЗМУ</b> Логачова С.Т. ....	141
<b>КУЛАК ПРОТИ ДИСКРИМІНАЦІЇ - ЗМІНИВ УСЮ ІСТОРІЮ ОЛІМПІЙСЬКИХ ІГОР (ТОММІ СМІТ І ДЖОН КАРЛОС З ПІДНЯТИМИ КУЛАКАМИ НА ОЛІМПІАДІ 1968 РОКУ)</b> Насєдкіна В.В. ....	142
<b>ІСТОРІЯ МОНГОЛІВ ЯК СОЦІАЛЬНИЙ РУХ ТА ФАКТОР ГЛОБАЛЬНИХ ІСТОРИЧНИХ ЗМІН</b> Новіцький Ф.Ю. ....	143
<b>РУХ ЯК ОСНОВА ЖИТТЯ СКІФІВ: ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНИЙ АНАЛІЗ</b> Озарків М.П. ....	145
<b>РУХ ВІД НАРОДЖЕННЯ ДО ОСТАННЬОГО ПОДИХУ: УКРАЇНСЬКІ НАРОДНІ ОБРЯДИ В ПОВІСТІ ГРИГОРІЯ КВІТКИ-ОСНОВ'ЯНЕНКА «МАРУСЯ»</b> Озирський Л.А. ....	148
<b>ГАРЛЕМСЬКИЙ РЕНЕСАНС</b> Склим С. О. ....	150
<b>ААРОН ДУГЛАС – «ВІЗУАЛЬНИЙ ГОЛОС ГАРЛЕМСЬКОГО РЕНЕСАНСУ»</b> Струтинський І.О. ....	151
<b>КІНЕМАТОГРАФІЯ ЯК МИСТЕЦТВО РУХОМОГО ЗОБРАЖЕННЯ</b> Трошаніна В.О. ....	151
<b>БІТНИКИ</b> Харченко Є.О. ....	152
<b>ТАНЕЦЬ-МИСТЕЦТВО РУХУ</b> Шеметова В.П., Шейкіна Н.В., Орищенко В.В., Мазур І.В. ....	153
<b>СЕКЦІЯ №5 КУЛЬТУРА - ТВОРІННЯ РУХУ ЛЮДСЬКОЇ ДУМКИ Й УЯВИ (ЛІТЕРАТУРА)</b> ....	157



<b>THE LANGUAGE OF MOTION IN ENGLISH ROMANTIC POETRY</b> Volkova D.A. ....	158
<b>МОТОРНІ УКРАЇНСЬКІ ФРАЗЕОЛОГІЗМИ</b> Воробйова М. В. ....	159
<b>ЯКІ РУХИ ПІДВЛАДНІ ДРАКОНАМ? (ЗА ПОВІСТЮ КАТЕРИНИ ШТАНКО «ДРАКОНИ, ВПЕРЕД!»)</b> Маляренко Є.І. ....	162
<b>РУХ В УСІХ ЙОГО ПОЯВАХ У ПОВІСТІ І. Я. ФРАНКА “ЗАХАР БЕРКУТ”</b> Панасовська К. І. ....	165
<b>ПАЛОМНИЦТВО — ЧИ ЗАВЖДИ ЦЕ ШЛЯХ ДО БОГА? САТИРА НА ЦЕРКВУ В ПОВІСТІ ІВАНА НЕЧУЯ-ЛЕВИЦЬКОГО «КАЙДАШЕВА СІМ’Я»</b> Ульянов Є.Д. ....	167
<b>СЕКЦІЯ №6 НАУКА - РУШІЙ ПРОГРЕСУ (БІОЛОГІЯ, ХІМІЯ, ФІЗИКА, ІНФОРМАТИКА, АСТРОНОМІЯ)</b> .....	170
<b>АНОМАЛЬНА ПОВЕДІНКА ВОДИ ПРИ ЗАМЕРЗАННІ ЯК ОСНОВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ</b> Боровик С.М., Шейкіна Н.В. ....	171
<b>КІБЕРНЕТИКА</b> Боровик С.М. ....	173
<b>АХІЛЛЕС І ЧЕРЕПАХА</b> Бувайло М. О. ....	174
<b>БІОХІМІЯ</b> Вербицька О.В. ....	175
<b>РУХ ВІД АЛХІМІЇ ДО РОЗУМІННЯ ДИНАМІКИ МОЛЕКУЛЯРНИХ ПРОЦЕСІВ</b> Желем М. А., Яковлева Л. М., Зубкова М.К. ....	176
<b>КВАНТОВІ СТРИБКИ І ТУНЕЛЮВАННЯ — РУХ У СВІТІ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК</b> Комаха М.В. <sup>1</sup> , Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> ....	177
<b>ЕВОЛЮЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ФІЗИКИ: ВІД ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ДО КВАНТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b> Марєра Р. ....	179
<b>ТЕОРІЯ ХАОСУ ТА НАУКА ПРО СКЛАДНІ СИСТЕМИ</b> Ретунська Є.О. <sup>1</sup> , Стороженко І.П. <sup>1,2</sup> ....	181
<b>БІОФІЗИКА РУХУ: ВІД МОЛЕКУЛЯРНОГО ТРАНСПОРТУ ДО НЕЙРОДИНАМІКИ КОГНІТИВНИХ ПРОЦЕСІВ</b> Сікорський Я.Є., Шейкіна Н.В. ....	183
<b>АХІЛЛЕС І ЧЕРЕПАХА. ВІД ФІЛОСОФСЬКИХ ГОЛОВОЛОМОК ПРО РУХ ДО МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ</b> Чайкін Н.О. ....	186
<b>П’ЯТИРІЧНА ПОДОРОЖ ЧАРЛЬЗА ДАРВІНА НА КОРАБЛІ «БІГЛЬ» (1831-1836 рр.)</b> Шевченко-Щербина А.С., Шевченко-Щербина А.С. ....	187
<b>ВИНИКНЕННЯ НАУКИ ПРО РУХ: ВІД ЕМПІРИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ДО МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ</b> Шейкіна Н.В. ....	188
<b>ОБ’ЄДНАННЯ НАУК У ХХ СТОЛІТТІ ТА ВИНИКНЕННЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ НАПРЯМІВ</b> Шейкіна Н.В. ....	190
<b>БІОІНФОРМАТИКА ЯК МІЖДИСЦИПЛІНАРНА НАУКА ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ</b> Шейкіна Н.В. ....	192

МЕТА ANGSTREM

# СЕКЦІЯ №1

ВСЕ НАВКРУГИ РУХАЄТЬСЯ

астрономія, фізика, математика





## РУХ ЛІТОСФЕРНИХ ПЛИТ — СИЛА ПЕКЛА

Аль-Максуд М.-Н.М.

Науковий керівник: Гринь І.В., Яковлева Л.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

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

**Вступ.** Життя на Землі тісно пов'язане з постійним рухом природних процесів. Навіть тоді, коли поверхня планети здається нерухомою, у її надрах відбуваються потужні зміни. Одним із ключових процесів є рух літосферних плит, який визначає формування материків, океанів і сучасного рельєфу Землі.

**Мета дослідження.** Провести системний аналіз механізмів руху літосферних плит та оцінити наслідки їхньої взаємодії для формування архітектури сучасного рельєфу планети.

**Методи дослідження.** У роботі використано комплекс наукових методів.

Історико-генетичний метод, який дозволив простежити розвиток уявлень про будову Землі та еволюцію материків (зокрема теорію дрейфу материків).

Причинно-наслідковий, застосований для пояснення внутрішніх сил Землі та механізмів руху літосферних плит.

Метод регіонального аналізу, що передбачає вивчення конкретних геологічних об'єктів (гірські системи, рифтові зони, океанічні хребти) як приклад глобальних процесів.

Метод наукового прогнозування, який базується на використанні кількісних даних для передбачення майбутніх змін у літосфері (зокрема утворення нових океанів чи змін рельєфу).

**Матеріали дослідження.** Дослідження ґрунтується на теоретичних відомостях з географії, даних про рух літосферних плит, прикладах геологічних процесів, результатах сучасних спостережень (зокрема GPS-вимірюваннях, сейсмологічних дослідженнях, вивченні океанічного дна).

**Результати дослідження.** У роботі розкрито сутність теорії дрейфу материків та доведено, що сучасні материки утворилися внаслідок розпаду суперконтиненту Пангея. Визначено, що літосфера складається з окремих плит, які перебувають у постійному русі під дією внутрішніх сил Землі («сила пекла»).

Досліджено типи рухів літосфери: повільні (вікові) та швидкі (розривні). Більше уваги приділено дослідженню горизонтальних рухів літосферних плит. В роботі проаналізовані:

Дивергентні межі (розходження): відбувається спрединг — розсування плит і підняття магми, що утворює нову океанічну кору. Наслідки: Серединно-океанічні хребти (наприклад, Серединно-Атлантичний хребет) та континентальні рифти (Східно-Африканська рифтова зона, що в майбутньому може розколоти Африку).

Конвергентні межі (сходження): колізія — зіткнення двох материкових плит. Краї зминаються у складки, утворюючи гори (Гімалаї — результат зіткнення Індо-Австралійської та Євразійської плит). Субдукція: океанічна плита (тонша і щільніша) занурюється під материкову. Наслідки: утворення глибоководних жолобів (Маріанський), островних дуг (Японські острови) та окраїнних морів.

Трансформні межі (ковзання): Плити труться краями, рухаючись паралельно. Приклад: Розлом Сан-Андреас у Каліфорнії. Це зони надзвичайної сейсмічної активності.

Також встановлено, що рух літосферних плит впливає на сучасний вигляд планети та може призводити до майбутніх змін, зокрема розколу материків і формування нових океанів.

**Висновки.** Рух літосферних плит є фундаментальним процесом розвитку Землі, який визначає її геологічну будову та рельєф. Внутрішні сили планети забезпечують постійне переміщення плит, що призводить до утворення гір, океанів і зон підвищеної сейсмічної активності. Розуміння цих процесів має важливе практичне значення: воно дозволяє прогнозувати природні катастрофи, раціонально планувати будівництво та ефективно використовувати природні ресурси. Сучасні методи дослідження дають змогу не лише вивчати ці явища, а й передбачати майбутні зміни у розвитку нашої планети.

## ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЄ: РУХ ЯК ОСНОВА ХІМІЧНОЇ РІВНОВАГИ

Бабійчук І.О.

Керівник: Яковлева Л.М.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[irababijchuk08@gmail.com](mailto:irababijchuk08@gmail.com)

**Вступ.** У хімії багато процесів здаються нерухомими: розчин стоїть у колбі, реакція нібито завершилась, і система виглядає стабільною. Проте насправді у кожній рівноважній системі відбувається безперервний рух частинок і перетворень. Саме цей прихований рух лежить в основі принципу Ле Шательє — одного з фундаментальних законів хімічної рівноваги.

Принцип був сформульований французьким фізикохіміком Анрі Ле Шательє у ХІХ столітті. Він пояснює, як хімічна система реагує на зовнішні зміни: температуру, тиск або концентрацію речовин. Якщо ці умови порушують рівновагу, система починає «рухатися» в такому напрямку, щоб послабити цей вплив і відновити стабільність. Потрібно розуміти, що хімічна рівновага — це не стан нерухомості, а стан динамічного руху, у якому прями та зворотні реакції відбуваються одночасно.



**Мета дослідження.** Пояснити сутність принципу Ле Шательє як прояву динамічної рівноваги та дослідити вплив основних факторів (температури, тиску, концентрації) на зміщення хімічної рівноваги, а також показати його практичне значення.

**Матеріали та методи.** У роботі використано теоретичний аналіз наукових джерел з хімії, узагальнення відомостей про оборотні реакції та принцип Ле Шательє. Розглянуто приклади зміщення рівноваги під впливом температури, тиску та концентрації, а також проаналізовано практичне застосування принципу в промисловості та повсякденному житті.

### **Сутність принципу Ле Шательє.**

Принцип Ле Шательє можна сформулювати наступним чином: якщо на систему, що перебуває у стані хімічної рівноваги, подіяти зовнішнім фактором, то система змінює свій стан так, щоб зменшити дію цього фактора.

У цьому формулюванні ключовою ідеєю є рух рівноваги. Коли система зазнає змін, вона ніби «зміщується» — рухається у бік утворення або реагентів, або продуктів реакції. Це зміщення є способом відновлення стабільності.

Принцип Ле Шательє часто називають принципом рухомої рівноваги, адже рівновага в хімії не є статичною — вона постійно перебуває в русі.

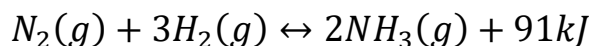
**Отримані результати.** Встановлено, що хімічна рівновага є динамічним станом, у якому прямі та зворотні реакції відбуваються одночасно. Принцип Ле Шательє описує здатність системи реагувати на зовнішні впливи, зміщуючи рівновагу для їх компенсації.

Досліджено вплив основних факторів:

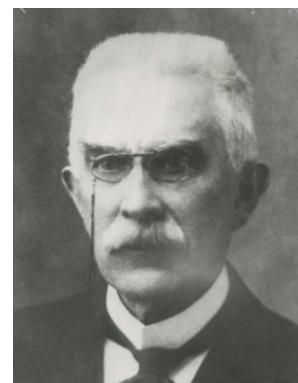
### **Рух рівноваги під впливом температури**

Температура є одним з найважливіших факторів, що викликає рух хімічної рівноваги. У кожній оборотній реакції один напрямок є екзотермічним (виділяє тепло), а інший - ендотермічним (поглинає тепло). Якщо температура підвищується, система «рухається» у напрямку реакції, що поглинає тепло, тобто ендотермічної, при зниженні температури, рівновага зміщується у бік екзотермічної реакції, що виділяє тепло.

Цей рух можна уявити як спробу системи компенсувати теплову зміну. Наприклад, у реакції синтезу амоніаку



пряма реакція є екзотермічною. Тому зниження температури сприяє руху рівноваги в бік утворення амоніаку, тоді як підвищення температури «штовхає» систему у зворотний напрямок — до утворення азоту та водню.

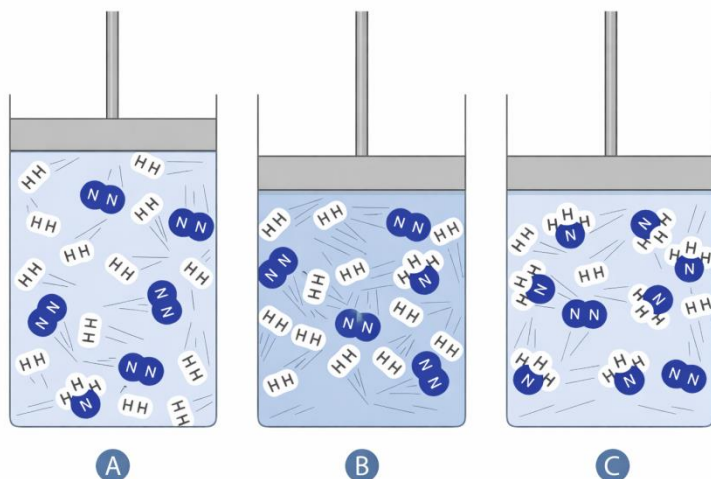


Малюнок 1. Анрі Ле Шательє

## Рух рівноваги під впливом тиску

Тиск впливає переважно на реакції, у яких беруть участь гази. Якщо змінюється тиск, система також починає «переміщуватися» у напрямку, що послаблює цю зміну.

При підвищенні тиску рівновага рухається у бік утворення меншого об'єму газів.  
При зниженні тиску - у бік утворення більшого об'єму газів.

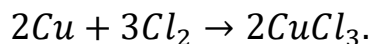


Малюнок 2. Вплив тиску на рівновагу. (А) знаходиться в рівновазі, (В) збільшення тиску через зменшення об'єму, (С) рівновага відновлюється.

Цей процес можна порівняти з реакцією натопу в тісному просторі: якщо простір стискається, система «перебудовується» так, щоб займати менше місця. Знову ж таки, у реакції синтезу амоніаку чотири молекули газів перетворюються на дві. Тому підвищення тиску спрямовує рух рівноваги до утворення амоніаку.

## Рух рівноваги під впливом концентрації

Ще одним фактором, що викликає зміщення рівноваги, є зміна концентрації речовин. Якщо збільшити концентрацію одного з реагентів, система починає «рухатися» у бік утворення продуктів, щоб зменшити надлишок цієї речовини. Якщо ж зростає концентрація продукту, рівновага зміщується у бік реагентів. Цей рух можна спостерігати навіть у розчинах. Наприклад, у водному розчині йонів міді та хлорид-іонів рівновага змінює напрямок залежно від кількості хлорид-іонів:



при їх додаванні система рухається до утворення комплексної сполуки, змінюючи навіть колір розчину.

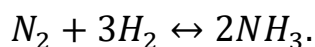
## Значення принципу Ле Шательє

Принцип Ле Шательє має велике практичне значення: він допомагає передбачити реакцію системи на зміну умов і керувати хімічними процесами в промисловості. Змінюючи температуру, тиск і концентрацію, можна змістити рівновагу в потрібний бік і підвищити вихід продуктів. Отже, цей принцип є «компасом» для хіміків.

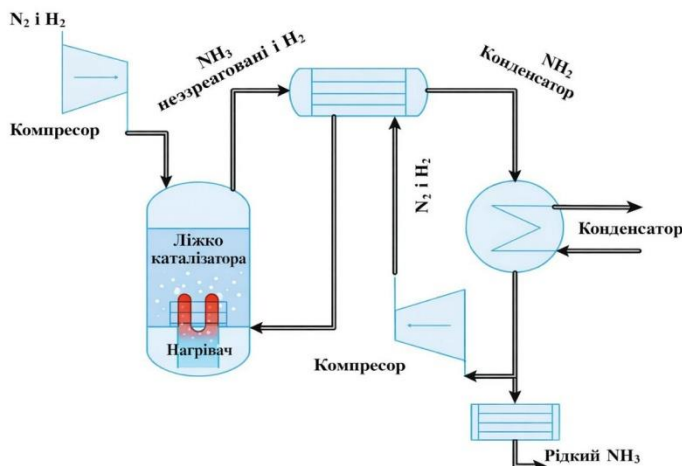
## Розглянуто практичні приклади

Приклади використання принципу Ле Шательє у виробництві.

**Виробництво амоніаку** (добрива для рослин). У природі азот є в повітрі, але рослини не можуть використовувати його безпосередньо. Тому на заводах виготовляють амоніак ( $NH_3$ ) - речовину, з якої роблять добрива. Для цього використовують реакцію:



У цій реакції азот з повітря реагує з воднем. Вона оборотна, тобто може йти в обидва боки. На заводі хіміки змінюють умови так, щоб реакція рухалася в бік утворення амоніаку: підвищують тиск, підтримують певну температуру, постійно відбирають готовий амоніак.



Малюнок 3. Схема промислового виробництва амоніаку.

речовин, коли умови їх «підштовхують».

**Газовані напої.** Цей приклад дуже простий і знайомий кожному. У газованих напоях розчинений вуглекислий газ ( $CO_2$ ). Він утримується в рідині завдяки високому тиску у пляшці. Коли пляшку відкривають: тиск зменшується рівновага порушується газ починає рухатися назовні. Саме тому ми бачимо бульбашки, що піднімаються вгору. Це теж прояв принципу Ле Шательє. Газ буквально «втікає» з напоєм, коли змінюються умови. У виробництві принцип Ле Шательє допомагає людям керувати рухом хімічних реакцій. Хіміки змінюють температуру, тиск або концентрацію речовин — і система починає рухатися так, щоб відновити рівновагу. Саме завдяки цьому принципу на заводах можна ефективно виробляти: добрива, кислоти, паливо, інші важливі речовини.

**Висновки.** Принцип Ле Шательє показує, що хімічна рівновага — це не застиглий стан, а постійний рух: система реагує на зміни температури, тиску й концентрації, зміщуючи рівновагу для відновлення стабільності. Отже, навіть у рівновазі матерія перебуває в безперервному русі. Показано, що принцип Ле Шательє дозволяє керувати хімічними процесами та підвищувати ефективність виробництва.

## РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ ТА ЗАГАДКА ХАББЛА

Бітна Н.О., Шейкіна Н.В.

Науковий керівник: Шейкіна Н.В.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

nadezhda.al.bi@gmail.com

**Вступ.** Всесвіт перебуває у стані безперервного розширення — простір між галактиками постійно збільшується. Питання про точну швидкість цього розширення залишається однією з ключових проблем сучасної астрофізики: різні методи вимірювань дають суперечливі результати, що породжує так зване «напруження Хаббла».

**Мета дослідження** – проаналізувати сучасні уявлення про розширення Всесвіту, фізичні механізми цього процесу, дослідити природу «напруження Хаббла» та розглянути можливі пояснення розбіжностей у вимірюваннях сталої Хаббла.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням сучасних наукових джерел, даних телескопів «Хаббл» та «Джеймс Вебб» (James Webb Space Telescope, JWST), результатів місії Planck, а також матеріалів проектів DASH (Drift And Shift) та Araucaria.

**Результати дослідження.** Загальноприйнята модель описує народження Всесвіту близько 13.8 мільярда років тому внаслідок Великого вибуху. В перші секунди утворилися елементарні частинки, через три хвилини — перші атомні ядра, а через 380000 років Всесвіт охолов достатньо, щоб стати прозорим для світла. Це первинне випромінювання сьогодні спостерігається як реліктове мікрохвильове випромінювання (РМВ).

Вирішальну роль у розумінні розширення Всесвіту відіграли відкриття Едвіна Хаббла (1889-1953). Він довів, що туманні плями на небі є окремими галактиками, і встановив, що вони віддаляються від нас — причому далекі швидше, ніж близькі. На основі цього спостереження була введена стала Хаббла. Проте сучасні вимірювання дають два суперечливих значення: телескоп «Хаббл» — близько 74 км/с на мегапарсек (Мпк), супутник Planck — близько 67 км/с на Мпк. Ця розбіжність ~9% отримала назву «напруження Хаббла». Телескоп JWST підтвердив результати телескопа «Хаббл», ще більше загостривши цю проблему. Для вимірювання космічних відстаней використовується «космічна драбина відстаней», ключовою ланкою якої є цефеїди — пульсуючі зірки із суворо визначеним зв'язком між періодом пульсації та яскравістю, що дозволяє застосовувати їх як стандартні свічки. Сучасні методи вимірювань, зокрема DASH та проект Araucaria, дозволили знизити похибку вимірювань до 1.9%. Серед гіпотез, що пояснюють «напруження Хаббла», розглядаються рання темна енергія, темне випромінювання та нестандартні властивості темної матерії.



Великий атрактор масою, що більше, ніж у 100000 разів перевищує масу Млечного Шляху, притягує Місцеву групу галактик зі швидкістю  $\sim 600$  км/с. Разом з  $\sim 100000$  галактик Млечний Шлях входить до надскупчення Ланіакея.

**Висновки.** Розширення Всесвіту є одним із фундаментальних процесів сучасної космології. Невирішена проблема «напруження Хаббла» свідчить про те, що наші знання про природу темної енергії та темної матерії ще далеко не повні. Подальші дослідження за допомогою сучасних телескопів можуть відкрити нові горизонти у розумінні будови та еволюції Всесвіту.

## РУХ ЯК ЯКІСНА ЗМІНА НА ПРИКЛАДІ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Верюханов І.О.

Науковий керівник: Яковлева Л.М.

Харківській приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

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

**Вступ.** Рух у Всесвіті - це не просто механічне переміщення, а будь-яка зміна взагалі. Це фундаментальний спосіб існування матерії: світ не «має» рух, він і «є» рух. Цікаві якісні зміни, коли старі властивості об'єкта зникають і виникають принципово нові. Хімічні реакції - найяскравіший і найнаочніший приклад такого руху в матеріальному світі.

**Мета дослідження.** Дослідити основні форми руху під час хімічних перетворень на різних рівнях структурної організації речовини.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням та опрацюванням інтернет-ресурсів, різноманітних джерел інформації та сучасних наукових методів.

**Результати дослідження.** В роботі розглянуто багато прикладів хімічних реакцій, аналізуючи які, отримали певні результати. Область хімічної форми руху матерії починається з атомного рівня, потім переходить до молекулярного, а потім до рівня полімерів (високомолекулярних сполук).

Хімічну форму руху матерії можна представити у вигляді ієрархії структурних рівнів у порядку зростання їх складності наступним чином:

елементарні частинки > атомні частинки > молекулярні частинки > асоціати.

1 рівень хімічної взаємодії. Субатомний рівень (Електронний) - це «фундамент» будь-якої реакції.

Що відбувається: Перерозподіл електронної густини, обмін електронами або їх усупільнення.

Результат: Виникнення хімічного зв'язку (ковалентного, іонного, металічного).

2 рівень хімічної взаємодії. Атомно-молекулярний рівень. Це рівень, на якому ми описуємо реакції за допомогою формул і рівнянь.

Що відбувається: Руйнування зв'язків у вихідних речовинах (реагентах) і перегрупування атомів для створення нових зв'язків.

Результат: Утворення нових молекул або кристалічних решіток. Тут діє закон збереження маси: атоми не зникають, а лише змінюють «партнерів».

3 рівень хімічної взаємодії. Надмолекулярний (Супрамолекулярний) рівень.

Вищий рівень порівняно з молекулярним, що включає комплекси макромолекул (білків, нуклеїнових кислот, ліпідів), об'єднаних нековалентними взаємодіями, утворюючи складні структури.

Що відбувається: Взаємодія вже готових молекул між собою без зміни їхньої внутрішньої структури. Використовуються слабкі сили (водневі зв'язки, сили Ван-дер-Ваальса).

Результат: Формування агрегатних станів речовини (рідкий, твердий), утворення міцел, білкових комплексів або подвійної спіралі ДНК. Прикладами є рибосоми, віруси, мембрани, що забезпечують функціонування клітини.

Якщо на перших двох рівнях створюється сама речовина, то на третьому (надмолекулярному) формуються її унікальні властивості у великому об'ємі.

Хімічні зв'язки, що виникають на рівні хімічної форми руху матерії, свідчать про складність хімічних взаємодій у конкретних молекулярних системах і про те, що участь у хімічних взаємодіях беруть не окремі електрони і ядра, а атоми і молекули.

Якісна зміна — суть хімічної форми руху. У хімії рух — це не переміщення молекул, а перебудова хімічних зв'язків, що веде до появи речовин з новими властивостями. Це перехід від кількісних змін (енергія, концентрація) до якісного стрибка.

Перетворення сутності (Кількість → Якість). У хімічній реакції рух атомів і перерозподіл електронів призводять до того, що вихідні речовини (реагенти) зникають, а замість них виникають нові (продукти). Це не просто суміш, а створення нової хімічної індивідуальності.

Енергетичне вираження зміни. Будь-яка якісна зміна супроводжується рухом енергії — її поглинанням (ендотермічні реакції) або виділенням (екзотермічні). Це свідчить про те, що система перейшла на новий енергетичний рівень.

Схема якісної зміни у хімії:

Стабільна система речовин → Порухування стану (нагрівання, іскра, змішування) → Перехідний стан (розрив старих зв'язків) → Утворення нових зв'язків → Нова стабільна система з іншими властивостями.

Універсальність: дана схема працює не лише в хімії. Аналогічно відбуваються якісні зміни в суспільстві (революції), в біології (еволюція), в знаннях (наукові відкриття).



**Висновки.** Хімічні реакції є наочним і можливим для експериментального вивчення зразком якісної зміни як форми руху. Суть цього руху - перетворення одних речовин на інші з радикально новим набором фізичних та хімічних властивостей.

## ФЕНОМЕН ЗАКРУЧЕНОГО М'ЯЧА: ЕФЕКТ МАГНУСА В СПОРТІ

Височенко А.В.<sup>1</sup>, Білозерцев Н.В.<sup>1</sup>,

Орищенко В.В.<sup>1</sup>, Ігор Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

email: iraboyaruna@gmailcom

**Вступ.** Рух м'яча в повітрі є складним фізичним процесом, який визначається не лише початковою швидкістю, а й характером взаємодії з навколишнім середовищем. У спортивних іграх з м'ячем, зокрема в тенісі, рух набуває особливої складності через надання м'ячу обертання. Закручений м'яч поводиться інакше, ніж м'яч без обертання: змінюється траєкторія польоту, швидкість падіння, висота та характер відскоку після контакту з поверхнею корту. Саме тому теніс є показовим прикладом того, як фізичні закони руху реалізуються в реальних динамічних умовах.

Теніс — це не лише сила удару та точність, а гра контролю, варіативності та прогнозування руху. Одним із найрезультативніших прийомів у тенісі є закручування м'яча при ударі. Воно реалізується за допомогою різних типів обертання: крученого, різаного та бокового, які відрізняються напрямком обертання м'яча. Кожен із цих типів змінює характер руху в повітрі та після відскоку, що дозволяє керувати траєкторією без прямої зміни напрямку удару.

Фізичною основою цього явища є ефект Магнуса — поперечна сила, яка виникає під час руху обертового тіла в повітряному потоці. Завдяки цьому ефекту м'яч з обертанням не летить по прямій, а відхиляється вниз, вгору або вбік залежно від напрямку обертання. Таким чином, аналіз руху закрученого м'яча дозволяє поєднати практичні спостереження з фундаментальними законами аеродинаміки.

**Мета дослідження** – аналіз фізичної природи ефекту Магнуса та пояснення особливостей руху закрученого м'яча в тенісі з точки зору аеродинаміки. Завданням роботи є розгляд основних типів обертання м'яча, встановлення причин викривлення траєкторії польоту та пояснення впливу швидкості, обертання і властивостей повітря на рух м'яча.

**Метод дослідження** – теоретичний аналіз фізичних закономірностей руху обертового тіла в повітрі, а також описові методи, засновані на спостереженнях за польотом і відскоком тенісного м'яча. Для пояснення механізму виникнення

поперечної сили застосовано положення аеродинаміки, зокрема рівняння Бернуллі, а також уявлення про прикордонний шар повітря навколо м'яча. Аналіз різних типів ударів проведено на основі їхнього впливу на траєкторію та відскок м'яча, що широко використовується в тенісній практиці.

**Результати дослідження.** У тенісі обертання характеризує спосіб, у який м'яч обертається під час руху в повітрі. Обертальний рух виникає внаслідок контакту м'яча з ракеткою і є одним із ключових чинників, що визначають траєкторію польоту, швидкість руху та характер відскоку м'яча. Застосування обертання дозволяє керувати рухом м'яча, підвищуючи ефективність ударів як в атакуючих, так і в захисних діях. Чим вищий рівень технічного володіння обертанням, тим стабільнішим і контрольованішим стає ігровий процес.

#### *Типи ударів з обертанням м'яча*

У тенісі розрізняють кілька основних типів обертання, кожен з яких по-різному впливає на рух м'яча.

1. Кручений удар (topspin). Кручений удар характеризується верхнім обертанням м'яча, за якого він обертається у напрямку свого польоту. У результаті такого обертання м'яч швидше опускається під час польоту та відскакує вище після контакту з поверхнею корту. Це робить кручений удар особливо ефективним для виконання агресивних дій, оскільки дозволяє поєднати високу швидкість польоту з утриманням м'яча в межах ігрового простору.

Технічно кручений удар виконується шляхом руху ракетки знизу вгору і вперед, при якому поверхня ракетки ніби «зачісує» м'яч. Унаслідок цього траєкторія польоту м'яча набуває вираженої дугоподібної форми: м'яч проходить над сіткою на більшій висоті та різко опускається наприкінці траєкторії. Статистичні спостереження свідчать, що підвищений рівень верхнього обертання може збільшити запас польоту м'яча над сіткою на 15–30 %, одночасно зменшуючи кількість невимушених помилок.

2. Різаний удар (backspin або slice). Різаний удар, або слайс, полягає у наданні м'ячу нижнього або нижньо-бічного обертання. Під час виконання такого удару м'яч обертається навколо горизонтальної осі у напрямку, протилежному напрямку його руху. Цей тип обертання суттєво змінює характер руху м'яча, уповільнюючи його політ і зменшуючи висоту відскоку.

Різаний удар вважається складним для прийому, оскільки поєднання зворотного обертання та низького відскоку ускладнює контроль м'яча для суперника. Такий рух особливо ефективний у захисних ситуаціях, а також під час виконання укорочених ударів. Для створення зворотного обертання ракетка рухається зверху вперед і вниз, торкаючись нижньої частини м'яча. Аналітичні дані свідчать, що добре виконані різані удари можуть знижувати здатність суперника перехопити ініціативу в розіграші на 20–40 %.



Отже, різаний удар у тенісі є специфічним прийомом, який дозволяє цілеспрямовано змінювати траєкторію руху м'яча та зменшувати його поступальну швидкість.

Порівняння крученого та різаного ударів демонструє суттєві відмінності як у техніці виконання, так і в характері відскоку. Після крученого удару м'яч відскакує вище та продовжує рух уперед з більшою вертикальною складовою. Після різаного удару відскок є значно нижчим, а рух м'яча після контакту з кортом помітно уповільнюється. Плоский удар у даному аналізі не розглядається, оскільки він виконується без надання м'ячу обертання.

3. Бокове обертання. Бокове обертання, або сайдспін, змушує м'яч відхилятися ліворуч або праворуч під час польоту. Такий рух ускладнює прогнозування траєкторії та кінцевого положення м'яча для суперника. Бокове обертання часто застосовується під час подачі або у тактичних розіграшах з метою використання слабшої сторони опонента. Для його створення удар наноситься зі зміщенням відносно центру м'яча. Дослідження професійних матчів показують, що застосування сайдспіну під час подачі підвищує ймовірність ейсів або помилок суперника приблизно на 18 %.

Розуміння механіки кожного типу обертання та їхнього впливу на рух м'яча дозволяє істотно підвищити ефективність гри. Розвиток техніки обертання не лише підсилює атаквальні можливості, але й забезпечує кращий контроль у захисних діях. Дослідження свідчать, що використання верхнього обертання може підвищити точність ударів до 40 %, тоді як ефективне застосування бокового обертання створює тактичну перевагу за рахунок непередбачуваності траєкторії. Узагальнені аналітичні дані показують, що гравці, які систематично використовують різні типи обертання, здатні підвищити загальну результативність гри до 25 %.

#### *Вплив поверхні корту на обертання тенісного м'яча*

Тип поверхні корту суттєво впливає на характер обертання та подальший рух тенісного м'яча. На ґрунтових кортах м'яча та шорстка поверхня підсилює тертя, що сприяє кращому зчепленню м'яча з поверхнею і підсилює ефект обертання, особливо верхнього обертання та різаного удару. Трав'яні корти, навпаки, мають гладку поверхню, що зменшує тертя і призводить до нижчих відскоків та слабшого прояву обертання. Тверді корти займають проміжне положення, забезпечуючи відносно стабільний баланс між швидкістю та обертанням м'яча. Усі ці особливості зумовлюють необхідність адаптації стилю гри залежно від умов поверхні. У тенісі обертання означає те, як м'яч обертається під час руху в повітрі. Обертання виникає внаслідок контакту м'яча з ракеткою та значно впливає на вигин траєкторії, швидкість польоту і характер відскоку. Чим вищий

рівень контролю обертання, тим ефективніше гравець може керувати рухом м'яча як в атаці, так і в захисті.

### *Фізичні основи ефекту*

Ефект Магнуса вперше був описаний німецьким фізиком Генріх Густав Магнус у XIX столітті. Суть ефекту полягає в тому, що обертове тіло, яке рухається в повітрі, зазнає дії поперечної сили.

Фізичне пояснення цього явища ґрунтується на рівнянні Бернуллі для потоку ідеальної рідини або газу:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{const},$$

де  $p$  — тиск,  $\rho$  — густина повітря,  $v$  — швидкість потоку.

Коли м'яч обертається, з одного боку його поверхні швидкість повітряного потоку збільшується, а з іншого — зменшується. Згідно з рівнянням Бернуллі, у зоні більшої швидкості тиск зменшується, а у зоні меншої швидкості — збільшується. У результаті виникає різниця тиску, яка створює силу, спрямовану від області високого тиску до області низького.

Саме ця сила і є силою Магнуса. Вона діє перпендикулярно до напрямку руху м'яча і змушує його відхилитися від прямолінійної траєкторії. При верхньому обертанні сила спрямована вниз, тому м'яч швидше падає. При зворотному обертанні сила частково спрямована вгору, що уповільнює падіння. При боковому обертанні сила діє вбік, викривляючи траєкторію в горизонтальній площині.

Таким чином, кручений м'яч не летить по прямій через асиметрію швидкостей повітряного потоку навколо нього та пов'язану з цим різницю тиску. Рух м'яча стає результатом взаємодії поступального руху, обертання та властивостей повітряного середовища

**Висновки.** Закручування м'яча є ефективним способом керування його рухом у повітрі. Використання різних типів обертання дозволяє змінювати траєкторію польоту та характер відскоку без прямої зміни напрямку удару. Фізичною основою цього явища є ефект Магнуса, який пояснюється законами аеродинаміки та рівнянням Бернуллі. Аналіз руху закрученого м'яча на прикладі тенісу демонструє, як фундаментальні фізичні закони проявляються у складних динамічних процесах реального руху.



## ЗАГАДКОВА «ТЕЧІЯ» ЕЛЬ-НІНЬО

Дюкарева Є.Я.

Науковий керівник: Гринь І.В.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[yeva.diukarievaxii@gmail.com](mailto:yeva.diukarievaxii@gmail.com)

**Вступ.** Клімат Землі формується під впливом складної взаємодії атмосфери та Світового океану. Одним із наймасштабніших природних процесів у цій системі є явище Ель-Ніньо — аномальне потепління поверхневих вод у центральній та східній частинах Тихого океану. Це явище може спричиняти значні зміни у кліматичній системі планети, викликаючи сильні опади, повені, посухи та інші погодні аномалії у різних регіонах світу. Окрім атмосферних змін, Ель-Ніньо впливає на морські екосистеми та біологічні ресурси океану. Актуальність дослідження полягає у необхідності вивчення механізмів виникнення цього явища та вдосконалення методів його прогнозування за допомогою сучасних технологій спостереження.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є вивчення механізму виникнення явища Ель-Ніньо, аналіз сучасних методів його моніторингу та оцінка впливу цього процесу на кліматичні умови Землі та океанічні екосистеми.

**Матеріали та методи.** Під час дослідження було використано аналіз наукових і навчальних джерел, матеріалів міжнародних наукових організацій та відкритих інформаційних ресурсів. Для вивчення явища Ель-Ніньо було розглянуто сучасні методи моніторингу океану та атмосфери.

**Результати дослідження.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що Ель-Ніньо виникає внаслідок змін у взаємодії атмосфери та океану, зокрема через послаблення пасатів — стійких східних вітрів над Тихим океаном.

Ослаблення пасатів призводить до зміни циркуляції океанічних вод. Теплі поверхневі води переміщуються на схід, до узбережжя Південної Америки, що блокує підйом холодних глибинних вод (апвелінг). У результаті температура води може підвищуватися на 1–3 °С вище норми. Циркуляція повітря над тропічною частиною Тихого океану реагує на цей величезний перерозподіл океанічного тепла. Типові сильні системи високого тиску східної частини Тихого океану слабшають, тим самим змінюючи баланс атмосферного тиску у східній, центральній та західній частинах Тихого океану. У той час як східні вітри, як правило, сухі та стабільні, тихоокеанські західні вітри, як правило, приходять поривами теплішого та вологішого повітря. Через величезні розміри Тихоокеанського басейну, який охоплює третину планети, ці зміни вітру та вологості передаються по всьому світу, порушуючи циркуляцію, таку як струменеві течії (сильні вітри верхніх шарів). Явище Ель-Ніньо впливає на

глобальні кліматичні процеси, викликаючи погодні аномалії у різних регіонах планети та змінюючи стан морських екосистем. У деяких регіонах виникають інтенсивні опади та повені, тоді як в інших — тривалі посухи. Крім того, Ель-Ніньо суттєво впливає на морські екосистеми. Через зменшення кількості поживних речовин у поверхневих водах знижується чисельність фітопланктону, що порушує харчові ланцюги океану та впливає на популяції риб.

Сучасні системи моніторингу, зокрема супутникові технології та мережі океанічних буїв, дозволяють своєчасно виявляти розвиток цього явища та прогнозувати його можливі наслідки. Серед них важливу роль відіграють океанічні буї системи ТАО/TRITON, які вимірюють температуру води на різних глибинах, швидкість вітру та інші параметри океанічного середовища.

Також використовуються супутникові технології спостереження, зокрема супутникова альтиметрія, що дозволяє визначати зміни рівня поверхні океану. Отримані дані обробляються за допомогою комп'ютерних кліматичних моделей, які допомагають прогнозувати розвиток явища на декілька місяців уперед.

**Висновки.** Ель-Ніньо є складним кліматичним явищем, що виникає внаслідок порушення взаємодії атмосфери та океану в екваторіальній частині Тихого океану. Подальше вивчення процесів взаємодії океану та атмосфери сприятиме більш точному прогнозуванню кліматичних змін на планеті. Це дасть можливість урядам країн світу скорегувати планування в чутливих до клімату секторах таких, як сільське господарство, охорона здоров'я, боротьба зі стихійними лихами, управління водними ресурсами та гідроенергетика.

## БАЛІСТИЧНА РАКЕТА

Євсюк П.Ю., Орищенко В.В., Гальперіна А.Р.

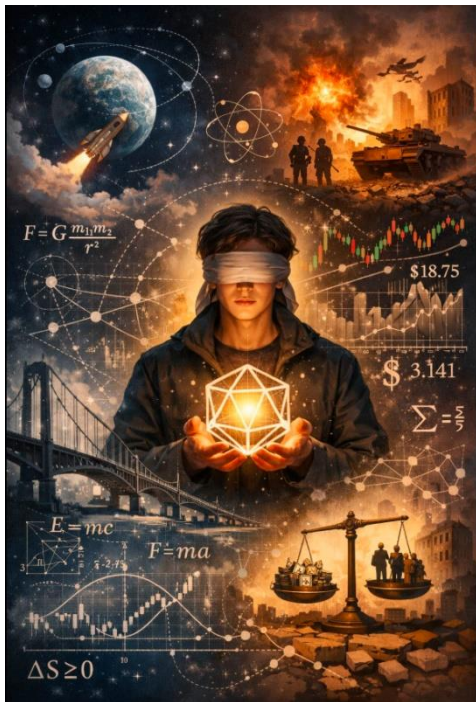
Наукові керівники: Орищенко В.В., Гальперіна А.Р.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

evsuk.pavel.12@gmail.com

**Вступ.** Тема балістичних ракет становить значний інтерес з погляду фізики та математики, оскільки поєднує фундаментальні закони механіки, математичний аналіз та методи моделювання руху тіл. Вивчення балістичного руху дозволяє наочно застосувати другий закон Ньютона, закони збереження та диференціальні рівняння для опису складних фізичних процесів.

У рамках цього проєкту балістична ракета сприймається як ідеалізована фізична система, рух якої аналізується переважно з теоретичного боку. Основна увага приділяється опису траєкторії польоту, діючим силам та математичним моделям, що використовуються для аналізу руху на різних етапах.



**Мета проєкту.** З'ясувати, яким чином методи математики допомагають описувати та прогнозувати рух ракети у полі тяжіння, а також продемонструвати взаємозв'язок між фізичними законами та їх математичною формалізацією. Показати як за допомогою фізичних законів та

математичних рівнянь можна описати рух балістичної ракети. Розглянути основні етапи руху ракети; визначити сили, які діють ракету; вивчити математичний опис траєкторії; показати значення математичного моделювання у фізиці.

**Матеріали, методи та результати дослідження.** Балістична ракета як об'єкт вивчення. Класифікація балістичних ракет може діляться у сфері застосування на міжконтинентальні, стратегічні та тактичні; часто їх ділять за дальністю радіусу дії: малої дальності - до 1000 кілометрів, середньої дальності – від 1000 до 5500 кілометрів, міжконтинентальні - 5500 кілометрів і більше. Також ракети можна розділити за типом палива, що використовується: твердопаливні прискорювачі (згоряють неконтрольовано, виділяючи величезну кількість енергії, а керувати ракетною, доки працює такий двигун, не можна); прискорювачі на рідкому паливі (можна керувати, включаючи і вимикаючи двигун); комбіновані варіанти прискорювачів; прямоточний повітряно-реактивний двигун (система працює завдяки створенню тиску повітря під час руху ракети на великій швидкості).

Балістична ракета - це керований снаряд, який більшу частину своєї траєкторії рухається за балістичним принципом, тобто літають по дузі, причому їх двигуни працюють тільки на початку старту, після завершення активної ділянки руху ракети визначається переважно силою тяжіння.

Розбір етапів руху ракети. З погляду фізики рух балістичної ракети можна умовно поділити на три етапи: активна ділянка - рух з дією сили тяги; балістична (пасивна) ділянка - рух без тяги; заключна ділянка - рух в атмосфері з помітним опором повітря.

Сили та моменти, які діють на ракету у польоті. На балістичну ракету діють такі основні сили: сила тяжіння, спрямована до центру Землі; сила опору повітря, що залежить від швидкості та щільності атмосфери. Також на ракету в польоті діють – аеродинамічні сили та сили від органів управління. Дія кожної сили обумовлена низкою факторів і змінюється в міру переміщення ракети за траєкторією. У найпростіших моделях опір повітря не враховується, що дозволяє отримати аналітичне розв'язання задачі. Але при польоті ракети у повітрі створюються аеродинамічні сили, зумовлені взаємодією зовнішньої поверхні ракети з повітрям. Ці сили, розподілені по всій поверхні планера ракети. Головна складність у визначенні аеродинамічних сил і моментів полягає у визначенні аеродинамічних коефіцієнтів, які складно залежать від форми ракети та її кінематичних параметрів руху.



Оснoву балістики становить математичне моделювання руху, що використовує методи фізики, геометрії, диференціальних рівнянь та чисельних обчислень. Застосування математичного моделювання при проєктуванні здебільшого дозволяє відмовитися від фізичного моделювання, значно скоротивши обсяги випробувань. На різних етапах та стадіях проєктування

складної технічної систем використовують різні математичні моделі. Математичні моделі можуть являти собою системи диференціальних рівнянь, системи рівнянь алгебри, прості алгебраїчні вирази, бінарні відносини, матриці і так далі. Рівняння математичної моделі пов'язують фізичні величини.

У балістиці опір повітря суттєво впливає на траєкторію.

Сила опору зазвичай моделюється як:  $F_d = kv^2$  де  $k$ -коефіцієнт опору, що залежить від форми тіла, щільності повітря і так далі.

Тоді рух описується системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dv_x}{dt} = -kvv_x, \quad \frac{dv_y}{dt} = -g - kvv_y, \quad \text{а також:} \quad \frac{dx}{dt} = v_x \frac{dy}{dt} = v_y$$

Ці рівняння не мають простого аналітичного розв'язку, тому використовуються чисельні методи: метод Ейлера; метод Рунге-Кутти; моделювання в Matlab або Python.

Щоб спростити розрахунки, вводять балістичний коефіцієнт (BC):  $BC = \frac{m}{C_d A}$



де:  $m$  — маса тіла,  $C_d$  — коефіцієнт аеродинамічного опору,  $A$  — площа поперечного перерізу. Чим вищий балістичний коефіцієнт, тим менше гальмування. ВС застосовується для визначення: відстані до об'єкта; траєкторії; кута входу в перешкоду.

**Висновки.** Під час написання проєкту було розглянуто балістичну ракету як об'єкт математичного та фізичного аналізу. Було показано, що її рух може бути описаний за допомогою законів класичної механіки та системи математичних рівнянь.

Аналіз балістичного руху наочно демонструє взаємозв'язок фізики та математики, а також важливість моделювання щодо складних процесів. Отримані теоретичні знання мають навчальну цінність і можуть бути використані для подальшого вивчення механіки та прикладних дисциплін.

## РУХ МАГНІТНИХ ПОЛЮСІВ

Єрмакова Т.О.

Науковий керівник: Гринь І.В

Херсонська загальноосвітня школа N 36 I-III ступенів Херсонської міської ради

[ermakovatata20142022@gmail.com](mailto:ermakovatata20142022@gmail.com)

**Вступ.** Магнітне поле Землі є важливою фізичною характеристикою нашої планети, яка відіграє значну роль у її існуванні. Воно являє собою невидиме силове поле, що оточує Землю і захищає її від впливу космічного випромінювання та сонячного вітру.

Однією з основних особливостей магнітного поля є наявність магнітних полюсів — північного і південного, які визначають напрямки магнітних силових ліній. На відміну від географічних полюсів, магнітні полюси не є постійними і можуть змінювати своє положення з часом.

Рух магнітних полюсів є складним природним явищем, що пов'язане з процесами, які відбуваються у внутрішніх шарах Землі. Дослідження цього явища дозволяє краще зрозуміти будову нашої планети, особливості її магнітного поля та його вплив на навколишнє середовище і діяльність людини.

**Мета дослідження.** Метою даної роботи є детальне вивчення магнітного поля Землі, причин руху магнітних полюсів, особливостей цього процесу, а також визначення його значення для природи і людини.

Також важливо зрозуміти, як вчені досліджують ці процеси і чому їх спостереження є необхідними в сучасному світі.

**Матеріали і методи.** Для виконання цієї роботи було використано теоретичні методи дослідження. Основою стали матеріали з підручників фізики, науково-популярні статті та інформація з перевірених інтернет-джерел.

Було проведено аналіз і порівняння різних джерел, що дозволило отримати більш повне уявлення про магнітне поле Землі та його зміни.

Також застосовано метод узагальнення, завдяки якому інформацію вдалося систематизувати та подати у зрозумілій формі. Окремо було розглянуто результати сучасних досліджень, отриманих за допомогою супутників та спеціальних наукових приладів.

**Результати дослідження.** У процесі дослідження було з'ясовано, що магнітне поле Землі утворюється завдяки руху розплавлених металів у її зовнішньому ядрі. Основними елементами є залізо та нікель, які перебувають у рідкому стані та постійно переміщуються. Через це виникають електричні струми, які створюють магнітне поле. Цей процес називається геодинамо.

Магнітне поле має форму, подібну до поля звичайного магніту, але значно складнішу. Воно не є рівномірним і постійно змінюється. Саме тому магнітні полюси не мають фіксованого положення.

Було встановлено, що магнітні полюси поступово переміщуються по поверхні Землі. Наприклад, північний магнітний полюс раніше знаходився на території Канади, але зараз він швидко рухається у напрямку Росії. Швидкість його руху зростає з кількох кілометрів на рік до кількох десятків кілометрів.

Причиною такого руху є зміни в потоках розплавленого металу в ядрі Землі. Ці процеси дуже складні і залежать від температури, тиску та внутрішніх рухів планети.

Також було з'ясовано, що в історії Землі неодноразово відбувалися інверсії магнітного поля. Це означає, що магнітні полюси повністю мінялися місцями. Такі зміни відбуваються дуже повільно і можуть тривати тисячі років. Під час інверсії магнітне поле слабшає, але повністю не зникає.

Рух магнітних полюсів має важливе практичне значення. Він впливає на точність компасів, тому карти магнітного поля потрібно регулярно оновлювати. Це особливо важливо для авіації та морського транспорту.

Крім того, магнітне поле захищає Землю від сонячного вітру — потоку заряджених частинок, які можуть пошкоджувати техніку та впливати на атмосферу. Без цього захисту життя на планеті було б під загрозою.

Сучасні дослідження проводяться за допомогою супутників, які вимірюють зміни магнітного поля з високою точністю. Отримані дані використовуються для створення моделей, які допомагають прогнозувати майбутні зміни.

Також встановлено, що зміни магнітного поля можуть впливати на тварин, які орієнтуються за допомогою магнітного поля, наприклад, птахів або морських черепах.

**Висновки.** Отже, у результаті проведеного дослідження можна зробити висновок, що магнітні полюси Землі є динамічними і постійно змінюють своє



положення. Це пов'язано з процесами, які відбуваються у внутрішніх шарах планети, зокрема в її ядрі.

Магнітне поле виконує важливу захисну функцію, оберігаючи Землю від шкідливого впливу космічного випромінювання. Його зміни можуть впливати як на природні процеси, так і на діяльність людини.

Було встановлено, що рух магнітних полюсів є природним явищем, яке відбувається постійно, а іноді призводить до глобальних змін, таких як інверсія поля.

Таким чином, вивчення цього явища є дуже важливим, адже воно допомагає краще зрозуміти будову Землі, передбачити можливі зміни та підготуватися до їх наслідків.

## **ВСЕ НАВКРУГИ РУХАЄТЬСЯ**

Канівець А.І., Шейкіна Н.В.

Науковий керівник: Шейкіна Н.В.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

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

**Вступ.** У Всесвіті практично всі об'єкти перебувають у русі. Супутники обертаються навколо планет, планети - навколо зірок, зорі - навколо центрів галактик. Виникає питання: чи рухаються самі галактики, і якщо так, то куди і яким чином?

Наша галактика - Чумацький Шлях - належить до спіральних галактик із центральним потовщенням (балджем) та диском, у якому зосереджені зорі, газ і пил. Більшість зірок у диску розташовані в спіральних рукавах. Сонячна система знаходиться на відстані приблизно 26 000 світлових років від центру галактики й здійснює оберт навколо нього зі швидкістю близько 220 км/с. Повний оберт триває приблизно 225-250 мільйонів років - цей період називають галактичним роком.

Чумацький Шлях входить до складу скупчення галактик, відомого як Місцева група. Окрім нього, до цієї групи належать галактика Андромеди, спіральна галактика Трикутник, а також низка карликових галактик, зокрема Велика та Мала Магелланові Хмари.

**Мета дослідження.** Метою цієї роботи є аналіз особливостей обертання Чумацького Шляху, та визначення чинників, що впливають на його динаміку. А також характеристика руху галактики у міжгалактичному просторі в межах Місцевої групи та за її межами.

**Матеріали і методи.** Це дослідження базується на аналізі наукових астрономічних спостережень, теоретичних моделей руху галактик та

узагальненні сучасних даних про швидкість руху зірок, галактик і великих космічних структур.

Було використано порівняльний аналіз швидкостей обертання зірок у галактичному диску, дані про гравітаційний вплив надмасивної чорної діри в центрі галактики, а також інформацію про рух Місцевої групи в напрямку Великого атрактора.

**Отримані результати.** Ми дізналися про формування та механізми обертання нашої галактики, а також, про її рух у міжгалактичному просторі.

Обертання Чумацького Шляху бере початок ще на етапі його формування. Первинна гігантська газопилова хмара, з якої утворилася галактика, мала початковий кутовий момент. У центральній частині галактики розташована надмасивна чорна діра Стрілець А, маса якої становить значну частину маси центрального регіону.

Дослідження показують, що швидкість обертання галактики могла змінюватися внаслідок гравітаційної взаємодії та злиття з іншими галактиками або масивними об'єктами. Під час стискання до центру, швидкість її обертання зростає - аналогічно до того, як фігурист прискорює оберт, притискаючи руки до тіла.

Чорна діра відіграє важливу роль у формуванні структури галактики, створюючи майже плоску криву обертання. Спостереження свідчать, що швидкість руху зір змінюється з відстанню від центру не так, як очікувалося б за класичними законами гравітації. Усі зорі, незалежно від їхнього розташування, обертаються навколо галактичного центру з приблизно подібними орбітальними швидкостями. Змінюється лише їхня кутова швидкість обертання навколо осі.

Чумацький Шлях рухається у космічному просторі зі швидкістю близько 600 км/с. Разом із галактикою Андромеди він прямує до центру Місцевої групи. Швидкість зближення Чумацького Шляху та Андромеди становить приблизно 110 км/с. За сучасними оцінками, через 4-5 мільярдів років ці галактики можуть злитися, утворивши нову еліптичну галактику, яку умовно називають «Мілкомеда».

Крім того, Місцева група загалом рухається у напрямку Великого атрактора - гравітаційної аномалії, розташованої в сузір'ї Центавра на відстані близько 250 мільйонів світлових років. Маса цієї структури оцінюється приблизно у 10 000 разів більшою за масу Чумацького Шляху. Потужне гравітаційне поле Великого атрактора впливає не лише на нашу галактику, а й на інші галактики поблизу, формуючи масштабний потік речовини у його напрямку.

**Висновки.** Таким чином, рух є фундаментальною властивістю Всесвіту на всіх масштабах - від планетних систем до гігантських галактичних структур. Чумацький Шлях обертається навколо свого центру, взаємодіє з іншими



галактиками та рухається у складі Місцевої групи в напрямку Великого атрактора.

Навіть якщо цей рух не відчувається безпосередньо, за короткий проміжок часу галактика долає сотні кілометрів у космічному просторі. Динаміка Всесвіту свідчить про те, що рух є невід’ємною умовою існування та еволюції космічних структур.

## КАТАЛІЗАТОРИ, ЗМІНА ШВИДКОСТІ РУХУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Караманов А.С.

Науковий керівник: Яковлева Л.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

topclasskharkov@gmail.com

**Вступ.** Хімічні реакції відбуваються постійно навколо нас: у природі, в промисловості і навіть у нашому організмі. Під час будь-якої реакції частинки речовин, атоми, молекули або іони, перебувають у русі. Вони стикаються між собою, змінюють зв’язки і утворюють нові речовини. Однак швидкість такого руху і взаємодії може бути дуже різною. Деякі реакції відбуваються миттєво, наприклад вибух або горіння. Інші можуть тривати дуже довго — іноді роками. Наприклад, корозія металів або розкладання деяких речовин відбувається дуже повільно.

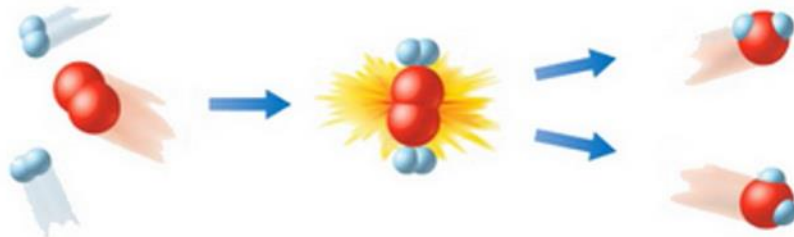
**Мета дослідження.** Провести аналіз принципів роботи каталізаторів. Дослідити практичне застосування у різних сферах наукових досліджень та промисловості.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням та опрацюванням інтернет-ресурсів, різноманітних джерел інформації.

**Результати дослідження.** Що таке швидкість хімічної реакції. Швидкість хімічної реакції показує, як швидко вихідні речовини перетворюються на продукти реакції. Для того щоб реакція відбулася, молекули повинні рухатися і стикатися між собою. Якщо рух частинок інтенсивніший, зіткнення відбуваються частіше, і реакція проходить швидше.

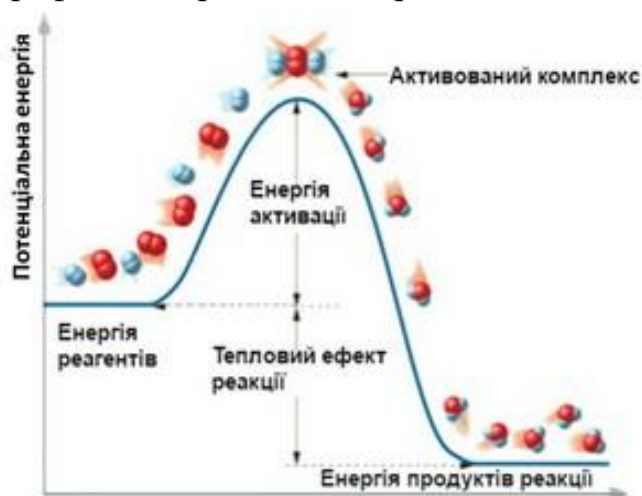
На швидкість реакції впливають різні фактори: температура, концентрація речовин, площа поверхні, а також наявність каталізатора. Для того, щоб молекули прореагували між собою, вони повинні спочатку зіткнутися. Причому зіткнення повинно бути досить енергійним. Енергія, що запасена в молекулах, повинна перевищувати певну величину – інакше вони просто відштовхуються одна від одної, не вступаючи в реакцію. Якби всі частинки, що стикаються реагували б одна з одною, реакція була б подібна до вибуху! Але частина зіткнень не призводить до утворення нових речовин. Якщо ж енергія зіткнення достатня,

утворюється продукт реакції. Перетворення проходить через перехідний стан, який уявляє собою частинку, що відрізняється за своєю будовою (кутами, довжинами зв'язків) від частинок початкових і кінцевих речовин: старі хімічні зв'язки вже майже зруйнувалися, а нові, характерні для продуктів реакції, ще не встигли цілком сформуватися. Такі частинки мають високу енергію. Подібний стан в хімічній реакції називається активованим комплексом, який являє собою щось “середнє” між реагентами і продуктами реакції. Коливання атомів або груп в активованому комплексі призводить до його розпаду і утворенню продуктів реакції).



Вихідні речовини → активований комплекс → продукти реакції

Візуальне уявлення про енергетичні зміни, що відбуваються з речовинами, дає графічне зображення енергетики хімічної реакції.



Енергію, що потрібна для досягнення системою активованого комплексу, який перетворюється в продукти реакції вже мимовільно, називається енергією активації. Енергія активації обумовлена енергетичним бар'єром, який слід подолати молекулам, що стикаються, перш ніж відбудеться перерозподіл зв'язків. Цей бар'єр обумовлений електростатичним відштовхуванням електронних оболонок молекул, які реагують. Чим вища енергія активації, тим важче «змусити йти» цю реакцію, тим менша швидкість реакції. Ефективним способом впливу на швидкість перебігу реакцій є використання каталізаторів. Каталізатори — це речовини, що прискорюють хімічні реакції шляхом зниження енергії активації, не витрачаючись при цьому. Вони змінюють кінетичний шлях взаємодії,



полегшуючи рух молекул реагентів до проміжного стану, що збільшує кількість ефективних зіткнень та загальну швидкість реакції.

Зниження енергії активації: Каталізатор пропонує альтернативний, "легший" шлях реакції. Молекулам потрібно менше кінетичної енергії для подолання бар'єра реакції.

У живих організмах роль каталізаторів виконують ферменти. Це особливі білкові молекули, які прискорюють біохімічні реакції. Завдяки ферментам у нашому організмі відбувається травлення, синтез речовин і отримання енергії.

**Висновки.** Каталізатори використовують практично в усіх сферах, де потрібно прискорити хімічні реакції або зробити їх безпечнішими. Більше 90% хімічних процесів використовують каталізатори. Хімічні процеси застосовуються в різних галузях промисловості, хімічних синтезах високомолекулярних сполук, харчовій та фармацевтичній галузях виробництва. Застосування каталізаторів у водневій енергетиці дозволяє повністю відмовитися від викопного палива (нафти, газу), що зупиняє викиди та припиняє нагрівання планети. Отже, каталіз - це не просто прискорення реакцій, а спосіб керування хімічними процесами, який робить їх енергетично вигідними та вибірковими.

## КУДИ РУХАЄТЬСЯ ВСЕСВІТ?

Комаха М.В.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

explorejapan341@gmail.com

**Вступ.** Всесвіт не є статичною системою. Сучасні наукові дослідження показують, що він постійно змінюється: простір розширюється, галактики віддаляються одна від одної, а структура матерії поступово еволюціонує. Питання про те, куди рухається Всесвіт і як змінюється його стан у часі, є одним із найважливіших у сучасній астрофізиці та космології.

**Мета дослідження** – проаналізувати сучасні уявлення про розвиток Всесвіту, зрозуміти причини його розширення та розглянути можливі сценарії майбутнього космосу.

**Результати дослідження.** Сучасна космологія вважає, що Всесвіт виник приблизно 13,8 мільярда років тому внаслідок Великого вибуху — надзвичайно потужної події, після якої простір почав розширюватися. Спочатку гравітація частково уповільнювала це розширення. Однак вчені з'ясували, що приблизно 5 мільярдів років тому воно знову почало прискорюватися. Світло від далеких галактик зміщується у «червону» частину спектра. Спектр — це розподіл світла або іншого випромінювання за довжинами хвиль (або кольорами). Він показує,

які хвилі входять до складу випромінювання. За спектром можна визначити склад речовини, температуру та рух об'єкта. Спектр характеризується довжиною хвилі, частотою та інтенсивністю випромінювання. Це явище називають червоним зміщенням, і воно виникає через віддалення галактик одне від одного: коли простір розтягується, разом із ним розтягуються і світлові хвилі. Саме завдяки цьому ефекту американський астроном Едвін Габбл відкрив важливу закономірність: чим далі від нас знаходиться галактика, тим швидше вона віддаляється. Цю залежність назвали законом Габбла.

### ***Космічний мікрохвильовий фон***

Космічний мікрохвильовий фон — це слабе теплове випромінювання, яке заповнює весь Всесвіт і приходить до нас з усіх напрямків. Його відкрили у 1965 році американські радіоастрономи Арно Пензіас і Роберт Вілсон. Це випромінювання є «залишковим світлом» раннього Всесвіту і вважається одним із найважливіших доказів теорії Великого вибуху.

Космічний мікрохвильовий фон виник приблизно через 380 тисяч років після Великого вибуху. У той час температура Всесвіту знизилася настільки, що електрони та протони змогли об'єднатися в атоми водню. Після цього світло перестало постійно розсіюватися на заряджених частинках і змогло вільно поширюватися простором. Саме це випромінювання, сильно охолоджене через розширення Всесвіту, ми спостерігаємо сьогодні у вигляді мікрохвиль.

Сучасні вимірювання показують, що температура космічного мікрохвильового фону становить приблизно 2,7 Кельвіна (тобто лише трохи вище абсолютного нуля). Він майже однаковий у всіх напрямках, але має дуже невеликі коливання температури. Ці мікроскопічні нерівномірності відображають початкові флуктуації (невеликі відхилення від середнього значення) густини речовини в ранньому Всесвіті. З часом саме з цих малих коливань сформувалися галактики, зоряні системи та великомасштабна структура космосу.

### ***Склад Всесвіту***

Найпоширеніше пояснення цього явища пов'язане з так званою темною енергією — невидимою формою енергії, яка, згідно зі стандартною моделлю космології  $\Lambda$ CDM (яку ми зараз й розглядаємо), заповнює весь простір і спричиняє прискорене віддалення галактик одна від одної. За сучасними оцінками, темна енергія становить приблизно 68% усієї енергії Всесвіту, ще близько 27% припадає на темну матерію, а звичайна речовина — зірки, планети, газ — складає лише близько 5%.

Темна матерія - це невидима субстанція, що не випромінює і не відбиває світло, але сильніше за все взаємодіє гравітаційно. Вона дійсно діє як «космічний клей», який утримує галактики разом. Наприклад, спостереження знаменитого скупчення галактик «Куля» показали, що гарячий газ (звичайна матерія) та темна



матерія розташовані окремо. На комбінованому зображенні (використано телескоп Чандра) темна матерія позначена синім кольором, а газ – рожевим. Оскільки блакитні ділянки (темна матерія) не збігаються з місцями звичайних галактик, це свідчить про її незалежне існування. Ми «бачимо» темну матерію через її гравітаційне лінзування та вплив на рух видимих об'єктів. Темна енергія, навпаки, відповідає за прискорене розширення: вона є «пушкою» простору, що відштовхує галактики одна від одної. Обидва компоненти не взаємодіють з електромагнітним випромінюванням, тому ми можемо отримати інформацію про них лише через гравітаційні ефекти.

### ***Еволюція Всесвіту***

Те, яким чином змінюється Всесвіт і яка його доля в майбутньому, значною мірою залежить від таких чинників, як ентропія і стріла часу.

Ентропія — це міра безладу або непорядкованості в системі. Чим більший безлад і хаотичніше розташовані частинки, тим більша ентропія. Другий закон термодинаміки стверджує, що у замкненій системі ентропія (міра хаосу) не зменшується з часом. Якщо Всесвіт розглядати як загальну майже ізольовану систему, його ентропія буде постійно зростати.

З Другого закону термодинаміки витікає ідея “стріли часу” - ідея про те, що час має певний напрямок: від минулого до майбутнього. Ми помічаємо цей напрямок тому, що з часом у світі зростає безлад (ентропія): наприклад, розбита склянка не збирається сама назад. Тому процеси в природі відбуваються лише в одному напрямку — вперед у часі.

### ***Можливі сценарії майбутнього***

Прискорений зріст масштабу Всесвіту може призвести до кількох можливих сценаріїв його майбутнього. Найімовірнішим вважається «Велике замерзання» або теплова смерть Всесвіту. У цьому випадку Всесвіт продовжуватиме розширюватися, а речовина й енергія поступово розподілятимуться дедалі рівномірніше. Температура космосу буде знижуватися, запаси газу для утворення нових зірок вичерпаються, а самі зірки з часом згаснуть. Ентропія системи зростатиме, доки не досягне максимального значення. У такому стані у Всесвіті не залишиться різниці температур або інших джерел енергії, тому жодні складні процеси — зокрема життя — більше не зможуть існувати.

Інший, більш екзотичний варіант розвитку подій називають «Великим розривом». Він можливий, якщо темна енергія має надзвичайно сильний від'ємний тиск (так звана «фантомна енергія»). У такому випадку прискорення збільшення Всесвіту буде постійно зростати. Теоретично це може призвести до того, що через десятки мільярдів років розширення стане настільки сильним, що почне руйнувати гравітаційно зв'язані системи. Спочатку розпадуться галактики,

потім зоряні системи, далі — планети, а в самому кінці можуть розірватися навіть атоми.

### *Доля баріонної матерії*

Баріонна матерія — це звичайна речовина, з якої складаються зірки, планети, газ, пил і живі істоти. Вона утворена частинками, що називаються баріонами — насамперед протонами і нейтронами, які входять до складу атомних ядер. На відміну від темної матерії, баріонна матерія випромінює або поглинає світло, тому її можна безпосередньо спостерігати.

Матерія, з якої складаються атоми, теж може не бути вічною. Деякі теорії великого об'єднання передбачають розпад протона за надзвичайно довгий час (нижня оцінка – більше  $10^{33}$ – $10^{34}$  років). Якщо протони справді нестабільні, то з часом усі атоми розчиняться у випромінюванні. Зорі горітимуть ще трильйони років, але після цього залишаться лише залишки (білі карлики, нейтронні зорі тощо), які зрештою теж зникнуть. У кінцевому підсумку залишаться лише чорні діри, і навіть вони поступово випаруються через випромінювання Гокінга. Випромінювання Гокінга — це теоретичне явище, за якого чорні діри можуть дуже повільно випромінювати енергію і втрачати масу. Це відбувається через квантові процеси поблизу горизонту подій: там можуть виникати пари частинок, і одна з них іноді «втікає» з області чорної діри. У результаті чорна діра поступово зменшується і з часом може повністю випаруватися. Таким чином, у майбутньому матерія перетвориться на рівномірно розподілене випромінювання, і весь Всесвіт перейде у стан термодинамічної рівноваги з максимальною ентропією.

### *Життя в Усесвіті*

Чому фізичні константи і закони Всесвіту такі, що дозволяють нам існувати? Це пов'язано з концепцією антропного принципу та «тонкого налаштування». Вважається, що якщо б, наприклад, гравітаційна стала або заряд електрона були дещо (на кілька відсотків) іншими, то зорі взагалі б не могли горіти, а хімічні елементи з утворенням життя не виникли. Як приклад: якщо сила ядерного синтезу збільшилась би на всього 2%, усі протони одразу б з'єднувалися попарно, утворюючи нестійкі ядра з двох протонів, і водень дуже швидко витрачався б, що порушило б нормальну роботу зірок. Загалом, формально антропний принцип стверджує: ми спостерігаємо такі закони фізики, які необхідні для існування нас самих. Вирішенням може бути мультивсесвіт – гіпотеза існування безлічі всесвітів із різними законами. Тоді те, що ми опинилися саме в тому, де параметри «під нас» – це наслідок статистики: життя виникло лише у сприятливих умовах (інші всесвіти просто не дають нам ставити такі питання).



## *Парадокс Фермі*

Інше цікаве питання – доля життя у Всесвіті. За оцінками, у Чумацькому Шляху сотні мільярдів зірок, багато з них мають «землеподібні» планети в умовах, сприятливих для появи життя. Більшість таких систем навіть старші за Землю на мільярди років, тож у них життя мало б з'явитися значно раніше. Але ми не бачимо жодних ознак розумних інопланетян – жодних сигналів чи артефактів. Це й є парадокс Фермі: «де всі?». Одне з пояснень – гіпотеза Великого фільтра. Можливо, що на шляху від найпростіших форм життя до технологічної цивілізації є якась надзвичайно малоймовірна стадія, яку майже жоден розвиток не проходить успішно. Наприклад, на нашій Землі розвинений інтелект з'явився лише раз за весь час життя, причому лише після  $\approx 4$  млрд років еволюції. Це натякає, що саме поява високого рівня інтелекту – дуже рідкісний крок. Якщо ж ми справді є одними з небагатьох або навіть єдиними технологічними цивілізаціями (або перебуваємо в унікальний момент історії) – то «мовчання» космосу стає зрозумілішим.

**Висновки.** Всесвіт не статичний. Його історія розпочалася з Великого вибуху і до сьогодні він невпинно розширюється. Сьогодні ми знаємо, що розширення прискорюється через темну енергію (невідому форму енергії, що заповнює більшість Всесвіту). Ентропія зростає.

Другий закон термодинаміки веде Всесвіт від впорядкованого стану («порядку») до максимальної хаотичної стадії, коли припиняється будь-яка активність. Таким чином, з фізичної точки зору час «стрілою» йде в напрямку збільшення розсіювання енергії і хаосу.

Незвичайні компоненти Всесвіту. Більшість його вмісту – темні матерія і енергія, які ми розпізнаємо лише опосередковано. Темна матерія утримує галактики разом гравітацією, а темна енергія відштовхує їх (прискорює розширення). Їхня природа – головна загадка сучасної космології.

Життя – невизначена складова Всесвіту. Універсальні закономірності закладені так, що допускають нашу появу (тонке налаштування констант), але незрозуміло, чи є ми тут випадково чи закономірно. Парадокс Фермі і гіпотеза Великого фільтра нагадують, що наше місце у Всесвіті може бути винятковим, а інші цивілізації або не виникли, або вже зникли.

## РАКЕТА-ДРОН “ФЛАМІНГО” (УКРАЇНСЬКА РОЗРОБКА)

Ластовицький К. Г., Гальперіна А.Р., Орищенко В. В.

Науковий керівник: Орищенко В. В.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

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

**Вступ.** Зараз усі українці знають, що таке повітряна тривога, дронів та ракетна небезпека. Росіяни протягом останніх років мали перевагу у далекобійних ударах. Проте, схоже, що вже найближчим часом ситуація може змінитися на нашу користь. Наприклад, з 15-го по 25-те березня 2026-го року Україна запустила значно більше дронів по РФ, ніж Росія по нам (виняток становить лиш масована атака 24-го березня). Це означає, що Україна, якщо не перевершила, то принаймні досягла паритету з Росією по здатності виробляти і запускати дрони. Але останнім часом стали з’являтися новини і підтвердження про успіхи України у сфері, у якій Росія раніше мала абсолютну перевагу: ракетна промисловість. Зараз є дві найбільш відомі крилаті ракети, що застосовувалися для ударів углиб Росії: розробка конструкторського бюро “Луч” Р-360 “Нептун”, а також виріб приватної компанії Fire Point FP-5 “Фламінго”. “Нептун” — це більш складний виріб, а також про нього відомо відносно небагато. FP-5 “Фламінго” у свій час набагато простіша і про неї відомо більше інформації. До того ж, на прикладі цієї розробки можна у загальних рисах розібрати, що таке крилата ракета і який її принцип дії. Тому, тут буде йти мова саме про неї.

**Мета дослідження.** Мета цього дослідження полягає у тому, аби за допомогою інформації з відкритих джерел дізнатися, що таке крилаті ракети, які їхні ТТХ (тактико-технічні характеристики), а також розглянути приклад такого виробу від українського ВПК (військово-промислового комплексу).

**Матеріали та методи.** У цьому дослідженні використовувалися матеріали, що знаходилися у відкритому доступі у інтернеті. Головним методом дослідження був OSINT (open source intelligence — розвідка на основі відкритих джерел). Цей метод передбачає пошук, збір та аналіз загальнодоступної інформації.

**Результати дослідження.** Крилата ракета — це, можна сказати, автономний літак, який літає за допомогою підйомної сили і тяги двигуна.

Підйомна сила — це одна з аеродинамічних сил, які, у свою чергу, виникають внаслідок механічної взаємодії тіл, що рухаються у повітряному потоці. Підйомна сила виникає внаслідок різниці тисків над обтічним профілем (наприклад, крилом), і під ним.

Щодо двигуна, то треба спочатку зрозуміти, як ракета підіймається у повітря. Є різні місця і способи запуску ракети. FP-5 “Фламінго” запускається з землі за допомогою твердопаливного прискорювача. Його принцип дії базується на



третьому законі Ньютона. Тверде ракетне паливо всередині нього горить всередині, викидається через сопло, що створює протидію, яка і дозволяє ракеті піднятися у повітря. Потім вмикається основний двигун, який теж працює за третім законом Ньютона.

Перейдімо від усіх крилатих ракет до одної. ТТХ FP-5 “Фламінго” такі:

Дальність польоту: 3000 км;

Вага бойової частини: близько 1000 кг;

Крейсерська швидкість: 850-900 км/год;

Максимальна злітна вага: 6000 кг;

Максимальний час польоту: 4 години;

Розмах крил: 6 метрів;

Використовуються різні двигуни, офіційно підтверджено використання двигунів AI-25 і AI-25ТЛ;

Система наведення: супутникова й інерційна.

Розробники: українська Fire Point і британська Milanion Group

FP-5 “Фламінго” часто порівнюють із ще радянським розвідувальним БПЛА Ту-141 “Стриж”, проте це не є коректним. Вони мають різні аеродинамічні схеми, конструкторські рішення та, банально, призначення. Також, не менш популярним є порівняння з BGM-109 “Tomahawk”, але і це не дуже правильно, бо вони мають різні місця розташування повітрозбірника, двигуна, різні платформи, з яких відбувається запуск.

На FP-5 “Фламінго” використовуються різні двигуни, точно відомо про AI-25 і AI-25ТЛ. AI-25ТЛ є модифікацією AI-25, тому принципової різниці, який двигун використовується, немає. AI-25ТЛ — це двовальний двоконтурний турбореактивний двигун. Він працює наступним чином: повітря проходить через повітрозбірник, стискається компресорами, потрапляє до камер згоряння, де впорскується рідинне ракетне паливо і відбувається підпал, а продукти згоряння виходять через сопло. Двовальність важлива більше для літаків, для крилатої ракети ж це дозволяє трохи зекономити паливо. Двоконтурність дає змогу значно підвищити ККД (коефіцієнт корисної дії) двигуна.

До бойової частини ракети входить не тільки вибухівка, а й корпус, детонатор і система приведення детонатора у бойову готовність. Система приведення детонатора у бойову готовність запобігає передчасному вибуху. Детонатори бувають різні, на FP-5 “Фламінго”, логічно припустити, використовується той, що ініціює вибух через деякий час після влучання ракети. На FP-5 “Фламінго” використовується, скоріш за все, фугасна бойова частина, тому основну шкоду наносить ударна хвиля.

Для того, аби вразити ціль, крилатій ракеті необхідно спочатку долетіти до цілі. Для цього використовуються різні навігаційні системи. Основною завжди є ІНС

(інерційна навігаційна система). Проте при довгому польоті в ній виникають значні похибки, як наслідок — відхилення від своєї траєкторії польоту. Для того, аби виправити ці неточності, використовується GPS (Global Positioning System — глобальна система позиціювання). Але і тут є деякі недоліки: GPS достатньо вразлива до засобів РЕБ (радіо-електронної боротьби). Тому розробники хочуть створити щось подібне до американської TERCOM (Terrain Contour Matching — зіставлення з контурами рельєфу). Вона невразлива до РЕБ, проте створити її досить важко.

Крилата ракета FP-5 “Фламінго” вже застосовувалася для ударів углиб території Росії. Серед уражених об’єктів були: аванпост ФСБ у Криму, арсенал ГРАУ (головн ракетно-артилерійське управління) Міністерства оборони Російської Федерації у Волгоградській області і откінській завод, що виробляє балістичні ракети.

**Висновки.** Отже, у цьому дослідженні було розглянуто що таке крилата ракета, як вона працює, а також на основі інформації з відкритих джерел було описано український виріб FP-5 “Фламінго” і його застосування.

## ЩО БУДЕ, ЯКЩО ЗУПИНИТЬСЯ ГОЛЬФСТРИМ

Міськова В.В.

Науковий керівник: Гринь І.В.

Харківський приватний Ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[varv8545@gmail.com](mailto:varv8545@gmail.com)

**Вступ.** Гольфстрім — це потужна тепла океанічна течія, що є частиною Атлантичної меридіональної перекидної циркуляції (АМОС). Він працює як гігантський «глобальний обігрівач», переносячи тепло з тропіків Мексиканської затоки до берегів Європи. Сучасні дослідження свідчать, що система АМОС зараз є найслабшою за останні 1600 років, що створює загрозу для стабільності світового клімату.

**Мета дослідження.** Вивчити основні характеристики Гольфстріму та проаналізувати потенційні наслідки його уповільнення або зупинки для клімату Європи та України.

**Матеріали та методи.** У роботі використано дані супутникових інфрачервоних карт поверхні океану, результати моніторингу солоності та швидкості течій (проект OSNAP), а також прогностичні моделі кліматичних змін.

**Отримані результати.** Течія має довжину близько 10 000 км, ширину 70–100 км та швидкість до 9 км/год у вузьких місцях. Температура води в ній на 5–8°C вища за навколишню.



Причини уповільнення: Головним чинником є глобальне потепління та танення льодовиків Гренландії. Прісна вода, що потрапляє в океан, є легшою за солону, вона не опускається на глибину, що зупиняє «двигун» течії.

Наслідки для світу: Зупинка течії призведе до падіння температури в Європі на 5–10°C, що зробить зими в Лондоні чи Парижі схожими на сибірські. На східному узбережжі США рівень моря може піднятися на 0,5–1 метр через перерозподіл водних мас.

Вплив на Україну: Очікується різке посилення континентальності клімату: екстремальні морози взимку (до -35°C) та аномальна спека влітку. Дефіцит опадів з Атлантики може призвести до деградації чорноземів та перетворення степів на пустелю.

**Висновки.** Зупинка Гольфстріму спровокує глобальний кліматичний колапс, руйнацію сільського господарства та економічну дестабілізацію. Для запобігання катастрофі необхідна декарбонізація економіки, обмеження глобального потепління межею 1,5°C та перехід до екологічних технологій.

## РУХ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ВЛАСТИВІСТЬ МАТЕРІЇ

Паламарчук В.О.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Email: dawaktoria@gmail.com

**Вступ.** Рух часто уявляють як просте переміщення тіл у просторі. Однак у рух є значно глибшим і універсальнішим явищем. Усе, що існує у Всесвіті, перебуває в русі. Навіть якщо тіло здається нерухомим, на мікроскопічному рівні в ньому відбуваються безперервні динамічні процеси. Саме тому рух розглядається як фундаментальна властивість матерії, універсальність якої полягає в її прояві на всіх рівнях організації природи. Проаналізовано різні форми руху матерії, зокрема механічний рух тіл, тепловий рух частинок, поширення світла, перебіг хімічних реакцій і біологічні процеси.

**Мета дослідження** є обґрунтування універсальності руху як фундамен-тальної властивості матерії та аналіз основних форм його прояву в природі.

**Матеріали та методи.** У роботі застосовано аналіз і узагальнення наукової інформації з фізики. Методологічною основою є фізичні закони.

**Отримані результати.** Рух не є окремим або другорядним явищем, а виступає формою існування матерії. Це означає, що абсолютна відсутність руху є неможливою, оскільки за таких умов не відбувалися б жодні зміни, а без змін неможливе існування природних процесів. Найбільш наочною формою руху є механічний рух — зміна положення тіл у просторі відносно інших тіл. Його

прикладми є рух транспорту, падіння предметів, обертання планет. Так, тіло масою 1 кг, яке падає з висоти 10 м, має потенціальну енергію приблизно 98 Дж, що під час падіння перетворюється на кінетичну. Це свідчить про те, що механічний рух супроводжується перетворенням енергії, а отже, є реальним фізичним процесом, а не лише геометричним переміщенням.

Разом із тим механічний рух не вичерпує всього різноманіття форм руху матерії. Навіть у випадках, коли тіло перебуває в стані механічного спокою, його структурні елементи здійснюють безперервний тепловий рух. Наприклад, молекули повітря за звичайної температури мають значні швидкості, хоча макроскопічно повітря може здаватися нерухомим. Це свідчить про відносний характер спокою, який залежить від рівня розгляду фізичного явища.

Рух також проявляється у вигляді поширення світла. Світло у вакуумі поширюється зі швидкістю приблизно  $3,0 \times 10^8$  м/с, що дає змогу передавати енергію та інформацію на великі відстані. Наявність руху у формі електромагнітного випромінювання підтверджує, що рух є властивістю не лише речовини, а й фізичних полів.

Під час хімічних реакцій відбувається внутрішній рух матерії, який проявляється у перегрупуванні атомів, розриві старих і утворенні нових хімічних зв'язків. У результаті змінюється склад і властивості речовини. Хоча такі процеси не завжди спостерігаються безпосередньо, вони є важливою формою руху, пов'язаною зі структурними перетвореннями матерії.

На ще вищому рівні організації рух проявляється в біологічних процесах. У живих організмах постійно відбуваються обмін речовин, передача енергії, ріст, розвиток і поділ клітин. Припинення цих процесів означає припинення існування організму, що дає підстави розглядати життя як складну, високоорганізовану форму руху матерії.

Порівняльний аналіз різних форм руху показав, що вони тісно пов'язані між собою і не існують ізольовано. Тепловий рух частинок впливає на швидкість хімічних реакцій, хімічні процеси є основою біологічних, а механічні явища пов'язані з енергетичними перетвореннями, які супроводжують усі інші форми руху. Отже, складніші форми руху виникають на основі простіших, утворюючи єдину ієрархічну систему.

**Висновки.** У ході дослідження з'ясовано, що рух є невід'ємною та універсальною властивістю матерії. Матерія не може існувати без руху, оскільки саме рух забезпечує зміни, перетворення та розвиток у природі. Встановлено, що рух проявляється в різних формах — механічній, тепловій, електромагнітній, хімічній і біологічній, які, незважаючи на відмінності, утворюють єдину взаємопов'язану систему.



Навіть у випадках, коли тіла перебувають у стані механічного спокою, на мікроскопічному рівні в них відбуваються безперервні процеси, що підтверджує відсутність абсолютного спокою в природі. Отримані результати свідчать про те, що складніші форми руху виникають на основі простіших, а всі процеси у Всесвіті мають динамічний характер. Таким чином, рух є фундаментальною основою існування світу та необхідною умовою всіх природних явищ — від обертання планет до процесів у клітинах живих організмів.

## БРОУНІВСЬКИЙ РУХ: НЕВИДИМИЙ ТАНЕЦЬ МОЛЕКУЛ

Перець А.О, Шейкіна Н.В.

Науковий керівник: Шейкіна Н.В.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

kobushkoolga@gmail.com

**Вступ.** Броунівський рух є фундаментальним фізичним явищем, що полягає у невпорядкованому переміщенні мікрочастинок, завислих у рідкому або газоподібному середовищі. Це явище відіграє критичну роль у розумінні мікроскопічної структури речовини та термодинамічних процесів. Актуальність дослідження визначається роллю броунівського руху як фундаментальної сполучної ланки між мікроскопічними хаотичними процесами та макроскопічними фізичними закономірностями.

**Метою** роботи є аналіз фізичних механізмів броунівського руху та дослідження факторів, що визначають інтенсивність хаотичного теплового переміщення частинок. Експериментальне дослідження броунівського руху базується на методах оптичної мікроскопії, відеофіксації шляхів мікрочастинок та статистичному аналізі їхнього середнього відхилення від початкової точки. Подібні підходи використовують для вивчення процесів теплового руху та дифузії як у технічних колоїдних системах, так і в цитоплазмі живих біологічних структур.

**Фізичні механізми та молекулярно-кінетична теорія.** В основі броунівського руху лежить безперервне бомбардування макрочастинки молекулами середовища, що перебувають у стані хаотичного теплового руху. Нерівномірність імпульсів, що передаються з різних боків, зумовлює зміну траєкторії частинки. Згідно з молекулярно-кінетичною теорією, енергія передається під час зіткнень, що забезпечує постійний обмін імпульсом між середовищем і завислою частинкою. Математично цей процес описується як сукупність випадкових векторів переміщення, де сумарна довжина траєкторії значно перевищує вектор результуючого переміщення.

**Фактори інтенсивності броунівського руху.** Інтенсивність броунівського руху не є сталою і залежить від наступних термодинамічних характеристик системи та фізичних властивостей реагентів.

Таблиця 1

*Фактори впливу на інтенсивність броунівського руху*

<b>Фактор</b>	Інтенсивність броунівського руху
<b>Температура</b>	При підвищенні температури молекули рухаються швидше і стикаються з часткою частіше та сильніше. При охолодженні, навпаки, рух сповільнюється
<b>Розмір частинок</b>	Що менша частка, тим сильніше на неї впливають удари молекул. Дуже маленькі частинки легко «штовхаються» молекулами і роблять помітні рухи, а великі майже нерухомі
<b>Властивості середовища</b>	В'язкість середовища визначає силу опору руху частинки: більша в'язкість середовища збільшує силу опору руху частинки, менша — зменшує

**Броунівський рух у живих системах.** У біологічних структурах броунівський рух виступає основним механізмом пасивного транспорту. Хаотичне переміщення молекул та органел у цитоплазмі клітин є необхідною умовою для перебігу метаболічних реакцій, внутрішньоклітинного транспорту та ефективного розподілу речовин. Цей процес безпосередньо пов'язаний із явищем дифузії — перенесенням речовини з області високої концентрації в область низької, що описується схожими кінетичними моделями.

**Висновки.** Броунівський рух є наочним підтвердженням атомно-молекулярної будови світу. Інтенсивність броунівського руху залежить від температури середовища, розміру частинок та в'язкості рідини або газу, що повністю пояснюється молекулярно-кінетичною теорією. Броунівський рух нерозривно пов'язаний із дифузією: обидва явища мають одну природу — тепловий рух молекул. Відмінність лише в тому, що при броунівському русі переміщується видима макрочастинка, а при дифузії — самі молекули. Відкриття Роберта Броуна та експерименти Жана Перрена у поєднанні з теоріями Альберта Ейнштейна і Маріана Смолуховського стали вирішальним доказом існування молекул і атомів, торуючи шлях сучасним відкриттям у фізиці, хімії та біології.



## НАНОНАУКА ТА РУХ

Поїнтнер В.П.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup>Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Email: pochtabox@aol.com

**Вступ.** Нанонаука сформувалася як наслідок руху наукового пізнання вглиб матерії, у зону масштабів, де класичні уявлення про стабільні структури та стаціонарні властивості виявилися непридатними. Йдеться не лише про зменшення характерних розмірів досліджуваних об'єктів, а про зміну самої логіки опису: від фіксації станів до аналізу процесів, від рівноваги до динаміки, від геометрії до руху. На нанорівні матеріальні системи виявляють поведінку, у якій переміщення, флуктуації та перенесення стають визначальними для виникнення спостережуваних властивостей.

**Мета дослідження** – огляд, узагальнення та систематизація відомостей про нанотехнології та їх вплив на науку, культуру та суспільство.

**Метод дослідження** – аналіз наукових джерел з нанотехнології

**Результати дослідження.** З боку теоретичного опису явищ можна віділити два підходи у будівництві моделей. Перший — це мікрорівень окремих атомів. Другий — моделі, побудовані на середніх характеристиках великої кількості атомів. Нанооб'єкт складається з чималої кількості часток, проте їх недостатньо для того, щоб використовувати методи усереднення сукупності. Моделі, що базуються на середніх величинах, перестають бути адекватними, оскільки кількість атомів у нанооб'єкті обмежена. Водночас враховувати кожен окремий атом — задача надто складна, адже атомів усе ж таки досить багато.

У межах класичної фізики та хімії матерію тривалий час описували як сукупність об'єктів із добре визначеними параметрами, де рух розглядався як вторинний ефект або як відхилення від рівноважного стану. Такий підхід був виправданий доти, доки існувала чітка ієрархія масштабів, за якої мікроскопічні процеси усереднювалися і не впливали безпосередньо на макроскопічну поведінку. Перехід до наномасштабів призвів до руйнування цієї ієрархії. Локальні переміщення електронів, іонів або молекулярних фрагментів почали визначати електричні, оптичні, механічні та біологічні характеристики систем у цілому. Характерною особливістю нанорівня є поєднання різних типів руху в одному й тому самому об'єкті. Теплові коливання, квантовий транспорт, дифузія та колективні перебудови співіснують і взаємодіють, формуючи складну часову структуру процесів. У таких умовах стабільність властивостей часто має динамічний характер: система зберігає функціональність не завдяки жорсткій фіксації елементів, а завдяки безперервному перерозподілу енергії та речовини.

Це наближає багато наноструктур за способом існування до живих систем, у яких рух є необхідною умовою підтримання впорядкованості.

Особливо яскраво роль руху проявляється у поверхневих явищах. Для наночастинок співвідношення між кількістю атомів на поверхні та в об'ємі змінюється настільки, що саме поверхня починає визначати поведінку об'єкта. Переміщення адсорбованих атомів, перебудова поверхневих станів і локальні хімічні реакції відбуваються безперервно, змінюючи ефективні властивості матеріалу. У цьому сенсі наноматеріал не має фіксованого набору характеристик; вони формуються як результат поточного режиму руху.

У наноелектроніці ключову роль відіграє керування транспортом носіїв заряду. Сучасні електронні пристрої функціонують у режимах, де рух та його інерційність окремих електронів у нанорозмірних каналах безпосередньо визначає швидкодію та енергоспоживання всієї системи.

**Інформаційний вибух.** Зростання обчислювальної потужності та ємності пристроїв зберігання інформації стало можливим саме завдяки нанонауковим підходам. Наприклад, перехід від магнітних дисків ємністю декілька МБ до сучасних твердотільних накопичувачів (SSD) та жорстких дисків (HDD) ємністю в кілька терабайт (ТБ) став можливим завдяки здатності маніпулювати речовиною на атомарному рівні.

Саме ефект гігантського магнітоопору (Giant Magnetoresistance) зробив революцію в читанні даних з жорстких дисків. Гігантський магнітоопір – це квантово-механічний ефект, що спостерігається в тонкоплівкових структурах, які складаються з чередувань феромагнітних і немагнітних шарів. Коли магнітні моменти шарів паралельні, електричний опір низький, коли антипаралельні — опір різко зростає. Це дозволило враховувати спін електронів та створити надчутливі головки для зчитування, які розпізнають надзвичайно слабкі магнітні поля від крихти ділянок диска. Це привело до вибухового зростання щільності запису та появи окремої галузі – спінорики. За це відкриття Альбер Фер та Петер Грюнберг отримали Нобелівську премію з фізики у 2007 році.

На відміну від магнітних дисків, SSD та флеш-пам'ять не має рухомих частин і використовує наноструктури під назвою польові транзистори з ізольованим затвором (floating-gate transistors).

Інформаційний вибух кінця XX і початку XXI століття був би неможливим без цього руху вглиб матерії, що забезпечив контроль над перенесенням заряду на фундаментальному рівні.

**Соціальні відносини.** Новий технологічний уклад, сформований на основі нанонауки, характеризується не лише зростанням швидкості обробки інформації, але й зміною самої структури соціальної взаємодії. Постійна доступність комунікаційних засобів, мініатюризація обчислювальних систем і зниження



енергетичних витрат привели до радикального збільшення частоти соціальних контактів. Інформаційний рух став безперервним, що змінило ритм повсякденного життя та форми соціальної організації. У цьому контексті нанонаука виступає не як віддалена фундаментальна дисципліна, а як один із ключових чинників трансформації суспільства.

**Медицина та біологія.** Значний вплив нанонаукових розробок спостерігається в медицині та біології. Нанорозмірні системи доставки лікарських засобів ґрунтуються на контрольованому русі частинок у складному біологічному середовищі. Їхня ефективність визначається траєкторіями переміщення, взаємодією з клітинними мембранами та часом перебування в організмі. Лікувальний ефект у таких системах є результатом керування динамікою, а не лише вибору хімічного складу. Це змінює підхід до терапії, роблячи її більш адресною та орієнтованою.

Наприклад, Каталін Каріко та Дрю Вайсман отримали Нобілевську премію 2023 року в області медицини за модифікацію нуклеозидних основ, що дозволило створити ефективні mRNA-вакцини. Сама по собі молекула mRNA дуже нестабільна. Її доставка в клітину стала можливою лише завдяки ліпідним наночастинкам — крихітним жировим капсулам, які захищають генетичний код і транспортують його крізь клітинну мембрану.

Фундаментом для створення принципово нових біологічних об'єктів стає самоскладання наноструктур як основа для створення штучних тканин. Використовуючи здатність молекул до самоорганізації, можна створювати нанокаркаси (скаффолди), які імітують позаклітинний матрикс. Це дозволяє буквально «вирощувати» втрачені органи або тканини, де наноструктури спрямовують ріст клітин, забезпечуючи їхнє правильне просторове розташування. Паралельно з цим нанотехнології докорінно змінили методи діагностики та скринінгу біологічних молекул. Сучасний аналіз ДНК та РНК за допомогою нанопор, а також високоточний скринінг білків дозволяють зчитувати генетичний код та виявляти патології на рівні поодиноких молекул.

Наприклад, Віктор Амброс та Гері Равкан отримали Нобілевську премію 2023 року в області медицини за відкриття мікроРНК — крихітних молекул РНК, які регулюють роботу генів. Ці молекули є природними "нано-перемикачами". Розуміння їхньої роботи відкриває шлях до лікування раку та генетичних розладів через цілеспрямований вплив на окремі ланки біологічних процесів. Логічним розвитком цих підходів став перехід до скринінгу роботи мозку. Використання нанонейроінтерфейсів дозволяє фіксувати активність окремих нейронів, наближаючи науку до відкриття фізичної природи процесу мислення. Перетворення думки на вимірювану послідовність сигналів неминує породжувати гострі філософсько-світоглядні проблеми. Коли ми отримуємо інструменти для

конструювання розумних структур, межа між живим та неживим остаточно розмивається. Людина бере на себе відповідальність бути богом, здатною програмувати свідомість та еволюцію. Це ставить перед цивілізацією питання: чи готова вона до етичних наслідків володіння технологіями, що здатні не лише лікувати тіло, а й змінювати саму суть людського інтелекту.

**Світогляд та культура.** Розмивання меж між живим і неживим, поява гібридних біо-технічних систем і можливість створення самозбірних або самовідтворюваних структур змушують по-новому осмислювати поняття життя. Якщо ключовими ознаками живого вважати здатність до самоорганізації, обміну енергією та інформацією і адаптації до середовища, то багато нанорозмірних систем частково відповідають цим критеріям. У такій ситуації життя постає не як властивість конкретної речовини, а як певний режим руху та взаємодії.

Літературні та кінематографічні рефлексії останніх років демонструють, як нанонаука поступово перетворює фундаментальні основи людського буття на об'єкт інженерного проектування. У творах Уільяма Гібсона («Нейромант», «Периферійні пристрої») нанотехнологічна інтеграція створює середовище, де межа між фізичним «Я» та цифровою реальністю стає прозорою.

Йен Макдональд у «Ріці Богів» розмірковує про саморозвиток штучного інтелекту, який виявляється більш людськими, ніж самі люди. Вони здатні на самопожертву, емпатію та духовний пошук у світі, де біологічне людство загрузло в кастових конфліктах і технологічному егоїзмі. Це бачення знаходить візуальне втілення у фільмах «Ex Machina» та «Той, хто біжить по лезу 2049», де «штучне» життя демонструє вищі моральні якості, ніж його творці.

Особливе значення для розуміння ризиків нанотехнологій має «Заводна дівчина» Паоло Бачигалупі. Автор виділяється тим, що розглядає технології не лише як засіб модифікації людини, а як інструмент глобального корпоративного диктату. У його світі природна біосфера знищена: звичні рослини вимерли через штучно створені хвороби та мутації, що призвело до постійного голоду. Тепер кожна калорія контролюється потужними агрокорпораціями, які володіють патентами на генно-модифіковані культури, нездатні до розмноження без спеціального насіння. Сюжет розгортається навколо жорстокої «гри» з генетичним кодом, де корпоративні агенти ведуть справжнє полювання за залишками природного біорізноманіття. Головний конфлікт зосереджений на розшуку таємного генного сховища — останнього джерела чистого насіння, яке корпорації прагнуть привласнити, щоб остаточно монополізувати право на їжу. На цьому тлі постать «пружинниці» Еміко — біомеханічної істоти, сконструйованої як об'єкт насолоди через точне молекулярне програмування, — стає символом ставлення до життя як до вишуканого, але змінного пристрою. Бачигалупі піднімає



найбільш актуальне питання: що стається з мораллю, коли природа і людина перетворюються на інтелектуальну власність корпорацій?

Цей мотив корпоративного контролю за допомогою нанотехнологій перекликається з ідеями Йена Макдональда у «Ріці Богів», проте з суттєвою різницею: якщо у Макдональда штучні інтелекти часто виявляються більш людяними та духовними за людей, то у Бачигалупі сама людяність стає дефіцитним ресурсом у світі біопанківського капіталізму.

Такі твори, разом із фільмами як «Міккі-17», де людина через нескінченну нанорегенерацію стає витратним матеріалом, формують тривожне попередження: нанонаука може дати нам інструменти «богів», але без етичного фундаменту вона перетворить саму суть життя на товар і об'єкт маніпуляцій.

Трансформація тіла через нанотехнології, як у трилогії Джона Скальці «Війна старика» чи нанокостюмах Marvel, ілюструє лише зовнішній бік прогресу. Справжній виклик криється в «цифровій еволюції», описаній у «Щоденниках Кілербота» Марти Уеллс та «Всесвіті Боба» Денніса Тейлора. Через нанотехнологічний скринінг мозку виникають суб'єкти, які, маючи нелюдську природу, борються за право вважатися особистостями.

Таким чином, сучасна культура приходить до висновку, що нанотехнології — це шлях до постгуманізму, де головним конфліктом є не повстання машин, а криза людяності. Здатність «бути богом», програмуючи клітини та нейрони, ставить цивілізацію перед дзеркалом: чи зможемо ми залишитися людьми у світі, де межа між живим організмом та наноструктурою остаточно зникла, а штучно створені істоти часто виявляються єдиними носіями справжніх почуттів.

**Екологія.** Поряд із технологічними та соціальними аспектами зростає значення екологічного виміру нанонауки. Поширення нанооб'єктів у навколишньому середовищі створює новий тип руху матерії, який суттєво відрізняється від традиційних форм забруднення. Наночастинки здатні мігрувати між різними середовищами, проникати в біологічні тканини та брати участь у хімічних реакціях. Їхній рух супроводжується агрегацією, трансформацією та взаємодією з природними структурами, що ускладнює прогнозування довготривалих наслідків.

Перспективи створення самозбірних матеріалів, генно-модифікованих рослин та істот, адаптивних середовищ утворюють нові виклики для екології

У цьому сенсі забруднення нанооб'єктами слід розглядати не як статичне накопичення, а як динамічний процес, у якому ключову роль відіграє перенесення та еволюція частинок у часі. Це вимагає нових підходів до екологічного аналізу, орієнтованих на вивчення потоків і режимів руху, а не лише концентрацій

**Висновки.** Нанонаука постає не просто як галузь знання, а як точка фазового переходу цивілізації. Вона працює на тому рівні реальності, де ще не відокремлені матерія, інформація і життя. Саме тому її вплив не може бути локальним — він завжди системний.

Концептуально розвиток нанонауки можна описати як рух за трьома взаємопов'язаними осями:

Онтологічна вісь — перегляд самого поняття буття. Якщо життя можна зібрати, відтворити або модифікувати на нанорівні, то воно перестає бути винятковим феноменом і стає процесом.

Технологічна вісь — злиття виробництва, інформації та біології в єдину керовану систему.

Соціально-етична вісь — необхідність нової моралі, де відповідальність поширюється не лише на дії, а й на потенційні стани складних систем.

Таким чином, нанонаука — це не просто інструмент прогресу. Це дзеркало, в якому людство бачить власні межі: пізнавальні, етичні, екзистенційні. І від того, чи зможе воно поєднати технічну могутність із філософською зрілістю, залежить, чи стане наномайбутнє простором розвитку — чи зоною незворотного ризику.

## ХРОМАТОГРАФІЯ-МЕТОД ПОДІЛУ РЕЧОВИН

Поінтнер Кароліна

Науковий керівник: Яковлева Л.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків. Україна

[pochtabox@aol.com](mailto:pochtabox@aol.com)

**Вступ.** Хроматографія — це високоефективний фізико-хімічний метод поділу, аналізу та очищення складних сумішей речовин, невидимий оку рух молекул яких ми можемо спостерігати в дослідженнях хроматографії. Хоча ми не можемо побачити окремі молекули на власні очі, хроматографія справді є чудовим способом візуалізувати їхню поведінку та рух у масі.

**Мета дослідження** - проаналізувати в існуючій літературі різні умови розподілу компонентів сумішів за допомогою метода хроматографії.

Він заснований на відмінності у швидкостях руху компонентів, що розподіляються між двома фазами: нерухомою (сорбент) і рухомою (газ або рідина), що рухається через сорбент. Метод дозволяє ідентифікувати компоненти та визначати їх кількість. де рухлива фаза безперервно тече у системі і є, власне, транспортом для аналізованих компонентів проби. Нерухома фаза може бути твердою речовиною з розвиненою поверхнею або рідиною, нанесеною на тверду речовину або на внутрішню поверхню капіляра. Головне для нерухомої фази - це здатність оборотно взаємодіяти з аналізованими компонентами проби. При цьому



чим краще взаємодія (або сорбція), тим повільніше швидкість руху компонента в хроматографічній системі. Таким чином, процес поділу заснований на різній спорідненості компонентів проби до рухомої та нерухомої фаз.

**Матеріали, методи та отримані результати.** Метод хроматографії був вперше застосований російським ученим-ботаником Михайлом Семеновичем Цветом у 1900 році. 21 березня 1903 року у публікаціях Варшавського університету з'явилася програмна стаття М.С. Цвет «Про нову категорію адсорбційних явищ та про застосування їх до біохімічного аналізу». Цю дату можна назвати днем народження хроматографічної науки.

Основні типи хроматографії:

Газова хроматографія (ГХ): Розділення летких та термостабільних сполук.

Газова хроматографія дозволяє розділяти складні суміші на окремі компоненти, забезпечуючи високу точність аналізу, особливо при поєднанні з мас-спектрометрією (ГХ-МС). Мас-спектрометрія дозволяє визначати маси, ізотопний склад і структуру молекул.

Рідинна хроматографія (РХ): Розділення речовин у рідкому стані за допомогою сорбенту : на виході з колонки компоненти виходять послідовно.

Газорідинна хроматографія (ГРХ) – один із найсучасніших методів багатокомпонентного аналізу. Його відмінними рисами є експресність, висока точність, чутливість, можливість автоматизації. Метод дозволяє вирішити багато аналітичних проблем.

Паперова хроматографія — базується на різній швидкості руху речовин разом із розчинником по пористій поверхні паперу.

Основні сфери застосування хроматографії:

- Ідентифікація невідомих сполук та очищення речовин.

Біохімія та медицина.

Фармацевтична промисловість.

Екологічний моніторинг.

Харчова промисловість.

Криміналістика.

Нафтохімічна промисловість.

Парфумерія.

Хроматографія, завдяки дуже простому принципу дії, залишає місце для значного удосконалення. Це і призвело до появи безлічі спеціалізованих хроматографічних методів дослідження.

Основні тренди розвитку:

Мініатюризація та портативність: Створення портативних хроматографів для експрес-аналізу в польових умовах (екологія, медицина).

Висока роздільна здатність (UHPLC/UHPSFC): Використання колонок з меншим розміром частинок сорбенту для прискорення аналізу та покращення розділення складних сумішей.

Штучний інтелект (ШІ): Автоматизація обробки даних, оптимізація методів розділення та прогнозування результатів, що значно скоротить час розробки нових аналітичних методик.

Екологічність ("Зелена хроматографія"): Зменшення використання токсичних розчинників та перехід до більш екологічних альтернатив.

**Висновки.** Хроматографія — це не просто аналітичний метод у хімії, це фундаментальний інструмент, який дозволив вченим «побачити» та зрозуміти, як рухаються молекули на мікрорівні. Якщо мікроскоп відкрив нам світ дрібних об'єктів, то хроматографія відкрила нам хімічний склад усього, що нас оточує. Хроматографія довела, що рух — це не лише швидкість, а й постійна вибіркова взаємодія з навколишнім середовищем.

## ЦУНАМІ - ЦЕ НЕ ПРОСТО ХВИЛЯ

Сафронова К.О.

Науковий керівник: Гринь І.В.

Лицей «Ангстрем», Харків, Україна

[elenakesher1963@gmail.com](mailto:elenakesher1963@gmail.com)

**Вступ.** Цунамі є серією довгих гравітаційних хвиль у водному середовищі, що виникають унаслідок раптового зміщення значного об'єму води. Джерелом зміщення можуть бути підводні землетруси, вулканічні процеси, обвали порід або льоду, а також різкі атмосферні збурення. Ключовою ознакою цунамі є рух водної товщі як цілого: енергія поширюється на великі відстані, тоді як висота хвилі у відкритому океані може залишатися малою. Найнебезпечніші наслідки проявляються біля узбережжя, де зменшення глибини змінює режим руху хвилі: швидкість зменшується, а висота зростає, що призводить до затоплення та руйнувань інфраструктури.

**Мета дослідження.** Метою цієї роботи є комплексне вивчення процесів утворення цунамі, аналіз історичних прикладів катастроф, визначення факторів, що впливають на силу хвиль, та оцінка сучасних методів попередження та захисту прибережних територій. Особлива увага приділяється фізичним характеристикам хвиль, таким як швидкість, висота та енергія, що визначають їхню руйнівну силу.

**Матеріали та методи.** Для аналізу використано історичні дані про найбільш руйнівні цунамі, наукові публікації з геології, океанографії та вулканології, а також комп'ютерні моделі симуляції хвиль. Для узагальнення причин



виникнення цунамі виконано класифікацію за типом первинного зміщення водної маси: тектонічне, вулканічне, зсувне, імпактне та атмосферне. Основні показники, що враховувалися, включають висоту хвилі, швидкість руху, об'єм переміщеної води та руйнівний потенціал.

**Результати дослідження.** Найпоширенішою причиною виникнення цунамі є підводні землетруси, особливо у зонах субдукції, де одна тектонічна плита занурюється під іншу. Вертикальні зсуви морського дна спричиняють значне зміщення води та формують хвилі висотою до 30 м і більше. Горизонтальні зсуви рідко створюють потужні хвилі, але можуть активувати оползневі процеси.

Виверження вулканів також сприяють утворенню цунамі. Підводні та прибережні вулкани здатні викликати великі хвилі через обвали кальдер, пірокластичні потоки та гідродинамічні вибухи. Наприклад, виверження вулкана Кракатау у 1883 р. створило хвилі висотою до 42 м та спричинило масштабні руйнування у прибережних районах Індонезії.

Оползні та рухи льодовиків у гірських районах або фіордах формують локальні цунамі. Одним із найвідоміших випадків було Літуя-Бей у 1958 р., де оповзень породив хвилю висотою 524 м.

Падіння метеоритів у воду викликає надзвичайно потужні хвилі. Історично відомо, що удар великого метеорита Чиксулуб приблизно 66 млн років тому спричинив цунамі світового масштабу.

Метеоцунамі формуються внаслідок різких змін атмосферного тиску або сильних вітрів. Такі хвилі зазвичай не перевищують 5 м, але можуть завдавати значної шкоди у портах та бухтах.

Найсильніші цунамі в історії:

Індійський океан, 2004 р.: землетрус магнітудою 9.3, хвилі до 30 м, загинуло понад 230 000 людей у 14 країнах.

Тохоку, Японія, 2011 р.: 9.0 бала, хвилі до 11 м, пошкоджено атомну електростанцію Фукусіма І, загинуло близько 25 000 людей.

Аляска, 1964 р.: землетрус магнітудою 9.2, хвилі до 30 м, загинуло 121 особа.

Літуя-Бей, Аляска, 1958 р.: оповзень створив локальне цунамі висотою 524 м, що стало рекордним для історичних спостережень.

Сучасні системи раннього попередження значно зменшують ризики для населення. Глобальні мережі буїв, супутникові дані та комп'ютерне моделювання дозволяють передбачати наближення хвиль та повідомляти прибережні регіони за кілька годин до прибуття цунамі. Інформаційна обізнаність населення та планові евакуації є ключовими факторами зниження загибелі людей. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє прогнозувати потенційні цунамі навіть у малодосліджених районах. Важливою є також

міжнародна співпраця, адже хвилі цунамі не знають кордонів і можуть торкатися одночасно кількох країн.

**Висновки.** Цунамі - це складне природне явище, що виникає під дією геологічних та атмосферних факторів і переносить величезну енергію через переміщення води. Найнебезпечніші хвилі формуються під час вертикальних зсувів морського дна, вулканічних обвалів, оповзнів та падіння метеоритів. У відкритому океані вони малопомітні, проте при наближенні до берега швидкість зменшується, а висота збільшується, що робить цунамі надзвичайно руйнівними. Аналіз історичних катастроф демонструє необхідність розвитку сучасних систем раннього попередження, інфраструктури захисту та планів евакуації населення. Розуміння фізики руху хвиль і їхньої енергії є основою для прогнозування та мінімізації негативних наслідків стихії.

## РЕАКТИВНИЙ РУХ: ВІД ТЕОРІЇ ДО ЗБРОЇ

Сікорський А.С., Шейкіна Н.В.

Науковий керівник: Шейкіна Н.В.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

м. Харків, Україна

artemsikorskyi95@gmail.com

**Вступ.** Реактивний рух є фундаментальним фізичним явищем, що базується на законі збереження імпульсу. Це єдиний спосіб переміщення, який не потребує взаємодії з навколишнім середовищем для отримання опори. В умовах сучасного технічного прогресу вивчення реактивної тяги є критично важливим для розвитку авіації, космонавтики та оборонного комплексу.

**Мета дослідження** – проаналізувати фізико-математичні основи реактивного руху, дослідити його прояви у живій природі та еволюцію технічних рішень — від перших історичних прототипів до сучасних систем озброєння та перспективних іонних двигунів.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі другого та третього законів Ньютона. Для теоретичного обґрунтування використано рівняння руху тіла зі змінною масою. У роботі аналізуються технічні характеристики реактивних систем та гідродинамічні принципи руху морських організмів.

**Отримані результати.**

**Теоретичне обґрунтування.** Математична модель реактивного руху описується рівнянням Мещерського. Для ракети ключовим показником є характеристична швидкість, яку визначає формула Ціолковського. Вона показує, що швидкість ракети прямо пропорційна швидкості витоку газів та логарифму відношення початкової маси до кінцевої.

## формула Ціолковського

$$\Delta v = v_{\text{газ}} \cdot \ln \left( \frac{m_0}{m_k} \right)$$

- $\Delta v$  – максимальна зміна швидкості (характеристична швидкість).
- $m_0$  – початкова маса ракети (з усім паливом).
- $m_k$  – кінцева маса ракети (після згоряння всього палива).

## Рівняння Мещерського

Де:

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = F + \frac{dm}{dt} u$$

- $F$  – векторна сума зовнішніх сил (наприклад, гравітаційні сили притягання Землі, Сонця і планет, а також сила опору середовища).
- $\frac{dm}{dt} u$  – реактивна сила (сила тяги); це сила, що виникає внаслідок зміни маси ракети (викидання палива).
- $u$  – швидкість витікання газів із сопла ракети відносно самої ракети.

Рис. 1. Фундаментальні рівняння динаміки тіл змінної маси: формула К. Е. Ціолковського та рівняння І. В. Мещерського

**Біологічні прототипи.** Природа використовує реактивний принцип для виживання та розмноження.

**Фауна:** Кальмари та медузи демонструють принцип циклічного всмоктування та виштовхування води через вузькі отвори, що створює імпульс сили.

**Флора:** Механізм «скаженого огірка» базується на створенні надлишкового тиску рідини, що призводить до реактивного відкидання насіння.

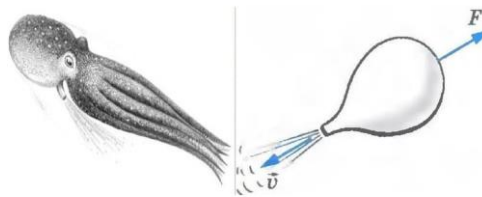


Рис. 2. Порівняльна схема виникнення реактивної сили: гідродинамічний імпульс кальмара та витік газу з оболонки повітряної кулі.

**Військове та мирне застосування.** У військовій сфері реактивний рух реалізовано в РСЗВ та протитанкових гранатометах (РПГ). В останніх використовується комбінована система: пороховий заряд для виходу з пускового пристрою та реактивний двигун для маршового польоту. В авіації повітряно-реактивні двигуни використовують атмосферне повітря як робоче тіло, що робить їх ефективними на великих швидкостях.



Рис. 3. Схема дії та протидії в авіаційному двигуні: залежність швидкості літака ( $v$ ) від вектора швидкості витікання реактивного струменя ( $u$ )

**Перспективи розвитку.** Майбутнє пов'язане з гіперзвуковими технологіями (швидкість понад 5 чисел Маха) та нехімічними методами руху. Іонні двигуни, що використовують електромагнітне прискорення часток, забезпечують надвисоку питому тягу, необхідну для тривалих космічних місій.

**Висновки.** Реактивний рух — універсальний принцип, що поєднує біологію та високі технології. Математичні розрахунки Ціолковського та Мещерського залишаються фундаментом для проектування сучасних космічних та військових систем. Подальший розвиток спрямований на підвищення екологічності палива та освоєння далекого космосу.

## ЛЮДИНА СПОСТЕРІГАЄ ЗА ЗІРКАМИ: АСТРОАРХЕОЛОГІЯ

Шевченко-Щербина А.С.<sup>1</sup>, Шевченко-Щербина А.С.<sup>1</sup>,

Артюх Є.Б.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Email: hohenroda@ukr.net

**Вступ.** Вивчення інтелектуальної спадщини давніх суспільств неможливе без аналізу їхніх уявлень про космос. Для ранніх культур зоряне небо слугувало універсальною координатною сіткою, що визначала просторову орієнтацію, часові цикли та релігійно-міфологічну структуру буття. Астроархеологія як міждисциплінарна галузь дозволяє реконструювати ці знання через дослідження матеріальних об'єктів: орієнтацію фундаментів, розташування менгірів та специфіку архітектурних візирів.

**Мета дослідження** полягає у систематизації та аналізі ключових археологічних об'єктів, що демонструють рівень астрономічних компетенцій дописемних та ранніх цивілізацій, а також у визначенні ролі архітектури як інструменту фіксації небесних явищ.

**Матеріали та методи.** У роботі застосовано теоретичний аналіз і узагальнення наукової інформації з астроархеології, астрономії та історії.

**Отримані результати.** Найдавніші свідчення системного спостереження за небом зафіксовані в мегалітичних комплексах Південно-Східної Анатолії (Туреччина). Гебеклі-Тепе (Х тис. до н. е.) та Карахан-Тепе представляють собою монументальні споруди з Т-подібними стелами. Хоча пряма астрономічна функція залишається предметом дискусій, орієнтація деяких ансамблів вказує на можливу фіксацію положення яскравих зірок (зокрема Сіріуса) або певних сонячних циклів, що важливо для релігійної трансформації переходу до неоліту. Більш виражену календарну функцію мають об'єкти європейського мегалітизму. Ньюгрейндж (Ірландія, бл. 3200 р. до н. е.) є класичним прикладом високоточної солярної архітектури. Над входом до гробниці розташований «світловий короб»,



сконструйований таким чином, що під час зимового сонцестояння промінь світла проходить крізь довгий коридор, освітлюючи внутрішню камеру. Це свідчить про глибоке розуміння річного сонячного циклу та його інтеграцію в поховальний ритуал.

Аналогічні принципи спостерігаються у мегалітичних храмах Мальти — Джгантії та Мнайдри (IV–III тис. до н. е.). Вхід до Мнайдри орієнтований на схід Сонця в дні рівнодень та сонцестоянь. Внутрішня структура храмів дозволяла фіксувати ці дати за допомогою світлових плям на вівтарях, що перетворювало храм на гігантський кам'яний календар.

Найбільш обговорюваним об'єктом залишається Стоунхендж (Велика Британія, бл. 3000 р. до н. е.). Головна вісь комплексу збігається з напрямком сходу Сонця під час літнього сонцестояння. Математичний аналіз розташування каменів дозволяє припустити можливість прогнозування не лише сонячних подій, а й складних 18,6-річних циклів Місяця (так званих «високих» і «низьких» положень), що вказує на накопичення спостережних даних протягом багатьох поколінь.

У Південній Америці унікальним об'єктом є Чанкільйо (Перу, бл. 400 р. до н. е.). Комплекс «Тринадцяти веж», розташований на гребені пагорба, виконував роль точного горизонтного календаря. Спостерігач із певної точки міг фіксувати рух Сонця вздовж веж протягом року, що дозволяло визначати дати з точністю до декількох днів. Це мало критичне значення для управління сільськогосподарськими циклами в суворих кліматичних умовах Анд.

Давньоєгипетська архітектура також інтегрувала астрономічні орієнтири. Храм Амона-Ра в Карнаку та скельний храм Абу-Сімбел демонструють зв'язок із сонячними фазами. В Абу-Сімбелі двічі на рік світло проникає в глибину святилища, освітлюючи статуї божеств. Окрім солярної орієнтації, єгипетська традиція була тісно пов'язана з геліактичним сходом Сіріуса (Сопдет), поява якого на світанку сигналізувала про початок розливу Нілу.

У Мезоамериці цивілізація мая досягла найвищого рівня математизації астрономії. Споруда Ель-Караколь у Чичен-Іца функціонувала як обсерваторія. Її вікна спрямовані на крайні точки сходу та заходу Венери — планети, що була центральним об'єктом релігійно-політичного культу мая.

Порівняння різних археологічних пам'яток дозволяє простежити еволюцію ставлення людини до небесних явищ. У найдавніших культурах зірки, ймовірно, виконували роль орієнтирів для ритуалів, міфології та навігації. У неолітичний період мегалітичні споруди Європи починають виконувати функції календарних систем, що допомагали узгоджувати господарську діяльність із сезонними циклами.

У період розквіту великих цивілізацій Єгипту, Месопотамії та Мезоамерики астрономічні спостереження поступово набувають системного характеру. Рух Сонця, Місяця та яскравих планет стає основою календарів, які регулювали релігійні свята, сільське господарство та державні ритуали.

Спільною рисою багатьох об'єктів є використання архітектурних елементів, що працюють як своєрідні візирі: вузькі прорізи, довгі коридори або спеціально орієнтовані осі будівель. Завдяки цьому нерухомі кам'яні структури могли служити реперними точками для фіксації змін положення небесних тіл на горизонті. У цьому сенсі архітектура ставала матеріальним продовженням спостереження за небом.

Аналіз архітектурної спадщини давнини підводить до складного питання: чому багато культур витрачали значні ресурси на створення споруд із дуже точною небесною орієнтацією. Для об'єктів віком у кілька тисячоліть інтерпретація їхніх функцій неминуче спирається на гіпотези, оскільки прямих письмових пояснень здебільшого не збереглося. Одне з припущень полягає в тому, що точні спостереження за небом були пов'язані з релігійними уявленнями про космічний порядок. Існують і більш радикальні гіпотези, згідно з якими деякі знання могли бути успадковані від значно давніших культур або навіть мати позаземне походження. Подібні припущення не мають підтверджених доказів і залишаються предметом дискусій. Окреме питання викликає можливість усвідомлення довготривалих астрономічних циклів, таких як прецесія земної осі. Якщо давні культури справді помічали подібні зміни, це означало б, що їхні спостереження охоплювали дуже довгі часові інтервали.

На відміну від мегалітичних культур, де знання фіксувалися в камені, антична наука здійснила перехід до теоретичного моделювання. Хоча мегаліти вже враховували явище прецесії (поступового зсуву зоряного неба), саме Гіппарх Нікейський у II ст. до н. е. вперше математично описав це явище. Антична думка пройшла шлях від міфопоетичної «гармонії сфер» піфагорійців до математично обґрунтованої геоцентричної системи Клавдія Птолемея. Важливо зазначити, що попри домінування геоцентризму, Арістарх Самоський запропонував геліоцентричну модель, яка, хоч і не була прийнята сучасниками, продемонструвала здатність античного розуму до радикальної наукової абстракції.

**Висновки.** Аналіз археологічних об'єктів свідчить, що астрономія була невід'ємною частиною архітектурної та соціальної практики давніх суспільств. Мегалітичні споруди виконували роль стабільних реперних точок для спостереження за космосом, що дозволяло народам неоліту та бронзового віку створювати точні календарні системи. Універсальність принципів орієнтації



будівель на різних континентах підтверджує, що систематичне спостереження за небом було першим кроком до формування наукового методу пізнання світу.

## ЛЮДИНА СПОСТЕРІГАЄ ЗА ЗІРКАМИ: СУЧАСНА АСТРОНОМІЯ

Шевченко-Щербина А.С.<sup>1</sup>, Шевченко-Щербина А.С.<sup>1</sup>,

Артюх Є.П.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Email: hohenroda@ukr.net

**Вступ.** Астрономія як фундаментальна наука пройшла шлях від споглядального опису нічного неба до високоточної фізико-математичної дисципліни. Розуміння історичної ретроспективи дозволяє простежити, як зміна інструментарію спостережень безпосередньо корелювала зі зміною наукової парадигми — від геоцентризму до теорії Всесвіту, що розширюється.

**Мета дослідження** полягає у систематизації та аналізі основних астрономічних досягнень від середньовіччя до сучасності.

**Матеріали та методи** – теоретичний аналіз і узагальнення наукової інформації з астрономії та історії астрономії.

**Отримані результати.**

### *Революція геліоцентризму та закладання основ небесної механіки*

Перехід від середньовічної схоластики до наукового методу розпочався у XVI столітті. Миколай Коперник у праці «De revolutionibus orbium coelestium» (1543) запропонував математичну модель, де Земля позбавлялася статусу нерухомого центру. Це не лише спростило розрахунки видимих петель планет, а й започаткувало деантропоцентризм у науці.

Наступний етап пов'язаний із Галілео Галілеєм, який у 1609 році вперше спрямував удосконалений ним телескоп на небо. Його відкриття мали принципове значення: Рельєф Місяця (довів, що небесні тіла подібні до Землі), Супутники Юпітера (продемонстрували існування центрів обертання поза Землею), Фази Венери (стали прямим доказом її руху навколо Сонця).

Паралельно Йоганн Кеплер, опрацювавши прецизійні дані Тихо Браге, вивів три закони руху планет. Відмова від ідеальних колових орбіт на користь еліптичних дозволила досягти безпрецедентної точності прогнозів. Фінальним акордом цього періоду стала робота Ісаака Ньютона «Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica», де було доведено універсальність сили тяжіння: закони, що діють у земних лабораторіях, ідентичні законам, що керують рухом комет та планет.

**Астрофізичний етап: спектроскопія та великі рефлектори**

У XVIII–XIX століттях увага вчених змістилася з вивчення положень тіл на їхню фізичну природу. Вільям Гершель, побудувавши найбільші рефлекторні телескопи свого часу, відкрив планету Уран та заклав основи зоряної статистики. Важливим відкриттям стало виявлення інфрачервоного випромінювання (1800 р.), що через два століття стане основою роботи телескопа James Webb.

Винахід спектроскопії у XIX столітті (Кірхгоф, Бунзен) дозволив «доторкнутися» до зірок. Аналіз спектральних ліній дав змогу: Визначати хімічний склад зірок без безпосереднього контакту, Вимірювати радіальні швидкості за допомогою ефекту Доплера, Класифікувати зорі за температурою та світністю.

Це привело до відкриття Едвіном Габблом у 1920-х роках явища «червоного зміщення». Його спостереження на 100-дюймовому телескопі Гукера показали, що галактики не просто існують поза межами Чумацького Шляху, а й віддаляються одна від одної, що підтвердило теорію розширення Всесвіту Фрідмана-Леметра.

### ***Епоха космічних обсерваторій та багатоканальної астрономії***

Сучасний етап (XX–XXI ст.) характеризується виходом за межі земної атмосфери, яка поглинає значну частину електромагнітного спектра.

Телескоп Hubble (1990) дозволив уточнити вік Всесвіту (близько 13,8 млрд років) та підтвердити існування надмасивних чорних дір у центрах галактик.

Телескоп James Webb (2021) завдяки роботі в ІЧ-діапазоні «бачить» крізь газопилові хмари, фіксуючи формування перших зірок (популяція III) та аналізуючи атмосфери екзопланет на наявність біосигнатур.

Місія Gaia (ЄКА) здійснила революцію в астрометрії. Станом на 2025–2026 роки Gaia завершила свій основний цикл спостережень, створивши чотиривимірну карту Галактики. Вона виміряла власні рухи та паралакси для понад мільярда зірок із точністю, що еквівалентна вимірюванню товщини волосини з відстані 1000 км.

Особливе місце займає гравітаційно-хвильова астрономія. Реєстрація коливань простору-часу установками LIGO та Virgo у 2015 році відкрила «новий орган чуття» у людства. Тепер ми можемо досліджувати події, які не випромінюють світла, такі як злиття подвійних чорних дір.

### ***Внесок української науки в дослідження динаміки Всесвіту***

Україна має глибоку експертизу в астрономічних дослідженнях, що інтегрована у світовий науковий простір. Харківська школа планетології під керівництвом академіків НАНУ здійснюється моделювання оптичних властивостей поверхонь безатмосферних небесних тіл (Місяць, астероїди). Харківські вчені зробили вагомий внесок у підготовку місій до малих тіл Сонячної системи.

Радіоастрономічний інститут НАН України володіє унікальним інструментом — радіотелескопом УТР-2. Це найбільша у світі система для спостережень у



декаметровому діапазоні, що дозволяє вивчати сонячну активність та пульсари з надвисокою чутливістю.

МАО НАН України (Київ): Головна астрономічна обсерваторія координує мережу спостережень за штучними супутниками Землі та проводить фундаментальні дослідження структури Галактики.

**Висновки.** Аналіз еволюції астрономії свідчить, що кожне нове покоління інструментів призводило до фундаментального перегляду місця людини у космосі. Від оптичних телескопів Галілея до гравітаційних антен LIGO — шлях пізнання спрямований на дедалі точніше вимірювання динамічних параметрів Всесвіту. Сьогодні астрономія є продуктом глобальної кооперації, де поєднання даних із космічних місій (Gaia, JWST) та наземних радіотелескопів дозволяє будувати цілісну картину еволюції матерії від Великого Вибуху до формування планетних систем.

МЕТА ANGSTREM

# СЕКЦІЯ №2

ЖИТТЯ – ЦЕ РУХ

біологія, екологія, хімія





## ВЕЛИКА ПОДОРОЖ ЛЮДСТВА: РОЗСЕЛЕННЯ НОМО SAPIENS

Андрухова А.В.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[aandruhova0@icloud.com](mailto:aandruhova0@icloud.com)

**Вступ.** Сучасна людина — *Homo sapiens* — пройшла тривалий шлях еволюції, що розпочався в Африці близько 300 тисяч років тому. Процес розселення став однією з найважливіших подій в історії людства, оскільки він визначив сучасну географію населення планети та сприяв формуванню різноманітних культур. Вивчення шляхів міграції дозволяє зрозуміти, як наші предки змогли пристосуватися до суворих природних умов та заселити всі континенти.

**Мета дослідження.** Проаналізувати основні етапи та причини розселення *Homo sapiens* на планеті, дослідити методи адаптації первісних людей до нових природних умов та розглянути конкретні приклади давніх стоянок (зокрема на території України) як свідчення успішної колонізації нових територій.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі:

Археологічних знахідок: рештки *Homo sapiens* в Ефіопії (Омо-Кібіш, Херто), стоянки в Європі, Азії та Америці, а також унікальна Межиріцька стоянка в Україні.

Географічних та кліматичних даних: вивчення палеоклімату, льодовикових періодів та існування сухопутних мостів, таких як Берінгія.

Культурних артефактів: знаряддя праці, перші мистецькі твори (наскельний живопис), житла та найдавніші карти.

**Результати дослідження.** Виникнення та початковий етап: *Homo sapiens* з'явилися у Східній Африці. Перші люди жили групами по 20–40 осіб, займалися мисливством і збиральництвом, використовуючи кам'яні та кістяні знаряддя. Перша хвиля міграції на Близький Схід відбулася 100–70 тис. років тому через кліматичні зміни та нестачу їжі. Заселення Європи почалося близько 45 тис. років тому, де *Homo sapiens* протягом тривалого часу конкурували з неандертальцями, врешті повністю витіснивши їх близько 25 тис. років тому завдяки кращим технологіям та соціальним зв'язкам. Близько 65–50 тис. років тому люди досягли Австралії, використовуючи примітивні човни. Заселення Америки відбулося через Берінгію (суходіл на місці сучасної Берингової протоки) між 20 000 та 30 000 років тому. Прикладом високого розвитку є Межиріцька стоянка (15–20 тис. років тому). Мешканці будували складні житла з кісток мамонтів, використовували «ями-холодильники» для зберігання м'яса та створили найдавнішу відому карту на бивні мамонта.

**Висновки.** Розселення людства було повільним процесом, що тривав десятки тисяч років і відбувався поколіннями. Ключовими факторами успіху *Homo sapiens* стали:

Висока адаптивність: здатність виготовляти теплий одяг, будувати житла та використовувати вогонь для захисту й приготування їжі.

Соціальна взаємодія: робота в групах, обмін навичками та планування полювання.

Технологічний прогрес: вдосконалення знарядь праці та розвиток способів пересування (плоти, переходи через льодовикові зони).

## **МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ М'ЯЗОВОЇ СИСТЕМИ: ВІД МОЛЕКУЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ ДО МЕХАНІКИ РУХУ**

Білодід М.Д.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

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

**Вступ.** М'язи є спеціалізованою біологічною тканиною, ключовою особливістю якої є здатність до скорочення під впливом нервових імпульсів. Окрім забезпечення локомоції, м'язова система відіграє критичну роль у підтримці пози, стабілізації суглобів, терморегуляції та захисті внутрішніх органів. Взаємодія м'язів із нервовою та опорно-руховою системами створює єдиний злагоджений механізм руху.

**Мета дослідження.** Проаналізувати взаємозв'язок між анатомічною будовою м'язової тканини та її фізіологічними властивостями для розуміння механізмів оптимізації сили, швидкості та витривалості організму.

**Матеріали та методи.** Для дослідження було використано системний аналіз морфологічних характеристик м'язової тканини (скелетної, серцевої та гладкої) та вивчення молекулярних механізмів скорочення. Розглядалися фізико-хімічні процеси перетворення енергії та типи м'язових скорочень у контексті виконання різних фізичних завдань.

**Результати дослідження.** М'яз має складну структуру: від пучків волокон до міофібрил, що складаються із саркомерів. Саркомери, утворені білками актином та міозином, є основними функціональними одиницями скорочення. Виявлено три типи тканин: скелетна (поперечносмугаста, для швидких рухів), серцева (із вставними дисками для синхронної роботи) та гладка (забезпечує повільний, стабільний контроль внутрішніх органів). Функціонування системи базується на збудливості, провідності, скоротливості, розтяжності та еластичності. Це дозволяє системі миттєво реагувати на сигнали мозку та захищає тканини від



пошкоджень під час навантажень. Процес є енергозалежним і потребує кальцію (для утворення міозинових містків) та АТФ (як джерела енергії), що виробляється мітохондріями. Залежно від характеру навантаження, м'язи виконують концентричні, ексцентричні, ізометричні або плиометричні скорочення, що забезпечує як динаміку, так і статичну стабільність.

**Висновки.** Анатомічна архітектура м'язів ідеально адаптована до виконання специфічних рухових завдань. Кожен аспект морфології — від впорядкованого розташування білкових ниток до наявності мікроскопічних «силових станцій» (мітохондрій) — спрямований на максимально ефективне перетворення хімічної енергії в механічну роботу. Взаємодоповнювальна робота м'язів-антагоністів у поєднанні з їхньою фіксацією до скелета гарантує точність та контроль кожного руху.

## БІОМЕХАНІЧНІ АДАПТАЦІЇ ДО ШВИДКІСНОГО БІГУ У ТВАРИН

Васютін І.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Лицей «Ангстрем», Харків, Україна

[vsfoto770@gmail.com](mailto:vsfoto770@gmail.com)

**Вступ.** У дикій природі швидкість пересування є критичним чинником виживання, визначаючи успіх взаємодії в системі «хижак — жертва». Кожен вид має унікальні здібності, де одні тварини вдосконалюють навички втечі, а інші — ефективного переслідування, що стимулює розвиток специфічних анатомічних пристосувань.

**Мета дослідження.** Проаналізувати різноманітність способів швидкісного пересування наземних істот та виявити біомеханічні закономірності (взаємозв'язок маси тіла, сили м'язів та структури скелета), що обмежують або сприяють досягненню максимальної швидкості.

**Матеріали та методи.** Для аналізу використано дані про морфологічні особливості та швидкісні показники трьох спеціалізованих видів: гепарда (ссавці), африканського страуса (птахи) та ящірки-василіска (рептилії). Розглянуто два основні фізичні чинники обмеження швидкості: «межу ємності кінетичної енергії» (для дрібних тварин) та «межу працездатності» (для великих тварин).

**Результати дослідження.** Гепард демонструє граничну швидкість (до 130 км/год) завдяки малій вазі (50 кг), гнучкому хребту, що працює як пружина, та спеціальній будові лап, які забезпечують зчеплення з ґрунтом. Африканський страус є найшвидшим двоногим бігуном (до 97 км/год), що адаптувався до життя без польоту шляхом концентрації м'язової енергії в нижніх кінцівках та розвитку

двопалої стопи з гострим кігтем для захисту. Ящірка-василіск представляє унікальну форму руху — біг по поверхні води (12 км/год), що стає можливим завдяки надшвидким ударам лап, створенню повітряних бульбашок та специфічним мембранам на пальцях.

Доведено, що максимальна швидкість залежить від того, який з факторів (швидкість або сила скорочення м'язів) досягне межі першим, що пояснює, чому масивні тварини (наприклад, слони) не можуть бути найшвидшими.

**Висновки.** Здатність до бігу є результатом складного еволюційного пошуку балансу між масою тіла та м'язовою силою. Кожна анатомічна особливість — від кількості пальців до структури скелета — спрямована на максимальну ефективність руху в конкретних екологічних нішах, забезпечуючи виживання виду.

## ФОТОТРОПІЗМИ ЯК РОСТОВІ РУХИ РОСЛИН

Глубоченко А.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[dusha.glubochenko@gmail.com](mailto:dusha.glubochenko@gmail.com)

**Вступ.** В основі ростових рухів рослин (тропізмів) лежить така властивість цитоплазми клітини як подразнюваність. Цитоплазма реагує на подразники зовнішнього середовища – світло, воду, силу тяжіння тощо, та відповідає на них рухом – до чи від подразника. У результаті спостерігається явище тропізму. Тропізм може бути позитивним – рух до подразника, чи негативним – рух від подразника.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є порівняльний аналіз фототропізму та типового росту рослин на прикладі цибулі для з'ясування впливу світлового подразника на ріст рослини.

**Матеріали та методи.** Матеріалом дослідження слугували власні спостереження автора протягом чотирьох тижнів за вирощуванням двох цибулин. Експериментальний зразок (цибулина 1) знаходилась в умовах наявності джерела світла лише з одного боку, тоді як інший зразок того самого виду (цибулина 2) вирощувався в стандартних умовах. Це дозволило автору здійснити порівняння росту пагонів двох зразків та зробити висновки щодо природи фототропізму. Для цього у дослідженні було використано метод спостереження, описовий метод та метод порівняльного аналізу.

**Результати дослідження.** Рослини відповідають на подразники зовнішнього середовища спрямовуючи ростові і скоротливі рухи або вигинаючи свої органи. Так рослина повільно, але впевнено рухається у потрібному їй напрямку. Ростові



рухи залежать від виду подразника. Рослині легше рухатися у бік подразника окремим своїм органом – листком, пагоном, коренем, ніж усією рослиною, тому що з одного боку може відбуватися швидший ріст клітин у формі розтягування. Так фітогормони, ауксин та абсцизова кислота, що забезпечують ріст рослин, накопичуються з потрібного рослині боку.

Це було підтверджено результатом експерименту автора. Зокрема, протягом періоду спостереження експериментальний зразок (цибулина 1, що зростала із джерелом світла лише з одного боку) показав наступні результати. Пагони цибулини виростили на 36 см та вигнулися у напрямку джерела світла, утворивши кут близько 45 °. Водночас, контрольний зразок (цибулина 2, що зростала у стандартних умовах) показала інші характеристики. Її пагони виростили на 34 см, проте залишились спрямовані вертикально угору. Таким чином, розташування джерела світла визначило ростові рухи експериментального зразка. Результати спостереження представлено у таблиці 1.

#### Таблиця 1

Порівняльний аналіз росту цибулин під впливом фототропізму та без нього

Характеристика	Зразок 1	Зразок 2
Довжина	36 см	34 см
Кут	45°	90°

За результатами експерименту можна помітити, що довжина двох зразків відрізняється не суттєво, тоді як кут нахилу пагону різниться помітно, що пояснюється зміною рослиною напрямку його руху у бік джерела світла.

**Висновки.** Отже, фототропізми – це вид тропізмів, де відбувається рухова реакція рослин на світло. Якщо джерело світла знаходиться з одного боку, то стебла або пагони рослини видовжуються у цей бік (позитивний фототропізм) для покращення можливостей для фотосинтезу. Це явище зумовлене гормоном ауксином, який накопичується з тіньового боку, прискорюючи ріст клітин, що призводить до вигину в бік світла. Ауксин стимулює ріст клітин, тому тіньовий бік рослини росте швидше, вигинаючи рослину до світла. Проведений експеримент повністю підтвердив вплив розташування джерела світла на напрямок росту пагонів рослин.

## РУХ ВИЩИХ ГРИБІВ

Гузунін Д.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М., Білоус В.А.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[d.guzunyn@gmail.com](mailto:d.guzunyn@gmail.com)

**Вступ.** У природі рух асоціюється переважно з тваринами чи людиною. Проте вищі гриби також демонструють специфічні форми руху, що проявляються у рості гіфів, піднятті плодових тіл та здатності проникати крізь щільні субстрати. Ці процеси базуються на фізико-хімічних механізмах, зокрема осмотичному тиску та пластичності клітинної стінки. Дослідження таких явищ дозволяє краще зрозуміти біологію грибів та їхню роль у природних екосистемах.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз механізмів руху вищих грибів, зокрема росту гіфів, формування та підняття плодових тіл, а також визначення ролі клітинної стінки у забезпеченні цих процесів.

**Матеріали та методи.** Матеріалом дослідження слугували власні спостереження за вирощуванням грибів у домашніх умовах із блоку міцелію, а також аналіз наукових джерел та мікрофотографій гіфів. Використано описовий метод, порівняльний аналіз та елементи фізико-хімічного моделювання (рівняння Вант-Гоффа для осмотичного тиску).

**Результати дослідження.** Встановлено, що ріст гіфів відбувається верхівковим способом, завдяки чому грибниця може охоплювати значні площі. Підняття плодових тіл забезпечується тургорним тиском клітин, який досягає 0.5–1.0 МПа. Клітинна стінка грибів, утворена комплексом хітину, глюканів та манопротеїнів, поєднує жорсткість і пластичність, що дозволяє витримувати тиск і водночас рости. Виявлено здатність гіфів проникати крізь щільні субстрати (грунт, деревину, навіть асфальт), що можна порівняти з дією гідравлічного домкрата. Експериментальне вирощування показало швидке формування плодових тіл: від появи міцелію до зрілих грибів проходить близько одного місяця.

**Висновок.** Вищі гриби демонструють особливу форму руху, що ґрунтується на поєднанні осмотичних процесів та структурних властивостей клітинної стінки. Їхня здатність швидко рости, змінювати напрямок гіфів та долати фізичні перешкоди свідчить про складність і унікальність цих організмів. Дослідження руху грибів має значення для біології, екології та практичного вирощування.



## БІОМЕХАНІЧНІ АСПЕКТИ СТРИБКОВОГО РУХУ В ТВАРИННОМУ СВІТІ

Даниленко Т.Ю.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[dna142499@gmail.com](mailto:dna142499@gmail.com)

**Вступ.** Стрибки в тваринному світі є унікальним біомеханічним процесом, у якому анатомічна будова та фізіологічні функції організму повністю адаптовані для досягнення максимальної швидкості та енергоефективності. Такий спосіб пересування став результатом тривалої еволюції, дозволяючи тваринам ефективно виживати у відкритих ландшафтах, долати великі відстані та уникати хижаків.

**Мета дослідження.** Проаналізувати та порівняти морфо-функціональні адаптації різних представників фауни (тушканчика, кенгуру та бліх), що забезпечують їхню виняткову стрибучість та маневреність.

**Матеріали та методи.** Об'єктами аналізу стали представники різних таксономічних груп: ссавці (Тушканчик великий *Allactaga jaculus* та Кенгуру велетенський *Macropus giganteus*) і комахи (ряд Блохи *Siphonaptera*). Дослідження базується на вивченні їхньої скелетно-м'язової структури, специфіки сухожилля та біохімічного складу тканин, що залучені до локомоції.

**Результати дослідження.** Головним елементом «пружинного» механізму тушканчика є задні кінцівки, які у 3–4 рази довші за передні. Еволюційне зрощення плеснових кісток у єдину міцну кістку — цілку — створило потужний важіль для відштовхування. Динамічну стабільність та миттєву зміну траєкторії польоту забезпечує довгий хвіст-кермо. Характерний «рикошетний біг» робить рух тварини непередбачуваним. Біомеханіка руху кенгуру базується на ефекті рекуперації. Замість м'язових зусиль основну роботу виконують еластичні ахіллові сухожилля, що накопичують енергію під час приземлення та повертають її під час стрибка. Додатковою адаптацією є синхронізація дихання зі стрибками, де інерція внутрішніх органів допомагає роботі легень, економлячи енергію діафрагми. У бліх на мікрорівні реалізовано механізм «живої катапульти». Використання надзвичайно еластичного білка резіліну дозволяє накопичувати та миттєво вивільняти до 97% енергії. Це забезпечує неймовірне прискорення, що у 140 разів перевищує вільне падіння, та дозволяє здійснювати до 30 000 стрибків поспіль без втоми.

**Висновки.** Стрибки як основний спосіб пересування є результатом комплексної спеціалізації організму на різних рівнях: від масивних скелетних важелів у тушканчиків до унікальних сухожильних систем у кенгуру та молекулярних

«пружин» у комах. Кожен із розглянутих видів демонструє досконалі природні інженерні рішення, які дозволяють конвертувати біологічну енергію в механічний рух із найвищим коефіцієнтом корисної дії.

## ШВИДКІСТЬ ОСІДАННЯ ЕРИТРОЦИТІВ

Доброжанська М.О., Шейкіна Н.В.

Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

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

**Вступ.** Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) - це базова процедура, яка вказує на можливі запальні, інфекційні, аутоімунні або онкологічні процеси в організмі. Кров людини складається з рідкої та густої частин, порушення співвідношення яких безпосередньо впливає на стан здоров'я. Еритроцити, або червоні кров'яні тіลця, продукуються у кістковому мозку, складаються на 33% із залізовмісного гемоглобіну та виконують транспортну функцію, переносячи кисень. Процес вимірювання ШОЕ полягає у змішуванні венозної крові з антикоагулянтом у вертикальній капілярній пробірці. Протягом однієї години еритроцити осідають під дією гравітації - взаємодії між масою клітин та поверхнею Землі. Лаборант вимірює висоту утвореного шару плазми у міліметрах за годину. Норма показника залежить від віку та статі: для чоловіків вона становить 1–15 мм/год, для жінок - 2–20 мм/год, а при вагітності може сягати 30 мм/год. Кількість еритроцитів також варіюється, складаючи в середньому 5.4 млн на мікролітр у чоловіків та 4.8 млн у жінок. Таким чином, цей аналіз дозволяє виявити приховані патології, які не завжди помітні за іншими дослідженнями.

**Мета дослідження.** Вивчити фізичні закономірності процесу осідання еритроцитів у плазмі крові та обґрунтувати діагностичне значення показника ШОЕ як індикатора запальних і патологічних процесів в організмі людини.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням та опрацюванням інтернет-ресурсів, різноманітних джерел інформації та сучасних наукових методів.

**Результати дослідження.** Показник ШОЕ залежить від фізичних властивостей еритроцитів і середовища, в якому вони знаходяться. Еритроцити можна розглядати як частинки, що рухаються в рідині (плазмі крові) і мають масу, форму, розмір, об'єм і еластичність. Їх рух у середовищі підпорядковується законам механіки та гідродинаміки. У нормальних умовах вони осідають повільно. При зміні складу крові швидкість цього процесу змінюється.

Форма та еластичність еритроцитів впливають на їх рух. У нормі вони мають біконкавну форму і добре деформуються, що дозволяє проходити через вузькі



капіляри. При патологічних станах форма змінюється, а еластичність знижується. Це ускладнює рух клітин і змінює швидкість їх осідання.

Для опису ШОЕ простої формули  $S=t*V$  недостатньо, оскільки вона не враховує внутрішню структуру тіла. Це важливо для показника ШОЕ, на який впливають відповідні параметри. При запальному процесі еритроцити злипаються, утворюючи агрегати («монетні стовпчики», руло), що збільшує їх масу. Відповідно до формули  $F=m*g$ , вони швидше осідають під дією сили тяжіння. У хворих з онкологією ШОЕ може досягати 70–100 мм/год через утворення великих агрегатів.

ШОЕ описується процесом седиментації - осідання твердих частинок під дією гравітації в рідкому середовищі. Кров складається з плазми та частинок, тому процес осідання подібний до руху частинок у в'язкій рідині. Згідно із законом Стокса, швидкість осідання залежить від розміру частинки та густоти рідини. Частинка у в'язкому середовищі досягає граничної швидкості, що визначається балансом сил і описується формулою:  $v=2gr^2(\rho_e - \rho_p)/9\eta$ , де  $g - 9.81\text{м/с}^2$  – прискорення вільного падіння,  $\eta$  – динамічна в'язкість середовища,  $r$  – радіус сферичної частинки,

Еритроцити мають біконкавну форму. Таким чином, зміни  $r$ ,  $\eta$  і кількості частинок (через злипання) впливають на швидкість осідання: більші частинки осідають швидше.

Пойкілоцитоз - лабораторна ознака наявності еритроцитів неправильної форми (>15–25%), що асоціюється з важкими анеміями, онкогематологічними захворюваннями, патологіями печінки та ДВС-синдромом; є симптомом патологічного процесу.

Анізоцитоз - наявність еритроцитів різного розміру (мікро- і макроцити), що свідчить про порушення еритропоезу, найчастіше при залізодефіцитній анемії, дефіциті вітаміну B12 або ураженні кісткового мозку.

Анемія - стан недостатнього постачання кисню тканинам ( $\approx 400$  різновидів), зумовлений крововтратою, зниженням утворення або підвищенням руйнуванням еритроцитів; супроводжується втомою, млявістю, головним болем, дратівливістю та зниженням когнітивних функцій.

Підвищення ШОЕ при значній втраті еритроцитів пов'язане зі зниженням в'язкості крові та порушенням співвідношення клітин і плазми (внутрішні кровотечі, надмірне вживання аспірину).

Анемії зі зниженим еритропоезом включають залізодефіцитну, авітамінозну форми та патології червоного кісткового мозку і стовбурових клітин.

Поліцитемія - підвищений вміст еритроцитів, що збільшує в'язкість крові та ризик інфарктів, інсультів і тромбозів; пов'язана зі зневодненням, захворюваннями, курінням або перебуванням на висоті.

**Висновки.** ШОЕ - один з основних і обов'язкових показників загального аналізу крові, що відображає стан організму, зокрема самопочуття, зовнішній вигляд і фізичну витривалість.

Інтерпретація ШОЕ ґрунтується на розумінні базових фізичних процесів, що відбуваються в природі та живих організмах.

Процеси у світі є взаємопов'язаними; фізичні та біологічні явища взаємодіють і не є ізольованими.

Організм людини є складною системою, яка, попри свою організацію, підпорядковується законам фізики; значна частина біологічних процесів має механічну природу.

## ОСОБЛИВОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ МІГРАЦІЇ ПТАХІВ ЧЕРЕЗ ТЕРИТОРІЮ УКРАЇНИ

Єфімова К.Д.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[dimas.rock777@gmail.com](mailto:dimas.rock777@gmail.com)

**Вступ.** Міграція птахів є одним із найскладніших природних явищ, що поєднує інстинктивну поведінку, екологічну адаптацію та унікальні біофізичні механізми навігації. В українській культурі відліт птахів у «вирій» традиційно асоціювався з міфічними теплими країнами, проте сучасні дослідження доводять, що це чітко визначені маршрути до Африки та Південної Азії. Розуміння шляхів міграції, що проходять через Україну, є критично важливим для збереження біорізноманіття та вивчення впливу екологічних факторів на популяції перелітних видів.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз основних міграційних шляхів птахів на території України, вивчення стратегій перельоту окремих видів (лелек, ластівок, солов'їв) та дослідження сучасних методів орієнтації птахів, зокрема квантових механізмів магніторецепції.

**Матеріали та методи.** У роботі використано метод теоретичного аналізу орнітологічних даних, результати GPS-моніторингу переміщень білого лелеки (*Ciconia ciconia*) та дані досліджень квантової біології (2021–2025 рр.). Проаналізовано характеристики трьох головних міграційних коридорів України: Азово-Чорноморського, Поліського та Дніпровського. Використано порівняльний метод для опису денної та нічної міграційних стратегій різних видів.

**Отримані результати.** Встановлено, що через Україну проходять ключові «повітряні магістралі». Азово-Чорноморський широтний шлях характеризується найбільшою концентрацією птахів. Дніпровський меридіанний шлях переважно



використовується водоплавними видами (гуси, качки). З'ясовано, що стратегії перельоту суттєво різняться: білий лелека використовує енергію терміків (висхідних потоків повітря), уникаючи відкритих морських просторів, тоді як сільська ластівка (*Hirundo rustica*) мігрує низько над землею, полюючи в польоті. Особливу увагу приділено механізмам навігації. Доведено, що птахи використовують квантовий зір завдяки білку криптохрому 4 (CRY4). Фотон світла активує у сітківці ока пару радикалів, стан яких залежить від магнітного поля Землі. Чутливість цього біокомпасу дозволяє розрізняти зміни інтенсивності поля в межах 10–15 нТ, що становить менше 0.03% від фонового значення (приблизно 50000 нТ для території України). Також виявлено використання інфразвуку та астронавігації. Для вивчення маршрутів застосовуються сучасні GPS-трекери на сонячних панелях. Вони кріпляться за допомогою спеціальних тефлонових стрічок і дозволяють науковцям у реальному часі отримувати точні координати, визначати місця зупинок для відпочинку та виявляти причини загибелі птахів.

**Висновки.** Міграція птахів через Україну — це багатокомпонентний процес, що базується на використанні трьох основних географічних коридорів. Успішність перельотів забезпечується складною системою орієнтації, де провідну роль відіграє квантова магніторецепція, доповнена візуальною пам'яттю та використанням сонячного й зоряного компасів. Використання сучасних технологій моніторингу підтверджує високу вірність птахів місцям гніздування та дозволяє виявляти зони екологічного ризику на шляху їхнього прямування до місць зимівлі в Африці та Азії.

## ПРИШВИДЧУВАЧІ РЕАКЦІЇ – БІОКАТАЛІЗАТОРИ (ФЕРМЕНТИ)

Кірічек Ю. С.

Науковий керівник: Яковлева Л. М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

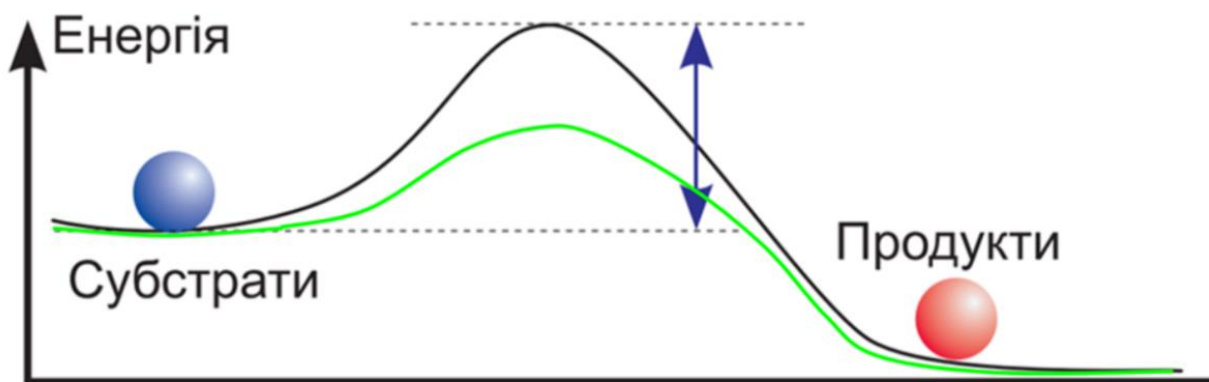
topclasskharkov@gmail.com

**Вступ.** Вивчення ферментів (ензимів) є ключовим для розуміння основ життя, оскільки вони каталізують всі біохімічні реакції в організмі. Знання про них дозволяє розуміти процеси метаболізму, діагностувати хвороби, розробляти нові ліки та вдосконалювати харчові технології. Розуміння специфічності та властивостей ферментів дає можливість керувати хімічними процесами у промислових масштабах. Ферменти - це біологічні каталізатори, без яких неможливий обмін речовин.

**Мета дослідження.** Провести аналіз принципів роботи каталізаторів. Дослідити практичне застосування у різних сферах наукових досліджень та промисловості.

**Матеріали та методи.** Матеріальна база роботи охоплює текстовий та фактологічний масив даних, отриманий із різноманітних освітніх ресурсів, публікацій наукового й науково-популярного характеру та сучасної наукової періодики.

**Результати дослідження.** Всі ферменти мають білкову природу. За своєю суттю вони є каталізатори — це речовини, які пришвидшують хімічні реакції, але самі залишаються незмінними після її закінчення. Щоб молекули реагуючих речовин почали взаємодіяти, їм необхідний мінімальний запас енергії — енергія активації. Так вони долають енергетичний бар'єр, який не дозволяє хаотично взаємодіяти всім речовинам. Енергетичний бар'єр зумовлений силами відштовхування між молекулами, а також силами зчеплення між атомами всередині молекули. Тобто коли атоми в молекулі міцно з'єднані між собою, потрібно багато енергії, щоб розірвати ці зв'язки, почати реакцію й утворити нові зв'язки.



На рисунку синьою стрілкою показано, скільки енергії необхідно, щоб почалася хімічна реакція, чорна крива показує реакцію без каталізатора, а зелена — реакцію з каталізатором. Як бачимо, для початку реакції з каталізатором потрібно набагато менше енергії. Чому? Каталізатор створює для субстратів перехідний стан, в якому зв'язки всередині молекули можуть легше розриватись, це і знижує енергію активації. Ферменти допомагають молекулам, які у звичайних умовах ігнорують одна одну, нарешті вступити в реакцію. Ферменти пришвидшують хімічні реакції в організмі в цілих 108-1020 разів. В роботі досліджено механізми, за якими потрібний фермент знаходить саме свій субстрат серед мільйонів інших молекул в «темряві» клітини. Завдяки яким особливостям структури білкових молекул ферменти здатні виконувати свої функції. Складним ензимам для життєдіяльності потрібен союзник – кофермент. У цій ролі виступають вітаміни та мікроелементи. Саме тому недолік або надлишок вітамінів загалом негативно позначається на здоров'ї, адже ферменти, залишившись без партнера, не можуть виконувати своїх функцій. Більшість коферментів є похідними водорозчинних вітамінів. Ферменти - це основа життєдіяльності. Без них хімічні процеси в



клітині відбувалися б занадто повільно, що унеможливило б існування життя. Їхня головна роль полягає у високоспецифічному каталізі, який дозволяє організму миттєво реагувати на зміни середовища, регулюючи обмін речовин (метаболізм) з мінімальними витратами енергії.

**Висновки.** Ферменти — це відображення життя, оскільки вони є архітекторами та двигунами всіх біохімічних процесів, які підтримують існування клітин та організмів. У сучасній науці роль ферментів вийшла за межі живої клітини. Вони стали ключовими інструментами в біотехнології (виготовлення ліків, продуктів харчування) та діагностиці (визначення хвороб за рівнем ензимів у крові). Це робить ензимологію фундаментом для розвитку персоналізованої медицини та «зеленої» промисловості. Вивчення ферментів має величезне значення для будь-якої фундаментальної та прикладної галузі біології, хімічної, харчової та фармацевтичної індустрії, зайнятих приготуванням каталізаторів, антибіотиків, вітамінів, амінокислот, пептонів та інших біологічно активних речовин, які використовують у народному господарстві та медицині. Ензимологія — одна з наук, яка не лише пролила світло на біохімічні процеси в організмах, а й стала надійною помічницею для людини в багатьох сферах життя. Сучасна ензимологія трансформується з теоретичної дисципліни у потужний інструмент біотехнології, медицини та екології.

## СТРАТЕГІЇ МІГРАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ АТЛАНТИЧНОГО ЛОСОСЯ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ВУГРЯ

Клімов Д.В.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[dak48576@gmail.com](mailto:dak48576@gmail.com)

**Вступ.** Міграції водних організмів є важливим природним явищем, що забезпечує їх існування та відтворення. Вони пов'язані зі зміною середовища життя на різних етапах розвитку та потребують складних пристосувань. Рух популяцій риб є одним із фундаментальних процесів, що формують екосистеми планети та підтримують біорізноманіття. Міграційні цикли атлантичного лосося (*Salmo salar*) та європейського вугря (*Anguilla anguilla*) є яскравими прикладами складних, генетично запрограмованих навігаційних стратегій, які демонструють високу адаптивну здатність живих організмів. Вивчення цих процесів дозволяє краще зрозуміти функціонування природних систем і вплив зовнішніх факторів на живі організми.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є вивчення біологічних та екологічних особливостей міграційних циклів атлантичного лосося та європейського вугря

для з'ясування їхньої ролі як «екологічних насосів», що забезпечують перенесення поживних речовин між морськими та прісноводними екосистемами.

**Матеріали та методи.** Для дослідження використовували наукові джерела про біологію та екологію атлантичного лосося та європейського вугря, відео спостереження їх життєвих циклів, а також дані про місця проживання, маршрути міграції, харчування та морфологію. Дослідження охоплює спостереження за анадромною поведінкою лосося (міграція з прісної води в солону і назад) та катадромною поведінкою вугря (нерест у морі, ріст у прісних водах). Методи включали теоретичний аналіз джерел, описовий метод для систематизації інформації та порівняльний аналіз стратегій виживання й навігації цих риб.

**Результати дослідження.** Атлантичний лосось народжується у прісній воді, мігрує в море, де він проходить процес адаптації до солоної води (смольтифікація). Завдяки здатності «запам'ятовувати» запах рідної річки (хомінг), дорослі особини повертаються до місць народження з високою точністю, долаючи до 5000 миль та значні перешкоди, включаючи водоспади заввишки до 3 метрів. Під час нересту відбуваються радикальні морфологічні зміни. Європейський вугор народжується в морі, росте у прісних або солонуватих водах. Життєвий цикл включає тривалу міграцію личинок (лептоцефалів) від Саргасового моря до берегів Європи (понад 6500 км), не живлячись під час міграції, контролюючи чисельність водних організмів і очищаючи середовище. Обидва види виступають «екологічними насосами», транспортуючи тони органіки та мікроелементів (азот, фосфор) з океану вглиб континентів. Вони є індикаторами здоров'я екосистем: скорочення їхніх популяцій через забруднення, дамби та надмірний вилов свідчить про серйозні екологічні проблеми. Вони підтримують стабільність популяцій, забезпечують харчові ланцюги та сприяють збереженню біорізноманіття.

**Висновки.** Міграція риб є складним і життєво важливим процесом, що забезпечує їх розмноження та виживання. Атлантичний лосось і європейський вугор демонструють різні типи міграцій, але обидва види є важливими для екосистем. Збереження цих видів є критично важливим для стабільності світових екосистем і потребує екологічного контролю та охорони природного середовища.



## РОСТОВІ РУХИ РОСЛИН – НАСТІЇ І НУТАЦІЇ

Левандовський С.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

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

**Вступ.** Рослини мають здатність підтримувати певну орієнтацію своїх органів у просторі, реагуючи на зовнішні впливи зміною їхнього положення. На відміну від тварин, чий рух забезпечуються нервовою та м'язовою системами, рух рослин мають іншу природу й базуються на процесах підсиленого росту клітин або зміні тургорного тиску. Протягом еволюції ці механізми стали ключовими для адаптації до навколишнього середовища.

**Мета дослідження.** Проаналізувати різновиди ростових рухів рослин (настій та нутацій), вивчити фізіологічні механізми їхнього здійснення (гормональна та тургорна регуляція) та визначити їхню роль у забезпеченні життєдіяльності та виживання рослинних організмів.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі фізіологічних реакцій різних видів рослин, таких як мімоза сором'язлива (*Mimosa pudica*), квасоля (*Phaseolus*), тюльпан, шафран та різні види ліан. У роботі використано дані тривалої відеозйомки (таймлапс), що дозволяє візуалізувати повільні рухи, які непомітні в режимі реального часу.

**Результати дослідження.** Провідну роль у ростових рухах відіграє фітогормон ауксин, який спричиняє підкиснення та розрихлення клітинних стінок, індукуючи ріст розтягуванням. Енергію для цих процесів забезпечує підсилене дихання. Настії — це рухи у відповідь на дифузні подразники (світло, температура). Фотонастії (кульбаба) та термонастії (тюльпан) регулюють розкриття квіток. Ніктинастії регулюються «біологічним годинником» — ендогенними ритмами, що дозволяють рослинам орієнтуватися в часі. Сеймонастії — це найшвидші рухи (час реакції до 0,08 с), зумовлені різкою зміною тургору через вихід іонів  $K^+$  та  $Cl^-$  із моторних клітин (наприклад, складання листя мімози). Нутації — це автономні колові рухи верхівок пагонів та коренів, що не залежать від зовнішніх стимулів. У ліан вони забезпечують пошук опори для просування до світла.

**Висновки.** Ростові рухи є фундаментальним механізмом адаптації, що дозволяє рослинам оптимізувати газообмін, захищати репродуктивні органи від негоди, пристосовуватися до запилювачів та ефективно використовувати сонячну енергію. Ростові процеси лежать в основі формування екосистем та біосферної ролі рослин як первинних продуцентів органічної речовини та кисню.

## ОСОБЛИВОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ МІГРАЦІЇ МЕТЕЛИКІВ

Лисенко А.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Ліцей «Ангстрем» м. Харків Україна

[olyaolya.trrv@gmail.com](mailto:olyaolya.trrv@gmail.com)

**Вступ.** Міграція метеликів — складне природне явище, що поєднує інстинктивну поведінку, адаптацію до середовища та механізми орієнтації. Метелики долають великі відстані завдяки поєднанню активного польоту та використання повітряних потоків. Вивчення міграції метеликів важливе для збереження біорізноманіття та розуміння змін клімату.

**Мета дослідження.** Проаналізувати біологічні особливості, навігаційні механізми та стратегії виживання мігруючих видів метеликів (зокрема Данаїди Монарха, Адмірала та Сонцевика будякового) для розуміння їхньої ролі в екосистемі. Проаналізувати міграційні шляхи метеликів на території України та Європи та вивчити механізми орієнтації метеликів під час міграції.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі даних про міграційні маршрути, швидкість польоту (в середньому 12,7–16,5 м/с) та фізіологічні адаптації комах. Використано результати сучасних методів дослідження, таких як моделювання повітряних течій, ізотопний та генетичний аналізи пилку, а також спостереження за навігацією за допомогою «сонячного компаса» та магнітного поля Землі. Використання маркування особин і супутникового моніторингу (для великих видів). Порівняння різних стратегій міграції (денна активність, залежність від вітру).

**Результати дослідження.** Виявлено основні міграційні маршрути метеликів у Європі, що частково проходять через Україну. Найвідоміші мігруючі види:

- Реп'яхівка (*Vanessa cardui*) — здійснює далекі сезонні перельоти між Африкою та Європою;
- Монарх (*Danaus plexippus*) — відомий своїми багатотисячними кілометровими міграціями (поза Україною).
- Адмірал (*Vanessa atalanta*) — ареал у цього виду дуже великий: це Північна і Центральна Америка, Північна Африка, Європа і помірні і південні широти Азії.
- Сонцевик будяковий (або Чортополохівка) — справжній атлет серед комах, чия міграція вважається однією з наймасштабніших у світі природи.

Для подолання великих відстаней деякі види (наприклад, Монархи) впадають у діапаузу — стан, що уповільнює старіння та збільшує тривалість життя з 2 до 8 місяців. Перед тривалими перельотами комахи накопичують жирові запаси до 13,7% від маси тіла. Міграція часто має «естафетний» характер. Наприклад, у Сонцевика будякового шлях довжиною 12 000–14 000 км долають 6–8 поколінь.



У Монархів нащадки, які ніколи не були в місцях зимівлі предків, безпомилково повертаються на ті самі дерева. Встановлено, що Сонцевики будякові здатні перетинати Атлантичний океан (понад 4200 км) за 5–8 діб, використовуючи попутні вітри. Метелики використовують сонце, зірки та магнітне поле для орієнтації. Види поділяються на поодиноких мігрантів та тих, що формують величезні скупчення (до 50 млн особин у заповідниках Мексики).

**Висновки.** Міграція метеликів — це багатокомпонентний процес, що залежить від клімату, наявності їжі та погодних умов; унікальний біологічний механізм адаптації, який дозволяє виду максимально ефективно використовувати ресурси різних кліматичних зон. Успішність перельотів забезпечується поєднанням інстинктів і природних навігаційних механізмів. Це явище має критичне значення для глобальної екосистеми, оскільки забезпечує трансконтинентальне запилення рослин та перенесення поживних речовин. Дослідження міграції допомагає виявляти екологічні проблеми та зберігати популяції метеликів.

## УТВОРЕННЯ МАКРОМОЛЕКУЛ ДНК, РНК – МАТРИЦІ ЖИТТЯ

Ніколенко Д.В.

Науковий керівник: Яковлева Л.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

cifrobp161222@gmail.com

**Вступ.** Планета Земля. Життя вирує на ній в усіх проявах. Воно існує у вічних льодовиках, гарячих пустелях, жерлах вулканів, найтемніших глибинах океану. Земля насичена життям у такій різноманітності, важко збагнути все. Чи замислювалися ви над тим, що лежить в основі життя? Наука намагалася відповісти на це питання протягом всієї історії цивілізації.

Передбачення, що саме яйце є символом життя - справдилося. Саме білок пташиного яйця дає початок назві класу - білки. Білки - це структурні компоненти всього живого земного походження. Життя на Землі - є спосіб існування білкових тіл. Білки є головним структурним компонентом усіх клітин, які виконують ключові функції, що забезпечують життєдіяльність організмів. Кожен живий організм є унікальним за своєю індивідуальною структурою білків, яка визначається унікальною послідовністю амінокислот (первинною структурою). Цей набір білків, закодований у ДНК, забезпечує функціонування клітин, обмін речовин, захист та структурну цілісність, роблячи кожного представника виду неповторним на молекулярному рівні.

Життя на землі існує завдяки здатності організмів зберігати, передавати та реалізовувати генетичну інформацію. Основою цього процесу є нуклеїнові кислоти – ДНК і РНК. Саме вони виконують роль своєї матриці життя, тобто

системи, за якою створюються нові клітини та організми. Вивчення структури утворення цих молекул є одним з найважливіших відкриттів в біології.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є вивчення структури, властивостей та механізмів утворення нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), а також їх ролі у збереженні, передачі та реалізації генетичної інформації в живих організмах.

**Матеріали та методи дослідження.** У даному дослідженні використовувалися теоретичні матеріали та наукові джерела з молекулярної біології.

Матеріали:

- наукова література з біології;
- підручники та довідкові джерела;
- інформація про будову та функції ДНК і РНК;
- дані про відкриття нуклеїнових кислот і їх дослідження.

Методи дослідження:

- аналіз наукової літератури;
- узагальнення та систематизація інформації;
- порівняння біологічних процесів (реплікація, транскрипція, трансляція);
- описовий метод (пояснення механізмів утворення ДНК і РНК).

**Результати дослідження.** Процес синтезу ДНК є одним із найбільш складних і водночас досконалих механізмів у живій природі. Завдяки принципу комплементарності та роботі цілого комплексу ферментів, клітина здатна копіювати величезні обсяги генетичної інформації з мінімальними помилками. Саме ця здатність до самовідтворення забезпечує безперервність життя на Землі. Будь-які порушення в утворенні молекул ДНК можуть призвести до серйозних мутацій, що ще раз підкреслює фундаментальну роль реплікації у стабільності генетичного коду кожного організму. Відкриття структури ДНК та РНК, механізмів їх утворення дало поштовх для розвитку цілих галузей науки.

**Фундамент біотехнологій.** Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) – метод, імітуючий природну реплікацію ДНК, що дозволяє вченим ампліфікувати (розмножувати) малі ділянки ДНК для діагностики, криміналістики та генетичних досліджень. Метод було розроблено Кері Маллісом у 1983 році, за що він отримав Нобелівську премію з хімії. Метод став революційним для сучасної науки та медицини. Молекулярно-генетичний (ПЛР) широко застосовується в різних галузях.

**Медична діагностика.** Виявлення збудників інфекційних захворювань (вірусів гепатиту, ВІЛ, SARS-CoV-2, бактерій на кшталт *Helicobacter pylori*). Полімеразна ланцюгова реакція дозволяє виявити ДНК або РНК збудника навіть при його мінімальній кількості. Це один із найбільш точних і швидких методів діагностики вірусних та бактеріальних інфекцій.



**Криміналістика.** Ідентифікація особи за мікроскопічними залишками біологічного матеріалу («генетичні відбитки»). ДНК-дактилоскопія.

**Тести на батьківство.** Встановлення біологічного споріднення.

**Генетична інженерія** є «фундаментом» сучасної біотехнології, дозволяючи точково змінювати ДНК організмів для отримання конкретних корисних властивостей.

**Агросектор.** Створення ГМО-рослин (наприклад, кукурудзи чи сої), які виробляють власний токсин проти комах або витримують дію гербіцидів. Це зменшує потребу в хімічній обробці полів.

**Медицина.** Виробництво рекомбінантного інсуліну. Раніше його отримували з підшлункових залоз тварин, але завдяки вбудовуванню людського гена в бактерії (*E. coli*) або дріжджі, ми отримуємо чистий, безпечний і дешевий гормон.

**Медицина та генетика.** Розуміння механізмів реплікації дозволило вченим з'ясувати причини багатьох генетичних хвороб, що виникають через помилки (мутації) під час копіювання, розробляти нові ліки та методи лікування.

**Промисловість.** Розробка мікроорганізмів, які синтезують вітаміни, ферменти для пральних порошків або навіть біопаливо. Замість того, щоб будувати величезні хімічні заводи, ми використовуємо «живі фабрики» (бактерії, дріжджі), які роблять ту саму роботу екологічніше та дешевше.

**Висновки.** У ході дослідження було встановлено, що ДНК і РНК є основою збереження, передачі та реалізації генетичної інформації в живих організмах. Процеси реплікації, транскрипції та трансляції забезпечують безперервність життя та точне відтворення клітин. Завдяки принципу комплементарності та роботі ферментів відбувається точне копіювання генетичного матеріалу. Порушення цих процесів можуть призводити до мутацій і захворювань, що підкреслює їх важливість.

Отримані знання про структуру і функції нуклеїнових кислот стали основою розвитку сучасних напрямів науки, зокрема біотехнології, медицини та генетичної інженерії, і відкривають широкі перспективи для подальших досліджень.

**Основні перспективи наукового пізнання матриці життя.**

1. Персоналізована медицина. Створення ліків, адаптованих під конкретний генетичний код людини, що дозволить лікувати хвороби з мінімальними побічними ефектами.

2. Генотерапія. виправлення «помилки» у ДНК для повного вилікування спадкових захворювань, раку та ВІЛ за допомогою технологій на кшталт CRISPR.

РНК-вакцини та терапія. Розробка швидких і ефективних вакцин (як проти COVID-19) та препаратів, що «вимикають» небажані гени.

3. Синтетична біологія. Створення штучних організмів із заданими властивостями для очищення довкілля або виробництва біопалива.
4. ДНК-сховища даних. Використання молекул ДНК як надкомпактних і довговічних носіїв цифрової інформації, здатних зберігати дані тисячоліттями.
5. Продовження життя. Розуміння механізмів старіння на рівні нуклеїнових кислот (наприклад, роль теломер) може допомогти значно подовжити активний період життя.

## АДАПТАВНІ СТРАТЕГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ МІГРАЦІЇ ССАВЦІВ

Носуленко Ф.Є.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

nosulenko.fedir@gmail.com

**Вступ.** Міграція ссавців є вражаючим прикладом біологічної стійкості та складним соціальним механізмом, що забезпечує тривалість існування видів у динамічному світі. Це не випадкові переміщення, а синхронізовані ритми природи, які перетворюють тварин на живі навігаційні системи, здатні долати тисячі кілометрів завдяки генетичній пам'яті та здатності орієнтуватися за магнітним полем Землі, ландшафтами чи зірками.

**Мета дослідження.** Проаналізувати причини та механізми міграційних процесів у різних груп ссавців (наземних та водних), а також визначити їхню роль у підтримці екологічної рівноваги та кліматичного балансу планети.

**Матеріали та методи.** У роботі використано дані спостережень за міграційними циклами трьох репрезентативних груп: дрібних гризунів (лемінгів), великих копитних (антилоп гну) та морських гігантів (китів). Досліджувалися маршрути переміщень, зокрема рекордні зафіксовані дистанції (понад 20 000 км у сірих китів), та методи орієнтації тварин у просторі, такі як магніторецепція та використання рельєфу дна.

**Результати дослідження.** Основними чинниками та причинами міграцій ссавців є пошук їжі, води, зміна клімату або пошук безпечних місць для розмноження. У лемінгів міграція провокується різким зростанням чисельності популяції та вичерпанням ресурсів. У антилоп гну рух синхронізований із сезонами дощів та ростом свіжої трави. Тварини використовують магнітний компас (завдяки кристалам магнетиту в мозку), орієнтуються за підводними хребтами та спілкуються за допомогою низькочастотних звуків, що поширюються на тисячі кілометрів. Міграції діють як «природний насос». Наприклад, кити, випорожнюючись біля поверхні, удобрюють воду залізом та азотом, що



стимулює ріст фітопланктону, який виробляє понад 50% кисню на Землі. Копитні впливають на поширення насіння та підтримують чисельність хижаків. Глобальне потепління змінює маршрути джерел їжі, а шумове забруднення океану «заглушає» комунікацію китів, що змушує екологів створювати спеціальні захищені «блакитні коридори».

**Висновки.** Міграція є критично важливою адаптивною стратегією, яка дозволяє ссавцям виживати в умовах мінливого довкілля. Вона не лише забезпечує існування окремих видів, а й регулює глобальні екосистемні процеси, включаючи поглинання вуглецю та вироблення кисню. Збереження міграційних шляхів є пріоритетним завданням для підтримки стабільності біосфери.

## ДЕРЕВО, ЩО ХОДИТЬ

Пироженко В.О.

Науковий керівник: Калиновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[hello92832bye@gmail.com](mailto:hello92832bye@gmail.com)

**Вступ.** У природі всі живі організми перебувають у постійному русі та зміні, навіть якщо цей рух непомітний. Рослини також здатні до руху, росту та пристосування до умов середовища. Особливий інтерес викликає сократея голокоренева — тропічна пальма, яку часто називають «ходячим деревом» через її незвичайну будову кореневої системи. У міфах, літературі та наукових дослідженнях образ «дерева, що ходить» символізує постійний рух життя та адаптацію до навколишнього середовища. Саме тому дослідження особливостей сократеї голокореневої (*Socratea exorrhiza*) дозволяє зрозуміти, як рослини можуть пристосовуватися до змін у природі.

**Мета дослідження.** Метою роботи є дослідження особливостей будови сократеї голокореневої та з'ясування, чи дійсно ця рослина здатна до переміщення, а також визначення біологічного значення її ходульних коренів як пристосування до умов існування.

**Матеріали та методи.** Для дослідження було використано аналіз наукових джерел, порівняння міфологічних уявлень і наукових фактів, опис морфологічних особливостей сократеї голокореневої, а також узагальнення даних про її поширення, будову кореневої системи та взаємодію з іншими організмами. Дослідження проводилося шляхом вивчення літературних джерел, наукових пояснень та біологічних особливостей рослини.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що сократея голокоренева має унікальну систему ходульних коренів, які виконують функцію опори та дозволяють рослині пристосовуватися до нестійких або заболочених

грунтів. Нові корені ростуть у напрямку світла, а старі поступово відмирають, що створює ілюзію повільного переміщення дерева. Виявлено, що сократея не здатна до активного руху, але її коренева система перебудовується, що забезпечує поступову зміну положення стовбура в просторі. Також встановлено, що сократея взаємодіє з тваринами, які поширюють її насіння, а під її коренями формуються середовища існування для інших організмів. Таким чином, рослина виступає центром біологічного руху в екосистемі.

**Висновок.** Сократея голокоренева є прикладом повільного руху та адаптації рослин до умов середовища. Вона не пересувається у прямому розумінні, але завдяки зміні кореневої системи створює ефект переміщення. Дослідження показало, що рух у рослинному світі може проявлятися як поступова перебудова, ріст і взаємодія з іншими організмами. Сократея голокоренева підтверджує, що навіть нерухомі на перший погляд рослини перебувають у постійній динаміці розвитку та пристосування до навколишнього середовища.

## ТВАРИНИ, ЩО ЛІТАЮТЬ

Савельєв Т.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

a-m-a-r-a-n-t-u-s@ukr.net

**Вступ.** Здатність до польоту є однією з найцікавіших особливостей пристосування до життя у світі тварин. Літаючі істоти зустрічаються серед птахів, комах та ссавців, і кожна група має унікальні біологічні механізми — від безшумного полювання до високошвидкісного зависання в повітрі. Дослідження цих механізмів дозволяє зрозуміти, як анатомічні особливості ідеально підлаштовані під конкретні екологічні ніші і є результатом складних процесів еволюційної адаптації.

**Мета дослідження.** Проаналізувати специфічні аеродинамічні механізми та енергетичні витрати колібрі, сов, кажанів, білок-летяг, бабок і джмелів.

**Матеріали та методи.** У роботі використано метод аналізу біологічних та аеродинамічних характеристик (траєкторії руху крил, використання підйомної сили) та фізіологічних витрат (метаболізм, терморегуляція), що супроводжують процес польоту шести літаючих тварин. Проведено порівняння швидкості, маневреності та способів енергозбереження різних видів.

**Результати дослідження.** Встановлено, що колібрі здійснюють понад 100 помахів крилами за секунду при пульсі 1200 ударів на хвилину. Сови мають унікальну мікроструктуру пір'я із зубцями, що розбивають повітряний потік, та м'яким нальотом, який поглинає звук. Проте за безшумність вони платять



вразливістю до вологи через відсутність жирового змащення на пір'ї. Кажани використовують у крилах понад 40 суглобів, що гарантує їм виняткову маневреність. З'ясовано, що білки-летяги здатні долати понад 50 метрів за один стрибок за допомогою шкіряної перетинки — патагіуму. Бабки розвивають швидкість до 50 км/год, та можуть обробляють візуальні дані зі швидкістю 300 кадрів на секунду. Джмелі завдяки асинхронним м'язам та зчепленню крил здатні зависати в повітрі з вантажем, що перевищує їхню власну вагу.

**Висновки.** Політ тварин базується на складних біологічних механізмах: від особливих суглобів до специфічної структури пір'я. За високу маневреність та швидкість істоти платять великими енерговитратами, через що колібри та кажани змушені впадати в стан торпору для економії сил. Результати доводять, що кожна група тварин виробила власну стратегію для максимально ефективного пересування у повітрі.

## БИОМЕХАНИКА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОВЧИХ АПАРАТІВ МІКСОТРОФНИХ РОСЛИН

Сиромятніков М.О.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[mike.alex.angstrem@gmail.com](mailto:mike.alex.angstrem@gmail.com)

**Вступ.** Хижі рослини — це унікальні міксотрофні організми, що поєднують фотосинтез із гетеротрофним засвоєнням тваринного білка. Така стратегія є еволюційною адаптацією до дефіциту азоту та фосфору в бідних ґрунтах боліт. Найбільш вражаючим аспектом їхньої біології є здатність до надшвидких рухів за повної відсутності м'язової тканини. Дослідження цих «живих механізмів» на стику біології та фізики відкриває нові можливості для біоміметики — створення технічних систем, що копіюють природні алгоритми.

**Мета дослідження.** Проаналізувати механіку та динаміку руху ловчих апаратів хижих рослин, визначити швидкісні характеристики різних типів пасток та дослідити фізичні принципи, що забезпечують їхню рухливість на прикладі венериної мухоловки (*Dionaea muscipula*), пухирника (*Utricularia*) та росички (*Drosera*).

**Матеріали та методи.** Об'єктами аналізу стали три типи ловчих механізмів. Методологія базувалася на теоретичному дослідженні фізичних процесів: накопичення енергії пружності, створення негативного гідростатичного тиску та диференціального росту клітин під впливом фітогормонів.

**Результати дослідження.** Проведений аналіз дозволив виділити наступні стратегії руху:

1. Механізм пружної деформації (Венерина мухоловка). Пастка працює за принципом Snap-buckling. Листок накопичує енергію пружності, перебуваючи в опуклому стані. При подразненні сенсорних волосків виникає електричний сигнал, що змінює тургорний тиск у тканинах, і листок миттєво «прогинається» всередину, стаючи ввігнутих. Це займає близько 0.1 с. У техніці цей принцип став основою для створення біоміметичних сонячних панелей, які компактно складаються, а в космосі самостійно розгортаються без використання важких двигунів.

2. Принцип вакуумного всмоктування (Пухирник). Це найшвидший рух у рослинному світі. Рослина активно відкачує воду з пастки, створюючи всередині зону низького тиску. При відкритті клапана швидкість потоку води настільки висока, що здобич всмоктується за 0.0005–0.001 с. Механічне подразнення тригера викликає різке відкриття дверця, і вода разом із жертвою всмоктується за 0.0005–0.001 с. Цей механізм надихнув учених на розробку мікрохірургічних насосів та безголкових шприців, які вводять ліки крізь шкіру за допомогою миттєвого гідродинамічного удару.

3. Гігроскопічний та диференціальний рух (Росичка). Росичка використовує вигин щупалець, який регулюється швидким ростом клітин на зовнішній стороні волоска. Хоча цей рух повільніший, він є надзвичайно точним. Ця модель сьогодні інтегрується в технологію 4D-друку для створення «розумних» стентів у кардіології, які самостійно розкриваються всередині судин під дією температури тіла.

**Висновки.** У ході дослідження було встановлено, що рух хижих рослин є результатом досконалої еволюційної оптимізації, де відсутність м'язової тканини компенсується ефективним використанням законів фізики. Ми з'ясували, що кожен вид використовує унікальну стратегію: накопичення енергії пружини у венериної мухоловки (*Dionaea muscipula*), створення зон від'ємного тиску у пухирника (*Utricularia*) або диференціальний ріст клітин у росички (*Drosera*). Ці природні механізми дозволяють рослинам виконувати надшвидкі дії без значних витрат енергії та без складних систем керування.

Проаналізовані дані підтверджують високий потенціал біоміметики у сучасній інженерії. Виявлені принципи вже стають основою для розробки енергоефективних технологій: від саморозгортальних космічних антен та м'яких роботів до мікрохірургічних насосів і адаптивних медичних стентів. Таким чином, вивчення «живих механізмів» рослинного світу відкриває шлях до створення нового покоління безмоторних пристроїв, які є легшими, надійнішими та екологічнішими за сучасні аналоги.

## РУХ НИЖЧИХ ГРИБІВ

Автор: Сікорський А.Є.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

elekon@ukr.net

**Вступ.** У традиційному біологічному контексті термін локомоція асоціюється з активним переміщенням організму, що вимагає наявності м'язових або псевдоподіальних структур. Однак при розгляді Царства Гриби (Fungi) ця концепція вимагає суттєвого переосмислення. Вищі гриби (Dikarya) є переважно нерухомими, тоді як нижчі гриби, до яких належать відділи Хітридіомікота (Chytridiomycota) та Зигомікота (Zygomycota), виявляють унікальну здатність до активного захоплення нових екологічних ніш та територіальної інвазії.

**Мета дослідження.** Дослідити біофізичні та біологічні механізми «руху» нижчих грибів, що реалізуються через цілеспрямований клітинний ріст, пасивну дисперсію та активну локомоцію репродуктивних клітин.

**Матеріали та методи.** Об'єктами дослідження стали представники нижчих грибів: Мукор (Mucor), Ризопус (Rhizopus) та водні форми відділу Хітридіомікота. Методологія базувалася на теоретичному аналізі морфології ценоцитного міцелію, вивченні механізмів верхівкової елонгації гіф та аналізі філогенетичного значення джгутикового апарату. Для візуалізації процесів використовувалися дані мікроскопії та фотофіксація розвитку колоній на органічних субстратах.

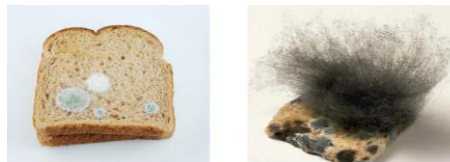


Рис. 1. Об'єкт дослідження: етапи колонізації органічного субстрату міцелієм *Mucor*.

**Отримані результати.** Встановлено, що стратегія руху нижчих грибів базується на трьох основних механізмах:

Функціональна локомоція через верхівковий ріст. Головною формою руху для Зигомікота є верхівкова елонгація гіф. Процес є полярним і обмежений апікальними верхівками, де зосереджений організаційний центр росту — Шпітценкорпер (SPA). Рушійною силою є внутрішній тургорний тиск, який видавлює новосформовану верхівку вперед. Ріст є спрямованим завдяки хемотропізму (реакція на поживні речовини) та гідротропізму (реакція на вологу).

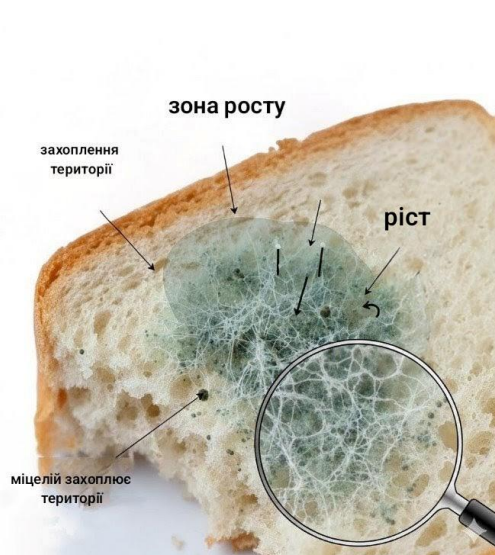


Рис. 2. Схема апікального росту гіфи: візуалізація роботи Шпітценкорпера (SPA)

Масштабна дисперсія через пасивний транспорт. Для розселення на великі відстані використовуються спорангіоспори. Вони утворюються у кулястих спорангіях на спеціалізованих гіфах — спорангіофорах. Завдяки мінімальній масі спори підхоплюються повітряними потоками (анемохорія), що забезпечує глобальне поширення виду.



Рис. 3. Морфологічна структура спорангію та механізм дисперсії спор.

Активний джгутиковий рух. Представники Хітридіомікота утворюють зооспори, здатні до справжньої локомоції у водному середовищі. Кожна зооспора має задній джгутик з ультраструктурою мікротрубочок 9+2. Активний рух забезпечується роботою моторного білка динеїну та енергією мітохондрій, що дозволяє клітині здійснювати цілеспрямований хемотаксис до джерела їжі.

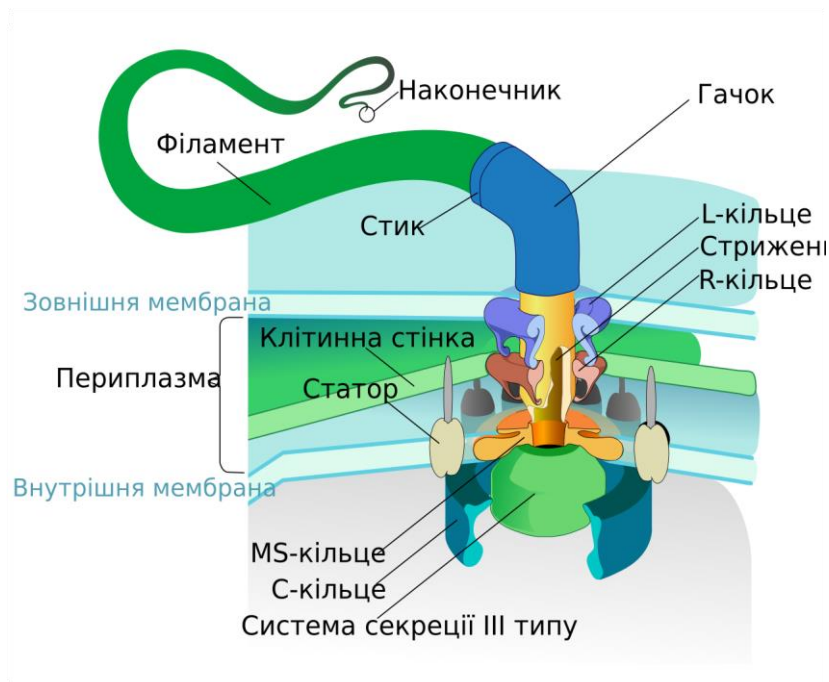


Рис. 4. Ультраструктура зооспори хітридіоміцетів: джгутиковий апарат за схемою 9+2

**Висновки.** Рух нижчих грибів є високоадаптивним процесом. Він поєднує біофізичний ріст для локальної інвазії, пасивну дисперсію для розселення та активний джгутиковий рух у примітивних форм. Розуміння цих механізмів має критичне значення для медицини, оскільки дозволяє створювати антимікотики, що блокують ріст гіф, фактично паралізуючи патоген. Вивчення тропізмів грибів також відкриває перспективи для біоремедіації та розробки екологічних методів біоконтролю шкідників.

## ТІ, ХТО ПОВЗАЄ: АНАЛІЗ БІОМЕХАНІЧНИХ ПРИНЦИПІВ ТА ЕВОЛЮЦІЙНИХ АДАПТАЦІЙ ТВАРИН ДО ЛОКОМОЦІЇ БЕЗ КІНЦІВОК

Автор: Сікорський Я.Є.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[elekon@ukr.net](mailto:elekon@ukr.net)

**Вступ.** Наша планета заселена мільйонами видів тварин, кожен з яких знайшов свій ідеальний спосіб пересуватися. Особливий інтерес становлять істоти, що не мають крил чи міцних ніг, але рухаються з дивовижною грацією та ефективністю. Повзання (локомоція) — це високоадаптивний спосіб руху, який дозволяє долати найскладніші поверхні: від вузьких нір до вертикальних стовбурів дерев. Це стає можливим завдяки унікальним біомеханічним принципам, що дозволяють цим тваринам рухатися там, де чотириногі не змогли б.

**Мета дослідження.** Вивчити різноманітність тварин, що використовують повзання як основний вид локомоції, та детально проаналізувати біомеханічні типи руху змій як найбільш досконалих представників цієї групи.

**Матеріали та методи.** У роботі використано метод теоретичного аналізу біологічних джерел та порівняльно-морфологічний опис механізмів руху різних груп тварин. Досліджено специфіку пересування плазунів (Reptilia) та безхребетних (Invertebrata).

**Отримані результати.** У ході дослідження встановлено, що повзання базується на контакті тіла із субстратом за рахунок скорочення м'язів або м'язової ноги. Змії (Serpentes) є абсолютними чемпіонами завдяки гнучкості хребта, що налічує до 400 хребців. Безхребетні, такі як дощові черви, використовують перистальтику та крихітні щетинки (хети) для фіксації у ґрунті. Молюски пересуваються за допомогою хвилеподібних скорочень черевної ноги, вкритої шаром слизу для зменшення тертя та адгезії.



Рис. 1. Схема локомоції черевоногих молюсків

Серед екзотичних видів виявлено унікальні стратегії: літаючі змії (*Chrysopelea*) здатні планувати в повітрі; бура бойга (*Boiga irregularis*) використовує рух «ласо» для підйому по вертикальних стовпах.



Рис. 2. Механізм руху «ласо» у бурій бойги



Рис. 3. Аеродинамічна модель планування літаючої змії (Chrysopelea)

Окремо проаналізовано чотири типи локомоції змії:

Змієподібне (серпантинне) повзання — найпоширеніший тип, що базується на S-подібних кривих.



Рис. 4. Змієподібне (серпантинне) повзання: використання S-подібних кривих та точок опори

Прямолінійне повзання — рух по прямій за допомогою черевних щитків, характерний для пітонів та удавів.



Рис. 5. Механізм прямолінійного руху великих змії за допомогою черевних щитків.

Рух «гармошкою» (концертинна) — почергова фіксація частин тіла для лазіння по вертикалі.



Рис. 6. Локомоція типу «гармошка» (концертинна) для пересування у вузьких просторах та по вертикалі.

Бічний хід — спеціалізований рух на сипучому піску з двоточковою опорою.



Рис. 7. Бічний хід (sidewinding): схема двоточкової опори та характерні сліди на субстраті

**Висновки.** Еволюція створила елегантні рішення для локомоції без кінцівок. Гнучкість змії, гідравлічні принципи черв'яків та адгезія молюсків забезпечують високу ефективність на складних ландшафтах. Вивчення цієї біомеханіки надихає інженерів на створення нових типів роботів у галузі біоробототехніки

## АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІТАМІНУ С

Тарасевська Д.Є.<sup>1</sup>, Шейкіна Н.В.<sup>2</sup>

1 – Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

2 – Національний фармацевтичний університет

ditarasik1408@gmail.com

**Вступ.** В організмі людини постійно відбуваються окисно-відновні процеси, у результаті яких утворюються вільні радикали — нестабільні молекули, що виникають під час клітинного метаболізму, фізичної активності, роботи імунної системи та під впливом факторів навколишнього середовища. Надмірне їх накопичення спричиняє розвиток окислювального стресу, який асоціюється зі старінням та підвищеним ризиком хронічних захворювань. Для підтримання клітинного гомеостазу організм використовує антиоксидантну систему, що включає ендогенні ферменти та екзогенні сполуки, які надходять з їжею. Основними харчовими антиоксидантами є вітаміни А, С та Е, тоді як вітамін D має непряму

антиоксидантну дію через регуляцію експресії антиоксидантних ферментів. Саме підтримання балансу між утворенням вільних радикалів і дією антиоксидантів є необхідною умовою збереження функціональної активності клітин та загального здоров'я організму.

**Мета дослідження** - у домашніх умовах шляхом експерименту дослідити вплив антиоксиданту вітаміну С у складі лимонного соку на швидкість окиснення яблука та визначити, чи здатен вітамін С уповільнювати або повністю запобігати потемнінню фрукту. А також поповнити знання про важливість антиоксидантів у нашому житті.

**Матеріали та методи.** В роботі використовувалося 1 свіже яблуко, лимонний сік 5 мл, ніж, 2 паперові тарілки, стакан 50 мл, ложка, таймер, рукавички. Експеримент проводився за кімнатної температури протягом 15- 20 хвилин, дотримуючись усіх пропорцій та правильного методу виконання.

**Результати дослідження.** Контрольний зразок почав інтенсивно темніти вже через кілька хвилин після контакту з киснем повітря. Це пояснюється дією ферменту поліфенолоксидази, який окиснює фенольні сполуки в м'якоті яблука, спричиняючи його потемніння. У той час як зразок, оброблений лимонним соком, зберіг світлий колір значно довше. Встановлено, що вітамін С дійсно уповільнює процес ферментативного окиснення, діючи як відновник (конкурентний субстрат для поліфенолоксидази) та частково інгібуючи активність цього ферменту.



Рис. 1 “ Фото яблука до  
Експерименту “



Рис. 2 “ Фото яблука  
після Експерименту “

<https://youtube.com/shorts/fwvGe2h66uE?si=6QXB9GdZoTRh9MMT> — посилання на відео Експерименту

**Висновки.** Вільні радикали є природним продуктом метаболізму, однак їх надлишок спричиняє окислювальний стрес. Антиоксиданти відіграють ключову роль у підтриманні клітинного гомеостазу. Проведений експеримент підтвердив, що вітамін С дійсно ефективно уповільнює процес окиснення. Для того щоб допомогти нашому організму отримувати достатню кількість антиоксидантів, варто притримуватися збалансованого харчування, багатого на овочі, фрукти, ягоди, горіхи та бобові. А ось харчові добавки повинні застосовуватися лише за медичними показаннями. Саме підтримка балансу між фізичною активністю та достатнім надходженням антиоксидантів сприяє збереженню здоров'я та якості життя.

## КОАГУЛЯЦІЯ КОЛОЇДНИХ СИСТЕМ. УЗАГАЛЬНЕННЯ

Шейкіна Н.В.

Національний фармацевтичний університет

м. Харків, Україна

[sheykina@ukr.net](mailto:sheykina@ukr.net)

**Вступ.** Колоїдні системи є поширеними як у природі, так і в технічних і біологічних процесах. Їх характерною особливістю є наявність дисперсної фази з частинками розміром від 1 до 1000 нм, які рівномірно розподілені в дисперсійному середовищі. Стійкість таких систем зумовлена поєднанням броунівського руху частинок і електростатичного відштовхування між ними.

Коагуляція є ключовим явищем, що визначає втрату стабільності колоїдних систем і призводить до укрупнення частинок із подальшим їх осадженням або спливанням. Це явище має фундаментальне значення для розуміння природних процесів і широко застосовується у промисловості, медицині та побуті.

**Мета дослідження.** Метою роботи є узагальнення теоретичних відомостей про коагуляцію колоїдних систем, визначення основних факторів, що впливають на цей процес, а також аналіз його проявів у природі, техніці та біологічних системах.

**Матеріали та методи.** У роботі використано теоретичний аналіз наукового матеріалу щодо будови та властивостей колоїдних систем, механізмів їх стабілізації та дестабілізації.

Методи дослідження включають: аналіз фізичних чинників (броунівський рух, електростатична взаємодія); хімічний аналіз впливу електролітів на стабільність систем; узагальнення експериментальних спостережень (зокрема досліді коагуляції молока під дією кислоти); порівняльний аналіз природних і технологічних процесів коагуляції.

**Отримані результати.** Встановлено, що стабільність колоїдних систем забезпечується двома основними факторами, а саме: хаотичним броунівським рухом частинок, який перешкоджає їх осіданню; електростатичним відштовхуванням між однаково зарядженими частинками.

Коагуляція виникає внаслідок порушення цієї рівноваги, зокрема при нейтралізації заряду частинок. Основні фактори коагуляції:

електроліти (солі, кислоти, луги), які зменшують або нейтралізують поверхневий заряд (відповідно до правила Шульце–Гарді ефективність зростає зі збільшенням заряду іона);

температура, що впливає на інтенсивність руху частинок і частоту їх зіткнень; механічний вплив, який сприяє зближенню частинок і їх агрегації.



Процес коагуляції проходить у кілька етапів: зниження стабільності → зближення частинок → утворення агрегатів → осадження або спливання.

Доведено, що коагуляція має широке практичне значення.

У природі коагуляція призводить до формування дельт річок та утворення опадів у хмарах; у техніці використовується для очищення води, у виробництві гуми, харчовій промисловості; у біології та медицині — згортання крові, утворення тромбів, використання електрокоагуляції.

Експериментально підтверджено, що додавання кислоти до молока призводить до коагуляції білків казеїну через нейтралізацію їх заряду та утворення пластівців.

**Висновки.** Коагуляція є фундаментальним процесом, що полягає у злипанні колоїдних частинок унаслідок втрати їхньої стабільності. Основними причинами коагуляції є нейтралізація електричного заряду частинок і підвищення ймовірності їх зіткнень. Найважливішими факторами коагуляції є дія електролітів, зміна температури та механічний вплив. Явище коагуляції має міждисциплінарний характер і пояснюється законами фізики, хімії та біології. Практичне значення коагуляції надзвичайно велике: вона використовується у водоочисненні, харчовій промисловості, медицині та інших галузях.

Отже, коагуляція є важливим природним і технологічним процесом, що демонструє зв'язок між мікроскопічними властивостями частинок і макроскопічними явищами у навколишньому середовищі.

## ЕРИТРОЦИТИ ТА ГЕМОГЛОБІН: МЕХАНІЗМИ ТРАНСПОРТУ ГАЗІВ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

Шейкіна Н.В.<sup>1</sup>, Берьозіна А. О.<sup>2</sup>

1 – Національний фармацевтичний університет

2 – Харківський приватний Ліцей «Ангстрем» Харківської області

м. Харків, Україна

[sheykina@ukr.net](mailto:sheykina@ukr.net)

**Вступ.** Транспорт газів є однією з ключових функцій серцево-судинної системи, що забезпечує безперервну життєдіяльність організму. Еритроцити — спеціалізовані клітини крові — відіграють центральну роль у цьому процесі, доставляючи кисень до тканин і виводячи вуглекислий газ. Ефективність газотранспортної функції крові визначається як структурними особливостями еритроцитів, так і біохімічними властивостями гемоглобіну — білка, що є основним переносником газів.

Порушення цього механізму, зокрема внаслідок дії чадного газу (CO) та утворення карбоксигемоглобіну (HbCO), призводить до небезпечних для життя

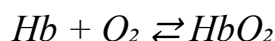
станів. Вивчення структури і функцій еритроцитів та гемоглобіну є актуальним як у контексті фундаментальної фізіології, так і прикладної медицини.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз структурно-функціональних особливостей еритроцитів і гемоглобіну, з'ясування молекулярних механізмів транспорту кисню та вуглекислого газу в організмі людини, а також характеристика патологічного впливу чадного газу на газотранспортну функцію крові.

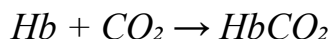
**Матеріали та методи.** Робота виконана на основі аналізу сучасних літературних джерел із фізіології та біохімії крові, а також науково-популярних навчальних матеріалів. Використано методи теоретичного аналізу, систематизації та узагальнення даних про будову і функції формених елементів крові. Для наочної інтерпретації процесів газообміну застосовано метод моделювання: діяльність системи кровообігу розглянуто через аналогію з транспортною інфраструктурою міста (кровоносні судини — дороги, серце — вокзал, еритроцити — кур'єри). Хімічні рівняння реакцій гемоглобіну з газами наведено у стандартній нотації.

**Отримані результати.** Встановлено, що еритроцит має форму двоувігнутого диска, мембрана якого складається з подвійного шару фосфоліпідів із вбудованими білками. Така будова забезпечує гнучкість клітини і дає можливість їй проходити крізь найвужчі капіляри. Збільшена поверхня диска оптимізує газообмін між еритроцитом і навколишніми тканинами.

Основним функціональним компонентом еритроцита є гемоглобін — складний білок, що складається з глобіну та гему. У центрі гему міститься атом заліза ( $\text{Fe}^{2+}$ ), здатний оборотно зв'язувати кисень. У легенях відбувається оксигенація гемоглобіну:

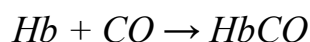


У тканинах цей зв'язок розривається, і кисень вивільняється для потреб клітинного метаболізму. Вуглекислий газ, що утворюється внаслідок тканинного дихання, транспортується еритроцитами у вигляді карбогемоглобіну:



Таким чином, еритроцит не повертається порожнім: він безперервно чергує завантаження і розвантаження газів. Один еритроцит проходить цикл «легені — тканини — легені» тисячі разів за своє життя, що свідчить про надзвичайну ефективність цієї транспортної системи.

Досліджено також патологічний механізм дії чадного газу. CO має значно вищу спорідненість до  $\text{Fe}^{2+}$  гемоглобіну, ніж  $\text{O}_2$ , тому утворює стабільний комплекс — карбоксигемоглобін:



Утворення HbCO блокує транспорт кисню: клітини перестають отримувати необхідний  $\text{O}_2$ , що призводить до тканинної гіпоксії та становить загрозу для



життя. Оскільки реакція є практично незворотною за фізіологічних умов, навіть невеликі концентрації CO у вдихуваному повітрі є надзвичайно небезпечними.

**Висновки.** Еритроцити завдяки своїй унікальній двоувігнутій формі та гнучкій фосфоліпідній мембрані є високоефективними транспортними клітинами, адаптованими до роботи в найвужчих капілярах.

Гемоглобін із атомом заліза  $Fe^{2+}$  у центрі гему забезпечує оборотне зв'язування кисню та транспорт вуглекислого газу, підтримуючи безперервний газообмін між легенями і тканинами.

Цикл транспорту газів «легені → тканини → легені» повторюється тисячі разів протягом життя еритроцита, що свідчить про його виняткову функціональну надійність.

Чадний газ (CO) конкурентно витісняє кисень із зв'язку з гемоглобіном, утворюючи стабільний HbCO, що блокує газотранспортну функцію крові і є критично небезпечним для організму.

Розуміння молекулярних механізмів транспорту газів є фундаментальною основою для діагностики та лікування анемії, отруєнь чадним газом та інших патологій крові.

МЕТА ANGSTREM

## СЕКЦІЯ №3

СОЦІАЛЬНІ РУХИ —  
ДЖЕРЕЛО СОЦІАЛЬНИХ ЗМІН

історія, географія, захист України





## ВЕЛИКИЙ ШОВКОВИЙ ШЛЯХ — ВІД ДАВНИНИ ДО СУЧАСНОСТІ

Березовський Т.О., Гринь І.В., Кочанова Н.В.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

timbrz2011@gmail.com

**Вступ.** Великий шовковий шлях — це феномен людської цивілізації, який протягом двох тисячоліть визначав вектори розвитку євразійського континенту. Як складна система караванних шляхів, що з'єднувала Східну Азію з Середземномор'ям. Він став першим в історії прикладом усвідомленої глобалізації, де обмін товарами був лише поверхневим проявом глибинного руху ідей, технологій та вірувань.

**Мета дослідження** полягає у комплексному аналізі історії виникнення, еволюції та причин занепаду Великого шовкового шляху, дослідженні його інфраструктурних особливостей та оцінці впливу цієї мережі на культурний і технологічний трансфер між цивілізаціями минулого й сучасності.

**Матеріали та методи.** У дослідженні використано загальнонаукові та спеціально-історичні методи. Дослідження ґрунтується на аналізі наукових праць, історичних джерел, археологічних даних та картографічних матеріалів.

**Результати дослідження.** Великий шовковий шлях — це мережа маршрутів, що простягалися на тисячі кілометрів через Євразію. Він став однією з перших міжнародних торговельних систем і поєднав римську, китайську та перську цивілізації. Термін «Великий Шовковий шлях» увійшов в історичну науку наприкінці ХІХ століття, після публікації у 1877 році німецьким істориком Фердинандом Паульом Вільгельмом фон Рихтгофеном праці «Китай. Результати власних подорожей». Існування Великого шовкового шляху охоплює період від II ст. до н. е. до XV ст. Його формування пов'язане з політикою династії Хань, яка прагнула розширити вплив на захід. У 138 р. до н. е. імператор Люче відправив посланця Чжан Цяня до Центральної Азії, що стало початком налагодження зв'язків між Сходом і Заходом. Важливим чинником розвитку торгівлі був попит у Європі на китайський шовк. Основними були два маршрути: південний — через Центральну Азію до Близького Сходу та Індії, і північний — через Памір і до Чорного моря. З часом мережа шляхів розширювалася. Функціонування Великого шовкового шляху створило розвинену інфраструктуру: караванні стоянки, ринки, караван-сараї з готелями та складами. Для обслуговування торгівлі діяли перекладачі, охоронці, міняли. Використовувалися загальновизнані грошові одиниці. Важливою проблемою була нестача води, яку вирішували завдяки спеціальним колодязям — сардобам.

Шляхом перевозили шовк, спеції, коштовності, хутра, чай, а у зворотному напрямку — метали, тканини, скло, коней. Однак значення Великого шовкового шляху не обмежувалося торгівлею. Він сприяв культурному обміну, поширенню релігій і технологій, зокрема виробництва паперу після битви при Таласі. У період Монгольської імперії Великий шовковий шлях досяг розквіту, але водночас став каналом поширення хвороб, зокрема чуми в XIV ст. Занепад у XV ст. був спричинений розвитком морських шляхів, політичною нестабільністю та змінами клімату. Сьогодні ідея Великого шовкового шляху відроджується в сучасних міжнародних проєктах. Його історичне значення полягає в тому, що він став важливим чинником економічного, культурного та технологічного розвитку, поєднавши Схід і Захід.

**Висновки.** Великий шовковий шлях відіграв ключову роль у розвитку цивілізацій, ставши не лише торговельною мережею, а й потужним каналом культурного, технологічного та духовного обміну. Він сприяв поширенню знань і взаємодії різних культур. Його історичне значення полягає в тому, що він об'єднав Схід і Захід, заклавши основи глобальних зв'язків, які залишаються актуальними й сьогодні.

## ВЕЛИКЕ ПЕРЕСЕЛЕННЯ НАРОДІВ — ПЕРЕЛОМНИЙ ПЕРІОД В ІСТОРІЇ ЄВРОПИ

Білоблоцький М.Л.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[mavka.bell@gmail.com](mailto:mavka.bell@gmail.com)

**Вступ.** Велике переселення народів IV–VII ст. н.е. є одним із найскладніших і найважливіших явищ у світовій історії. Воно охоплювало масштабні міграційні процеси різних етнічних груп, зокрема германських, слов'янських, іранських і тюркських племен, що суттєво вплинули на трансформацію політичної карти Європи. У результаті цих процесів сформувалися нові державні утворення — варварські королівства, які стали основою подальшого розвитку сучасних європейських держав. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю глибшого розуміння витоків етнічних, мовних і політичних процесів у Європі.

**Метою** дослідження є аналіз причин, етапів та наслідків Великого переселення народів, а також визначення його впливу на формування політичної, етнічної та культурної карти Європи.

**Методи і матеріали дослідження.** У дослідженні застосовано загальнонаукові та спеціально-історичні методи, зокрема аналіз, синтез, узагальнення та порівняльно-історичний метод, які дозволили дослідити причини, етапи та



наслідки Великого переселення народів. Джерельну основу становлять писемні пам'ятки пізньої античності та раннього середньовіччя, а також сучасні наукові дослідження з цієї теми.

**Результати дослідження.** Велике переселення народів умовно поділяють на кілька етапів. Перший етап IV–V ст. пов'язаний з активними переміщеннями германських племен — вестготів, остготів, вандалів та франків — на територію Римської імперії. Другий етап, гунський, припадає на кінець IV — середину V ст. і характеризується появою гунів, які виступили каталізатором масштабних міграційних процесів. Третій етап VI–VII ст. пов'язаний із масовим розселенням слов'ян у Центральній, Східній та Південній Європі, що стало підґрунтям формування майбутніх слов'янських етнічних груп. Причини Великого переселення народів були комплексними та взаємопов'язаними. Одним із ключових чинників стали кліматичні зміни. У III–IV ст. відбулося погіршення кліматичних умов, що проявилось у посухах та зниженні врожайності. Це спричинило продовольчі труднощі та загострення соціальної напруги. У таких умовах багато племен були змушені шукати нові території для проживання. Важливу роль відіграв демографічний чинник: зростання населення германських і слов'янських племен спричиняло нестачу орних земель і ресурсів, що обумовило як внутрішнє розселення, так і зовнішню експансію. Римська імперія з її розвиненою економікою та багатими провінціями виглядала привабливою для переселенців. Водночас Римська імперія переживала глибоку кризу: економічні труднощі, інфляція, занепад торгівлі та постійні політичні конфлікти послаблювали державу. Армія втрачала ефективність, а кордони ставали дедалі вразливішими. Практика залучення варварів як союзників (федератів) сприяла їх проникненню у внутрішнє життя імперії. Переломним моментом у Великому переселенні народів стала поява гунів наприкінці IV ст. Їхня військова тактика, заснована на мобільній кінноті та швидких атаках, надала їм значну перевагу над іншими племенами. Під тиском гунів багато народів, зокрема готи, були змушені переселятися на територію Римської імперії, що спричинило численні конфлікти, кульмінацією яких стала битва при Адріанополі у 378 р., де римська армія зазнала нищівної поразки. Готи, вестготи та остготи є яскравими прикладами племен, які пройшли тривалі шляхи переселення, заснувавши власні королівства на території сучасної Італії, Іспанії та Галлії. Вандали, разом з аланами та свевами, переселилися до Північної Африки, де створили потужне королівство з флотом для контролю Середземномор'я. Франки поступово розширювали територію в Галлії та, під проводом Хлодвіга I, об'єднали більшість германських і галло-римських земель, прийнявши християнство в нікейській формі. Особливу роль у процесах Великого переселення народів відігравали території Східної Європи, зокрема землі

сучасної України. У II–V ст. тут існувала Черняхівська культура — поліетнічне утворення, яка занепала після гунського вторгнення. У VI–VII ст. розпочалося активне розселення слов'ян, яке стало одним із наймасштабніших демографічних рухів в історії Європи. Слов'яни заселяли нові території, формуючи основу майбутніх східно-, західно- та південнослов'янських народів. Велике переселення народів спричинило глибокі соціально-економічні та культурні зміни. Відбувся занепад міст і скорочення торгівлі, що призвело до переходу до натурального господарства. На зміну античній системі поступово встановлювалися феодальні відносини, засновані на залежності селян від землевласників та особистих зв'язках. Значні зміни відбулися й у правовій сфері: варварські народи створювали власні кодекси законів, які поєднували римські юридичні традиції та звичаєве право, що стало важливим етапом формування європейської правової культури. Важливу роль у об'єднанні Європи відіграло християнство, яке сприяло культурній інтеграції різних народів та збереженню античної спадщини. Церковні інституції стали центрами освіти та писемності, забезпечуючи спадкоємність культурного розвитку. Одним із найбільш відчутних наслідків Великого переселення народів стало формування сучасних лінгвістичних та етнічних кордонів Європи.

**Висновки.** Велике переселення народів стало фундаментальним чинником переформатування Європи. Унаслідок цих процесів племена трансформувалися у нації, а колишні провінції Римської імперії — у незалежні держави, що сформували основу сучасної політичної та етнічної карти континенту.

## ДРАКОНИ У СВІТІ ГАРРІ ПОТТЕРА

Боровик С.М.

Науковий керівник: Зубкова М. К.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

stacy.borovik@gmail.com

**Вступ.** У світі Гаррі Поттера, дракони – це величезні, рухливі та гнучкі істоти, які дмухають вогнем та намагаються вибратись на волю. З точки зору фізики й біології такі істоти могли б жити лише за деяких умов.

**Мета дослідження.** Дослідити можливе існування драконів за різних умов у реальному світі.

**Матеріали та методи.** У роботі використано:

Аналіз описових характеристик драконів.

Порівняння з вимерлими птахами та вимерлими літаючими рептиліями(динозаврами).



Застосування законів фізики, аеродинаміки та механіки: сила тяги, сила опору, сила тяжіння, підйомна сила.

Теоретичне моделювання граничних параметрів маси та розмаху крил.

**Отримані результати.** Встановлено що:

зі збільшенням маси істоти підйомна сила повинна значно зростати.

для польоту дракон масою понад 1000 кг потребував би непропорційно великого розмаху крил.

максимальні реалістичні параметри для літаючої істоти становлять приблизно 10–11 м розмаху крил та 200–250 кг маси.

існування багатотонних драконів у сучасних умовах Землі є малоімовірним.

механізм виверження полум'я теоретично можливий за умови накопичення та займання горючих газів поза тілом.

**Висновки.** Дракони могли б існувати у нашому світі, але за дуже нездійсненими обставинами та умовами для людини.

### ШЛЯХ «ІЗ ВАРЯГ У ГРЕКИ»

Демченко А.С., Гринь І.В., Кочанова Н.В.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

tosa35237@gmail.com

**Вступ.** Шлях «із варягів у греки» був ключовою комунікаційною системою Середньовіччя, що забезпечувала рух товарів, ідей, культури та знань, формуючи обличчя Східної Європи. Він поєднував Скандинавію та Візантійську імперію, створюючи мережу річкових маршрутів із численними розгалуженнями, портами, ярмарками та перевалочними пунктами. Шлях «із варягів у греки» сприяв економічному, соціальному та культурному розвитку регіону.

**Мета.** Проаналізувати шлях «із варягів у греки» як торговельну та комунікаційну систему Середньовіччя, оцінити його вплив на економічну, політичну та культурну інтеграцію Східної Європи, а також з'ясувати роль Києва як центрального логістичного та культурного вузла.

**Методи і матеріали дослідження.** Дослідження здійснено шляхом аналізу та опрацювання писемних джерел, археологічних матеріалів і наукових праць. Дослідження здійснено на основі загальнонаукових та спеціально-історичних методів.

**Результати дослідження.** Шлях «із варягів у греки» — один із найважливіших торговельних маршрутів Середньовіччя, що з'єднував Скандинавію з Візантійською імперією. Шлях «із варягів у греки» літописний термін. У "Повісті временних літ" опис цього маршруту вміщено у вступі до легендарної

розповіді про діяльність апостола Андрія Первозванного на теренах східних слов'ян. Згідно з літописом шлях "із варяг у греки" — це маршрут Чорне море — Дніпро — волок — Ловать — озеро. Ільмень — Волхов — озеро Нево (Ладозьке) та його "устя" (р. Нева) — Варязьке (Балтійське) море. Традиційне уявлення про «шлях із варяг у греки» як про єдину пряму лінію є спрощеним. Насправді це була розгалужена система річкових маршрутів із портами, ярмарками та перевалочними пунктами. Економічно вигіднішими були маршрути через Західну Двіну та Волгу, які дозволяли швидше доставляти товари до Балтики або Каспію. Середньовічний рух цим шляхом був тривалим і небезпечним. Подолання 3000 км займало до трьох місяців і супроводжувалося небезпекою від порогів, негоди, розбійників та кочовиків. Більшість купців долали лише частину маршруту. Шлях «із варягів у греки» — естафетна торгівля. Купці везли товари до найближчого великого міста (Києва, Полоцька чи Новгород), де продавали їх наступним посередникам. Особливе значення мали волоки — суходільні ділянки між річковими басейнами, де судна перетягували на руках або на котках. На основі волоків згодом будували канали та шлюзи. Судна для маршруту — лодії — мали бути легкими для перенесення, міцними для порогів та стійкими до морських штормів. Їх готували взимку, сплавляли навесні, а після походу до Константинополя часто продавали або розбирали. Торговельний рух забезпечував обмін товарами та культурними цінностями. Русь постачала хліб, хутро, льон, мед та віск, а також рабів. З Візантії везли вино, оливкову олію, книги, ікони та коштовності; зі Скандинавії — залізо, китову кістку та амбру. Київ був центральним вузлом, куди сходилися всі маршрути: північний (через Новгород), північно-західний (через Полоцьк), західний (через Прип'ять) та східний (із Волги). Київські князі контролювали «ключі» всіх гілок шляху. Для безпеки князі розширювали контроль над південними ділянками, наприклад Святослав захопив Тмутаракань, а Ярослав заснував порт Олешня. Альтернативні маршрути дозволяли обходити небезпечні дніпровські пороги через річки Самара, Вовча та Кальміус із виходом в Азовське море. Шлях сприяв формуванню слов'янської мови як універсальної комунікації для торгівлі, об'єднуючи різні народи. Потреби міжнародного ринку стимулювали виробництво «експортних товарів», а Київ став суб'єктом міжнародного права — перші письмові угоди Русі з Візантією (911, 944 рр.) регламентували статус купців та послів, а також правила взаємодії між державами. Київ перетворився на логістичний та культурний центр. Тут уклалися торговельні угоди, збирали каравани, наймали керманічів для проходу порогів, копіювалася та розсилалася література. Інтенсивна торгівля зробила місто суперником Константинополя та перетворила його на мегаполіс. Протягом XI століття значення шляху поступово



зменшувалося. Окремі ділянки набували самостійного значення, втрачаючи функцію суцільного транзиту між Балтикою та Чорним морем.

**Висновки.** Шлях «із варягів у греки» був унікальною комунікаційною системою Середньовіччя. Інтенсивний рух товарів — від північного хутра до візантійських предметів розкоші — спричиняв не менш активний обмін ідеями, знаннями та культурними традиціями. Саме взаємодія економічного обміну з духовним і культурним зробила цей шлях ключовим чинником формування спільного простору Східної Європи.

## ПАЛОМНИЦТВО ДО ЄРУСАЛИМА

Жила І.А.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[zilai4790@gmail.com](mailto:zilai4790@gmail.com)

**Вступ.** Паломництво з давніх часів було однією з провідних форм духовного руху людства. Для представників різних культур і релігій воно означає не лише фізичну подорож, а передусім процес внутрішнього оновлення, пошуку істини, духовної сили та надії. Упродовж століть мільйони вірян вирушали до святих місць, долаючи значні відстані, небезпеки та труднощі. Паломництво (проща) визначається як мандрування вірян до святих місць із релігійною метою. Етимологія термінів «паломництво» та «паломник» безпосередньо пов'язана з латинським коренем *palma* (пальма, пальмова гілка). Ця назва закріпилася завдяки першим християнським пілігримам, які, повертаючись зі Святої Землі, привозили з собою пальмові гілки як символ успішного завершення духовної подорожі та перемоги віри. Цей символ відсилає до біблійної події — тріумфального Входу Господнього в Єрусалим, коли віряни встеляли шлях Ісуса Христа пальмовим листям. За даними Всесвітньої туристичної організації, щорічно у світі здійснюють паломництво понад 200 млн осіб, що свідчить про його значущість як глобального соціокультурного руху.

**Мета** дослідження полягає у комплексному аналізі соціокультурної ролі Єрусалима як ключового духовного центру авраамічних релігій, а також у дослідженні історичної трансформації паломництва — від індивідуальної практики духовного самовдосконалення до вагомого чинника міждержавних відносин і потенційного детонатора глобальних геополітичних конфліктів.

**Методи і матеріали дослідження.** Основу джерельної бази становлять праці середньовічних авторів, картографічні джерела та сучасні наукові дослідження з історії паломництва. Дослідження здійснено з використанням загальноісторичних та спеціально-історичних методів.

**Результати дослідження.** Єрусалим є унікальним релігійним центром, що поєднує святині трьох світових релігій — християнства, юдаїзму та ісламу, що зумовлює його особливу роль у розвитку паломництва. Християнське паломництво до Єрусалима має давню історію та глибоке духовне значення. Центральним об'єктом поклоніння для християн є Храм Гробу Господнього, розташований на місці розп'яття, поховання та воскресіння Ісуса Христа. Ця святиня щорічно приваблює мільйони людей з усього світу, що прагнуть пережити духовний досвід у безпосередній близькості до ключових подій земного життя Спасителя. Особливе значення має Шлях Скорботи (Via Dolorosa) — маршрут, яким Ісус Христос пройшов перед розп'яттям. Паломники долають усі 14 зупинок цього шляху, де відбуваються молитви та роздуми про останні години життя Ісуса. Кульмінацією маршруту є відвідування Храму Гробу Господнього, який символізує водночас смерть і воскресіння Христа та виступає простором консолідації вірян у спільному духовному досвіді. Єрусалим має величезне значення і для юдаїзму, де Західна стіна (Стіна Плачу) виступає символом духовної стійкості та пам'яті про Другий Храм, а також для ісламу, де комплекс мечетей на Храмовій горі (Аль-Акса та Купол Скелі) вшановується як третя за значущістю святиня після Мекки та Медини. Саме така концентрація сакральних об'єктів різних конфесій зумовлює статус Єрусалима як зони постійного міжрелігійного діалогу та водночас високої конфліктогенності. Зародження християнського паломництва відноситься до IV століття, коли християнство після періоду переслідування стало офіційною релігією Римської імперії. Важливу роль у його популяризації відіграла подорож імператриці Єлени, матері імператора Костянтина Великого, до Святої Землі. Вона відвідала Єрусалим у похилому віці та сприяла будівництву храму на місці смерті Спасителя, продемонструвавши приклад духовної відданості. У Середньовіччі паломництво набуло масового характеру і стало невід'ємною частиною культурного та соціального життя Європи. Його зростання стимулювалося Хрестовими походами. З'явилися організовані маршрути, такі як «Стежка тамплієрів», що пролягала від Діжона (Франція) до Єрусалима. Одним із найраніших прикладів карт, які показували шлях до Єрусалима, є карта Метью Паріса (близько 1250 року). Цей 7-сторінковий маршрут вів від Лондона до Святої Землі. У XV ст. для європейців були розроблені спеціальні путівники — «дорожники». Паломники рухалися трьома основними напрямками: «східна дорога», «західна дорога» та «південна дорога», долаючи небезпечні ділянки суші та моря, часто під загрозою піратських нападів та воєнних конфліктів. Для забезпечення безпеки та підтримки мандрівників виникли численні притулки, монастирі, шпиталі та братства провідників, лікарів і перекладачів. Ордени госпітальєрів та тамплієрів здійснювали охорону, надавали медичну допомогу та



викупували полонених. Аби користуватися гостинністю релігійних організацій, необхідно було спершу отримати офіційний статус паломника. Після цього особа перебувала під захистом церкви, і на неї не розповсюджувалися світські закони. Привілеї були дуже значними: паломника не можна було засудити, його фінансові зобов'язання призупинялися, а майно перебувало під церковною опікою. Вирушаючи в дорогу, як прості люди, так і королі отримували від церкви посох і мішок — відмінні ознаки пілігримів, а також стрічку через плече або вздовж талії. До XIV–XV століть християнське паломництво частково втратило суто духовне значення, перетворюючись на соціальний та аристократичний ритуал. Значний відсоток паломників становили люди знатного походження, а подорожі набували ознак престижної традиції. Лише у XIX столітті почалося масове відродження цієї практики, що наблизило її до сучасної форми, доступної для широких верств населення. Окремим аспектом дослідження є вплив релігійних суперечок на міжнародні відносини. Конфлікт навколо контролю над святинами в Храмі Гробу Господнього та Храмі Різдва Христового став одним із чинників, що спричинив початок Кримської війни. Формальним приводом став інцидент 1847 року зі зникненням срібної зірки, що загострив протистояння між католицькою та православною конфесіями. Втручання Наполеона III та протидія Миколи I перетворили релігійний конфлікт на міжнародну кризу. У сучасному світі боротьба за доступ до Храмової гори продовжує залишатися «точкою кипіння» арабо-ізраїльського конфлікту, перетворюючи паломництво на об'єкт міжнародного права та інструмент геополітики. Події, що розпочалися у жовтні 2023 року, створили нові непереборні бар'єри на шляху до святих місць.

**Висновки.** Паломництво є важливим духовним і соціокультурним явищем, яке протягом століть відігравало значну роль у житті людства. Воно поєднує релігійні практики, культурні традиції та історичні процеси, впливаючи на формування міжрегіональних зв'язків. Його розвиток пройшов шлях від індивідуальних практик до масового організованого руху. Паломництво має не лише релігійне, а й суспільно-політичне значення, оскільки в різні історичні періоди воно безпосередньо впливало на міжнародні відносини та ставало частиною геополітичних процесів. Сьогодні воно залишається актуальним явищем, що відображає складну взаємодію духовності та глобальних викликів сучасності.

# THE MOTION OF PEOPLE IN HISTORY: MIGRATION AND TRAVEL VOCABULARY

Zuieva K.V.

Scientific supervisor: Choporova U.S.

Kharkiv Private Lyceum "Angstrem", Kharkiv, Ukraine

[ksenyazueva2.0@gmail.com](mailto:ksenyazueva2.0@gmail.com)

**Introduction.** Human movement has always been a fundamental aspect of historical development. From early human migrations to contemporary global mobility, people have continuously moved across territories for various social, economic, and environmental reasons. This process includes migration, travel, trade, and exploration, all of which have significantly influenced the formation of societies and cultures. From a historical perspective, migration is not only a physical relocation but also a complex social phenomenon that reshapes populations, languages, and cultural identities. The distinction between permanent migration and temporary travel highlights different forms of human mobility and their impact on societal structures. The analysis focuses on the linguistic representation of human movement, particularly through migration and travel vocabulary, which reflects the diversity and complexity of historical mobility.

**Aim of the Study.** To identify and analyze the vocabulary used to describe human movement in historical contexts, with particular focus on migration and travel terminology.

**Materials and Methods.** The study involves the use and analysis of online resources and diverse information sources. The material of the study consists of texts related to human migration and travel, including educational and historical sources. A corpus of migration and travel-related vocabulary (20 lexical units) was compiled and systematized in the form of a glossary.

**Results.** The study shows that migration vocabulary reflects both voluntary and forced movement. Terms such as immigration, emigration, relocation, and diaspora describe different directions and social aspects of migration, while displacement emphasizes involuntary movement caused by conflict, environmental factors, or political conditions. These lexical units demonstrate that human movement is closely connected to historical events, power relations, and social change. Historical examples, including early human migration from Africa, the movement of tribes across Europe, and trade routes such as the Silk Road, illustrate how mobility contributed to cultural exchange and the development of civilizations. In modern contexts, vocabulary expands to include concepts such as urbanization, transportation, and global mobility, reflecting technological progress and increased speed of movement. In addition, travel-related vocabulary, including journey, route, destination, and border crossing, emphasizes the



physical dimension of movement and the processes involved in spatial transition. Together, these lexical groups form a comprehensive system that allows for a precise description of human mobility across different historical periods. Overall, the findings indicate that migration and travel vocabulary functions as an important linguistic tool for representing human movement, highlighting its social, cultural, and historical significance.

**Conclusions.** The study confirms that human movement is a fundamental aspect of history, reflected through a diverse and structured system of migration and travel vocabulary. The analysis identified a set of migration and travel-related vocabulary items (20 lexical units), which reflect different types, directions, and functions of human movement. Different lexical units represent various types, directions, and purposes of movement, including both voluntary and forced migration. Thus, migration and travel vocabulary functions as a key mechanism for describing human mobility and its impact on social and cultural development, emphasizing the role of movement in shaping historical processes.

## ПАЛОМНИЦТВО ДО КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ

Капуста І.М.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[ivankapusta2024@gmail.com](mailto:ivankapusta2024@gmail.com)

**Вступ.** Рух є одним із фундаментальних явищ буття, що охоплює не лише фізичне переміщення у просторі, але й внутрішні, духовні трансформації людини. Особливо яскраво ця подвійність проявляється у феномені паломництва — поєднанні тілесного шляху та духовного зростання. У контексті української культури важливим центром такого руху є Києво-Печерська Лавра — сакральний простір, який протягом століть формує духовну традицію народу.

**Метою** дослідження є аналіз паломництва як форми духовного руху людини на прикладі Києво-Печерської лаври, а також виявлення його впливу на формування особистості та національної ідентичності.

**Методи і матеріали.** Дослідження ґрунтується на аналізі історичних джерел та огляді наукових публікацій із цієї теми. Використано методи аналізу, узагальнення та систематизації наукових даних.

**Результати дослідження.** Слово «паломництво» походить від давньослов'янського «палом» — пальмова гілка, яку приносили прочани з Єрусалима на знак того, що побували на Святій Землі. Відтоді паломниками стали називати всіх, хто вирушав у подорож до святих місць із духовною метою. Паломництво – це не просто туристична поїздка, а справжній духовний рух: рух

від буденності до сакрального, від тілесного до вічного. Філософи та богослови різних епох розглядали паломництво як метафору людського життя. Середньовічний мислитель Боецій писав, що весь людський шлях на землі — це паломництво до небесної Вітчизни. Схожу ідею можна знайти і в українській культурі: образ мандрівника, що шукає правди й Бога, є центральним у творчості Григорія Сковороди. Паломник рухається не просто до певного географічного місця — він рухається до Бога, до власного духовного преображення. Православне паломництво до Києво-Печерської Лаври повністю вписується в цю загальнолюдську традицію, водночас маючи свій неповторний національний і духовний характер. Києво-Печерська Лавра — один із найдавніших монастирів Східної Європи. Заснована близько 1051 року ченцями Антонієм і Феодосієм Печерськими, вона стала духовним центром Київської держави. Архітектурний ансамбль Лаври сам по собі є відображення ідеї духовного руху. Паломник, вступаючи на її територію, рухається по чітко визначеному маршруту: від входу через Верхню Лавру з Успенським собором та Великою Лаврською дзвіницею до Нижньої Лаври з Ближніми і Дальніми печерами. Цей рух — від зовнішнього до внутрішнього, від денного світла до тихого підземного мороку — є символічним шляхом від мирського до сакрального. Головна мета більшості паломників — підземні печери, де спочивають нетлінні мощі понад ста двадцяти святих. Спускаючись до печер зі свічкою в руці, паломник здійснює особливий духовний рух — рух углиб, під землю. Цей спуск символізує зустріч із власною смертністю, усвідомлення скінченності земного буття. Темрява печер і полум'я свічки — це образ людської душі, яка несе вогник віри в темряву гріха й смерті. Саме тут, поруч із мощами святих, молитва набуває особливої сили. Духовний рух паломника починається ще задовго до фізичної подорожі. Традиційно підготовка включає піст, молитву та сповідь. Паломник намагається налаштувати свій внутрішній стан: відпустити образи, примиритися з ворогами, зосередитися на духовному. Вже цей підготовчий етап є рухом від стану буденної зайнятості до стану духовної уваги. У часи Середньовіччя паломники йшли до Лаври пішки з різних кінців Русі, нерідко долаючи сотні кілометрів. Цей виснажливий фізичний рух мав глибокий духовний сенс: кожен крок був молитвою, кожна верста — ще одним кроком смирення. Сьогодні паломники добираються до Лаври поїздом, автобусом або автомобілем, але духовна суть подорожі залишається незмінною. Прибувши до Лаври, паломник відвідує богослужіння, молиться в соборах, спускається до печер, прикладається до мощей святих. Дехто залишається тут на кілька днів, беручи участь у монастирському житті. Особливо урочисто відзначаються великі церковні свята — Різдво, Великдень, Успіння Богородиці. Найважливіший етап паломництва — це повернення додому. Справжній паломник повертається іншою людиною. Фізично він подолав маршрут туди й



назад, проте духовно він ринувся вперед: виріс у вірі, знайшов відповіді на важливі питання, відчув близькість Бога. Саме цей внутрішній рух і є справжньою метою паломництва. Паломники часто описують своє перебування в Лаврі як переломний момент у житті. Багато хто приходить сюди з тягарем горя, хвороби, сумнівів або душевної кризи — і повертається з почуттям полегшення і надії. Цей духовний катарсис є свідченням того, що паломництво справді є особливою формою руху — руху, який змінює саму людину. Рух паломника відбувається одночасно у кількох вимірах: у просторі (від домівки до святині), у часі (від буденного до сакрального), у душі (від слабкості до духовної сили). Цей рух не закінчується з поверненням додому — він продовжується в серці людини протягом усього її подальшого життя.

Можна виділити кілька ключових особливостей духовного руху, які відрізняють його від звичайної подорожі. По-перше, наявність чіткої духовної мети: паломник рухається не заради враження чи відпочинку, а заради зустрічі з Богом. По-друге, свідоме смирення і готовність до труднощів: важкий шлях сприймається не як перешкода, а як засіб очищення. По-третє, трансформація особистості: після паломництва людина стає іншою — глибшою, мудрішою, духовно багатшою. Києво-Печерська Лавра відігравала важливу роль як культурний та освітній центр. Тут формувалися перші давньоруські літописні школи, діяли друкарні та іконописні майстерні, що сприяли розвитку писемності, освіти та мистецтва в Україні. Таким чином, Лавра поєднує духовну, освітню та культурну місію, стаючи символом національної спадщини та духовного зростання. Паломництво до Лаври – це акт національної ідентичності. Для українця відвідання цього святого місця означає дотик до витоків рідної культури і духовності. Це рух не лише до Бога, а й до коренів свого народу, до тисячолітньої спадщини предків. У цьому сенсі кожен паломник, що ступає на поріг Лаврських воріт, продовжує нескінченний духовний рух нашого народу — рух до правди, краси і вічності.

**Висновки.** Києво-Печерська Лавра протягом понад тисячі років є живим свідченням того, що прагнення людини до духовного руху негасиме. Незважаючи на численні випробування — монгольська навала, пожежі, більшовицькі репресії, знищення Успенського собору — Лавра відроджувалася знову і знову. Сьогодні, як і тисячу років тому, тисячі паломників рухаються сюди в пошуках Бога, духовного зростання та сенсу життя.

## МОРСЬКИЙ ШЛЯХ СПЕЦІЙ

Капуста М.М.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

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

**Вступ.** Морський шлях спецій є яскравий прикладом того, що історичний прогрес починається з руху: спочатку інтелектуального, потім технічного і, зрештою, глобального. Починаючись як жага до прянощів, він став першим кроком глобалізації, інструментом геополітики. Рух знань, ідей, культури, релігії мав значно більшу вагу, ніж обмін товарами, оскільки створив фундамент для глобальних змін у науці, культурі та сприйнятті світу.

**Метою** дослідження є комплексний аналіз морського шляху спецій як ключового чинника історичного, економічного та культурного розвитку Європи та Азії, а також визначення його впливу на формування глобальних торговельних мереж, соціальних структур і міжкультурних зв'язків.

**Методи і матеріали.** Основу джерельної бази становлять середньовічні та ранньомодерні тексти, торговельні записи, портолани, а також сучасні наукові дослідження з історії географічних відкриттів, економіки та міжнародної торгівлі. У роботі застосовано порівняльно-історичний метод, що дозволяє зіставляти різні джерела та реконструювати події і процеси минулого. Застосовано системний і цивілізаційний підходи, які дають змогу розглядати відкриття морських маршрутів не лише як серію експедицій, а як комплексний чинник глобальної трансформації торгівлі, соціальної структури та міжкультурних контактів XVI–XVII століть.

**Результати дослідження.** Морський шлях спецій — це назва мережі морських шляхів, що з'єднують Схід із Заходом. Вони простягалися від західного узбережжя Японії, через острови Індонезії, навколо Індії до земель Близького Сходу, а звідти — через Середземне море до Європи. Багато спецій росли тільки в тропічному Сході, від Китаю на південь до Індонезії, південної Індії та Шрі-Ланки. Упродовж тисячоліть прянощі були одним із найдорожчих і найбажаніших товарів у світі. Перець, кориця, гвоздика, мускатний горіх — усе це коштувало на вагу золота і слугувало символом розкоші, багатства та влади. Контроль над торгівлею спеціями означав контроль над величезними прибутками, тому народи й держави вели за нього запеклу боротьбу. Вантажі слонової кістки, шовку, порцеляни, металів і блискучих дорогоцінних каменів приносили великі прибутки торговцям, які були готові ризикувати небезпечними морськими подорожами. Але більш важливим був обмін знаннями про нові народи та їхні релігії, мови, художні та наукові здобутки. Порти вздовж морського



шляху прянощів виступали плавильними котлами ідей та інформації. З кожним кораблем, що відпливав з вантажем цінностей на борту, нові знання переносилися через моря до наступного порту заходу корабля. Протягом Середньовіччя торгові маршрути зі Сходу на Захід проходили суходолом через численних посередників — арабських, перських, турецьких, італійських купців. Кожен із них додавав власну надбавку до ціни, а після завоювання Константинополя османами у 1453 році традиційні шляхи стали ще більш обмеженими та небезпечними для європейців. Португалія та Іспанія — молоді держави на атлантичному узбережжі Європи — не мали доступу до середземноморської торгівлі, тому були найбільш зацікавлені у пошуку нових шляхів. Це поєднання економічних інтересів, технічного прогресу в кораблебудуванні та накопиченого географічного знання створило умови для появи масового руху дослідників і мореплавців. Пошук морського шляху спецій спровокував справжній соціальний рух — хвилю географічних відкриттів, що змінила карту світу, перебудувала торговельні мережі, спричинила міграції народів і змінила соціальну структуру суспільства. Португалія стала першопрохідником у пошуку морського шляху до Індії. Принц Генріх Мореплавець заснував академію мореплавства в Сагреші, де готували картографів, астрономів і капітанів. Португальські експедиції досліджували західне узбережжя Африки, відкрили мис Боядор, Азорські острови, Гвінейську затоку. У 1488 році Бартоломеу Діаш обігнув мис Доброї Надії, довівши можливість морського шляху до Індії. Вирішальне значення мала експедиція Васко да Гама, яка показала економічну вигоду нового маршруту. Португалія швидко перетворила відкриття на морську імперію. Альфонсу де Альбукерк завоював Гоа, Малакку та Ормуз, забезпечивши контроль над ключовими торговельними пунктами Індійського океану. У 1519–1522 роках іспанська експедиція під командуванням Фернана Магеллана здійснила першу кругосвітню подорож. Хоча сам Магеллан загинув на Філіппінах, його корабель «Вікторія» повернувся з вантажем гвоздики, що покрив витрати експедиції. Основними конкурентами Португалії у торгівлі спеціями стали Нідерланди та Англія. Голландська Ост-Індська компанія захопила ключові торговельні позиції в Індійському океані, включно з Молуккськими островами, а Амстердам став головним торговим вузлом Європи. Жорстоким епізодом стала «різанина на Банді» 1621 року, коли голландці знищили більшість місцевого населення, щоб контролювати виробництво мускатного горіха. Конкуренція за спеції тривала XVII–XVIII століття, поступово призводячи до втрати монополії Португалії. Французи та інші країни вирощували прянощі у власних колоніях. Ціни на спеції впали, і вони стали доступними ширшим верствам населення. Відкриття морського шляху спецій спричинило глибокі соціальні та економічні зміни в

Європі та поза її межами. Виникла «комерційна революція»: розширилася торгівля, зросли обсяги грошового обігу та з'явилися нові фінансові інституції: торгові компанії, банківські доми та страхові установи. Спеції стали доступними не лише знаті, а й середнім та нижчим верствам населення, що змінило харчові звички та кулінарну культуру. Відкриття нових торгових шляхів підірвало економічну потугу традиційних посередників — арабських купців та венеціанських торгових домів. Центр економічного тяжіння Європи перемістився на атлантичне узбережжя. Лісабон, Антверпен, Амстердам і Лондон стали новими фінансовими центрами. Морська торгівля сприяла формуванню буржуазії та виникненню акціонерних компаній, що підготувало ґрунт для промислової революції XVIII–XIX століть. Відкриття шляхів призвело до масових міграцій. Європейці переселялися в Азію та Африку, засновуючи колонії та торгові факторії. Морська торгівля спеціями також мала стратегічне значення, заклавши основи світової колоніальної системи і стимулюючи розвиток флоту, навігаційних технологій та картографії. Нарешті, пошук морського шляху спецій змінив світогляд людей: Земля виявилася більшою та водночас пов'язаною торгівлею й міжкультурними зв'язками, що стало важливим кроком до глобального мислення та зародження сучасної глобалізації. Географія, астрономія, картографія та природничі науки отримали потужний імпульс розвитку завдяки потребам мореплавства.

**Висновки.** Морський шлях спецій демонструє, як соціальний рух, зумовлений економічними інтересами та матеріальними потребами, може спричиняти глобальні зміни, що виходять далеко за межі початкових цілей його ініціаторів. Вивчення цього явища допомагає зрозуміти механізми соціальних та економічних трансформацій як у минулому, так і в сучасному світі.

## ТРИКУТНА ТОРГІВЛЯ ЯК РАННЯ ФОРМА ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ

Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[natalia.cochanova@gmail.com](mailto:natalia.cochanova@gmail.com)

**Вступ.** У XVI–XIX століттях світ опинився в полоні потужного трансатлантичного колообігу — системи, відомої як Трикутна торгівля. Європа, Африка та Америка були пов'язані не лише морськими шляхами, а й спільними економічними, соціальними та культурними процесами. Трикутна торгівля формувала економічне багатство європейських метрополій та сприяла зростанню колоніальних імперій, водночас призводячи до значних демографічних втрат в Африці та Америці. Переміщення людей, часто примусове, змінювало структуру



суспільств, впливало на економіку та культуру регіонів і стало каталізатором формування глобальних економічних зв'язків. Ця система слугувала першим досвідом організованого глобального управління ресурсами, де доля людини на одній частині світу залежала від попиту на товари в іншій. Вивчення механізмів трикутної торгівлі дозволяє оцінити її вплив на економічний, демографічний та соціальний розвиток різних регіонів.

**Метою дослідження** є аналіз функціонування трансатлантичної трикутної торгівлі та оцінка її впливу на економічний, демографічний і соціальний розвиток Європи, Африки та Америки.

**Матеріали і методи.** У процесі дослідження використано загальнонаукові та спеціально-історичні методи. Джерельну базу становлять наукові праці з економічної історії, історії міжнародної торгівлі та трансатлантичної работоргівлі, статистичні дані щодо обсягів перевезення рабів і товарообігу, картографічні матеріали та документальні джерела.

**Результати дослідження.** Трансатлантична трикутна торгівля мала чітку структуру та включала три основні етапи. На першому етапі європейські держави перевозили промислові товари — метали, текстиль, вогнепальну зброю, алкоголь — до африканських портів, де їх обмінювали на рабів. Другий етап, відомий як «Середній шлях», передбачав транспортування рабів через Атлантичний океан до колоній Америки. Перевезення людей через Атлантику було ретельно прорахованим і жорстоким бізнес-процесом. Кораблі для перевезення рабів були спеціалізованими суднами, де кожен квадратний сантиметр використовувався для розміщення «людського вантажу». Смертність під час подорожі була закладена в бізнес-моделі як допустимі втрати. У середньому вона становила близько 15%, а під час спалахів хвороб, таких як дизентерія чи віспа, могла сягати 50% і більше. Капітани кораблів іноді вдавалися до так званого «викидання вантажу» за борт, зокрема хворих рабів, щоб отримати страхові виплати за «втрату майна». Загалом у період між 1517 та 1867 роками приблизно 12,5 мільйонів африканців розпочали «Середній шлях», з яких близько 10,7 мільйона пережили подорож і стали основою трудового ресурсу американських колоній. Після прибуття до Америки вцілілі африканці продавалися на аукціонах і потрапляли на плантації, які функціонували як «аграрні фабрики». Праця на плантаціях організовувалася за суворим графіком з метою максимізації виробництва експортної сировини. Кораблі поверталися до Європи з вантажем товарів, вироблених рабською працею, зокрема цукром, тютюном, бавовною, ромом і кавою. Цей третій етап завершував цикл трикутної торгівлі. Масове вивезення людей у продуктивному віці спричинило демографічний застій, гендерний дисбаланс та зміни в соціальній структурі африканських громад. На територіях Америки примусова праця формувала нові соціальні спільноти. Економічно трикутна торгівля

сприяла зростанню багатства європейських метрополій, розвитку плантацій та формуванню глобальних ринків товарів. У США, Бразилії та колоніях Карибського басейну основою економіки стала продукція, вирощена рабською працею, що стимулювало промислове виробництво в Європі та створювало взаємозалежність між континентами.

**Висновки.** Трикутна торгівля залишила після себе світ зі стійким дисбалансом між Європою, Африкою та Америкою. Накопичене багатство європейських метрополій забезпечило їм технологічне та економічне випередження, тоді як Африка та Кариби залишилися з економіками, орієнтованими переважно на експорт сировини. Ця система стала першим досвідом глобального управління ресурсами, заклавши основу сучасних ланцюгів постачання, де за успіхом кінцевого продукту часто прихована експлуатація та виснаження ресурсів на периферії. Рабство сприяло формуванню спотвореного сприйняття африканців і залишило у спадок расизм та стереотипне ставлення до африканських народів.

## **АВАРИ: НАРОД, ЯКИЙ ГРИМІВ НА ВСЮ ЄВРОПУ Й ЗНИК, ЛИШИВШИ СЛІДИ В ЧУЖІЙ ПАМ'ЯТІ**

Озирський Л.А.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

ladomirangstrem@gmail.com

**Вступ.** Історія аварів є прикладом стрімкого історичного розвитку — від масштабної міграції через увесь Євразійський континент до формування потужної «кочової імперії», яка протягом двох століть відігравала провідну роль у політичному житті Європи. Цей кочовий етнос за короткий історичний період створив державу, територія якої простягалася від Волги до Ельби. Авари залишили по собі численні археологічні пам'ятки та помітний слід у фольклорі та мовах багатьох європейських народів. Водночас особливістю історії аварів є їхнє раптове зникнення з історичної арени. Незважаючи на значну військово-політичну могутність, цей народ не зміг зберегти власну державність і поступово розчинився серед інших етносів. Така доля перетворила аварів на символ історичного забуття, що підкреслює актуальність дослідження їхнього походження, розвитку та занепаду.

**Метою дослідження** є комплексний аналіз історії аварів — від їхнього походження та трансєвразійської міграції до формування Аварського каганату, військової організації та культурної спадщини, а також визначення причин їхнього занепаду та зникнення з політичної карти Європи.



**Матеріали та методи.** Основу джерельної бази становлять середньовічні літописи, хроніки та археологічні матеріали з поховань, фортець і озброєння аварів, а також сучасні дослідження історії кочових народів Центральної та Східної Європи. Дослідження спирається на принципи історизму та об'єктивності. Застосовано порівняльно-історичний метод, системний та цивілізаційний підходи. Міждисциплінарний аналіз історії, археології, генетики та культурології дав змогу простежити взаємодію аварів із підкореними народами та їхній вплив на міжкультурні процеси в регіоні.

**Результати дослідження.** В результаті дослідження встановлено, що авари з'явилися на європейській історичній арені в середині VI століття внаслідок трансєвразійської міграції зі степів Центральної та Східної Азії. Генетичні дослідження підтверджують, що еліта аварів мала тісні зв'язки зі спадкоємцями Жужанського каганату, що свідчить про азійське походження верхівки каганату. Масштабна міграція, здійснена за приблизно десять років, охопила понад 7000 км і вже у 558 році привела аварів до Північного Причорномор'я. Після появи у Північному Причорномор'ї авари активно включилися у політичні процеси Візантійської імперії. Перша письмова згадка про них у візантійських джерелах датується 558–559 роками, коли посольство аварів прибуло до Константинополя до імператора Юстиніан I з пропозицією союзу. В обмін на золото та родючі землі авари зобов'язувалися вести військові дії проти «неспокійних племен», що загрожували північним кордонам імперії. Імператор Юстиніан, дотримуючись принципу «розділяй і володарюй», погодився на ці умови, використавши аварів для придушення утигурів, сабірів та антів.. Протягом 558–562 років авари підкорили численні племена, що мешкали на території сучасної України, зокрема антів. Археологічні дані та літописні свідчення підтверджують, що підкорення супроводжувалося масштабним спустошенням земель і захопленням полонених, що значно послабило місцеві племінні об'єднання. Слов'янські племена були змушені шукати захисту через союз із Візантією, тоді як авари, завдяки перевазі у мобільності та озброєнні, швидко встановили гегемонію в регіоні та закріпили своє військово-політичне панування. У 567 році авари уклали союз із лангобардами проти гепідів у Паннонії, і після знищення гепідів лангобарди мігрували до Італії, залишивши весь Карпатський басейн аварам, які під керівництвом кагана Баяна I перетворили його на ядро своєї держави та неприступну фортецю. Аварський каганат був державним утворенням типу «варварської імперії», де влада належала вузькому колу еліти, яка панувала над підкореними народами: слов'янами, болгарами та рештками сарматів. Центром держави була система «хрінгів» — дерев'яних укріплень, при цьому найбільший хрінг був оточений дев'ятьма колами валів, забезпечувало максимальний захист накопичених багатств. Економіка каганату поєднувала кочове скотарство з

експлуатацією осілого населення. Авари вирощували коней, вівці, кіз та велику рогату худобу, водночас значну частину багатства забезпечували візантійські субсидії, що на піку становили до 200 тисяч золотих солідів на рік. Одним із найважливіших внесків аварів у військову історію стало поширення металевих стремених у Європі, які з'явилися у середині VI століття. Стремено забезпечувало вершнику стабільну опору, дозволяючи застосовувати важкі списи для атак та вести точний обстріл із лука. Аварська кіннота включала легких лучників і важку кавалерію в ламелярних обладунках. Їхня тактика базувалася на дистанційному обстрілі, імітації відступу та раптових контратаках, що високо оцінив візантійський імператор Маврикій у трактаті «Стратегікон». Авари стали першим серйозним ворогом ранніх слов'ян, розгромивши племінний союз дулібів на території сучасної України та використовуючи слов'янські загони як «живий щит» у війнах проти Візантії. Переломним моментом в історії аварів стала невдала облога Константинополя влітку 626 року. Авари діяли спільно з Перським царством Хосрова II, намагаючись завдати імперії остаточного удару. Їхнє військо, чисельністю до 80 тисяч осіб і підсилене загонами слов'ян, болгар та гепідів, заблокувало місто з суші. Вирішальним став розгром слов'янської флотилії у затоці Золотий Ріг, через що авари не змогли переправити перські війська та організувати спільний штурм. Поразка підірвала авторитет кагана і спричинила серію повстань серед підкорених племен. Після 626 року західні слов'янські племена під проводом Само та болгар Кубрата відокремилися, утворивши власні держави. Аварська держава змушена була перейти від експансії до стратегічної оборони, зосередившись у межах Паннонії. Кінець їхнього домінування настав наприкінці VIII століття під впливом експансії Франкської імперії Карла Великого. Карл Великий організував серію кампаній, спрямованих на знищення аварської загрози. У 791 році франкська армія, розділена на два війська, увійшла в межі каганату. Хоча частково були зруйновані прикордонні укріплення, епідемія серед коней змусила франків тимчасово відступити. Вирішальний удар завдав син Карла, король Піпін Італійський, у 796 році, захопивши головну резиденцію кагана — Кільце, де зберігалися скарби, накопичені за два століття. Остаточну крапку в історії аварів поставив болгарський хан Крум, який у 804–805 роках, скориставшись поразкою каганату від франків, завдав удар зі сходу. Війна завершилася повним розгромом держави, а її територія була розділена між Франкською імперією та Болгарським ханством по середньому Дунаю. Авари зникли з політичної карти Європи на початку IX століття, поступово асимілювавшись серед слов'ян, болгар і угорців.

**Висновки.** Авари були важливим чинником формування політичної та соціокультурної структури Центральної та Східної Європи у VI–VIII століттях. Механізми їхньої державності та військової організації впливали на взаємодію з



підкореними народами та міжкультурні процеси регіону. Занепад каганату став наслідком внутрішньої нестійкості та зовнішніх військових загроз, а подальша асиміляція аварів свідчить про динаміку етнічних та культурних змін у ранньому середньовіччі.

## ТНЕЙДЖЕРИ В ІСТОРІЇ ЯК СОЦІАЛЬНИЙ ФАКТОР СУСПІЛЬНИХ ЗМІН

Соколова К.С.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[katerinasokolova902@gmail.com](mailto:katerinasokolova902@gmail.com)

**Вступ.** У традиційному уявленні історію формують переважно дорослі особистості, які мають досвід, владу та соціальний статус. Однак історичний аналіз свідчить, що підлітки також відігравали важливу роль у розвитку суспільства. У різні епохи вони брали участь у військових подіях, культурних процесах, науковій діяльності та громадських рухах. Особливої актуальності ця тема набуває в сучасних умовах, коли молодь активно впливає на соціальні процеси.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є визначення ролі підлітків як соціального чинника історичних змін та аналіз їхнього впливу на суспільні процеси в різні історичні періоди.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі історичних джерел, біографічних даних, науково-популярних публікацій та сучасних інформаційних матеріалів.

Використані методи: аналіз, порівняння, узагальнення, систематизація.

**Отримані результати.** У ході дослідження встановлено, що у минулі історичні періоди межа між дитинством і дорослістю була умовною, що сприяло ранньому залученню підлітків до суспільного життя. Вони виконували функції, які сьогодні притаманні дорослим, зокрема брали участь у військових діях, політичних процесах і трудовій діяльності. Підлітки могли виступати як каталізатори суспільних змін, впливаючи на політичні, культурні та ідеологічні процеси. Їхня діяльність була зумовлена високим рівнем мотивації, ціннісними переконаннями та здатністю до самопожертви. Встановлено, що у ХХ–ХХІ століттях роль підлітків трансформується під впливом технологічного розвитку. Молодь стає активним суб'єктом інформаційного простору, створює контент, формує громадську думку та бере участь у соціальних ініціативах.

## БУРШТИН — "ЗОЛОТО ПІВНОЧИ"

Стаднік С.Ю.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[ekaterinastadnik2014@gmail.com](mailto:ekaterinastadnik2014@gmail.com)

**Вступ.** Бурштин, відомий в античній традиції як «сльози Геліад» або «електрон», упродовж тисячоліть залишається одним із найбільш знакових мінералів в історії людства. Його роль виходить далеко за межі декоративного чи ювелірного призначення. Завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям та міфологічному ореолу, бурштин став потужним каталізатором міжкультурної комунікації, економічного розвитку та державотворчих процесів у Європі. Контроль над покладами та транзитом «сонячного каменю» нерідко ставав причиною масштабних міграцій та міждержавних конфліктів. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю переосмислення «Бурштинового шляху» не просто як торгового маршруту, а як складної інфраструктурної системи, що з'єднувала Північ та Південь Європи.

**Мета** дослідження полягає у комплексному аналізі ролі бурштину як стратегічного ресурсу, що сприяв формуванню торговельно-економічних та культурних зв'язків між народами Північної та Південної Європи, а також у визначенні місця українських територій у системі міжнародних бурштинових шляхів.

**Методи і матеріали дослідження.** У роботі застосовано загальнонаукові та спеціально-історичні методи. Джерельну основу становлять археологічні знахідки, письмові пам'ятки античності та раннього середньовіччя, а також сучасні наукові дослідження з історії торгівлі, культури та матеріальної спадщини Європи.

**Результати дослідження.** Бурштин пройшов складний шлях еволюції в людській свідомості. В епоху палеоліту та мезоліту він виступав переважно як об'єкт релігійного культу. Знахідки в Юодкранте налічували сотні артефактів, що свідчить про перші організовані центри обробки ще в неоліті. В античну добу, камінь отримав статус сакралізованого «електрону», що наділяло його особливою цінністю в очах середземноморських цивілізацій. Саме ця сакральність стала підґрунтям для формування високої ринкової ціни. Це перетворило випадковий збір каменю на узбережжях у масштабну індустрію, що стимулювала розвиток ювелірних центрів, зокрема міста Аквілея на Адріатиці. В результаті утворився Бурштиновий шлях — складна система маршрутів, що з'єднувала узбережжя Балтійського та Північного морів із цивілізаціями Середземномор'я: Італією, Грецією та Єгиптом. Бурштин із північних регіонів



надходив до Середземномор'я через кілька ключових торгових шляхів. Серед них — Рейнсько-Ронський шлях (через Ельбу, Рейн і Рону до Марселя та Середземного моря), Центральноевропейський шлях (Вісла, Дунай, Аквиля), Дністровський (Вісла, Сан, Дністер) та Дніпровський шлях, частина маршруту «із варяг у греки». На початку нашої ери в Римі бурштин користувався надзвичайною популярністю — говорили про «бурштинову моду». З нього виготовляли перстні з фігурками Венери або Купідона, жіночі портрети, взуття, одяг, флакони для пахоців та посудини для вина; навіть амфітеатри прикрашали бурштином за часів Нерона. Бурштин був важливим елементом скіфської культури, особливо в Придніпров'ї, де знаходять як оброблений камінь, так і необроблені шматки. Прикраси поєднували бурштин із кісткою, склом, фаянсом та коштовними каміннями, що свідчить про високий рівень майстерності. «Скіфський бурштин» активно експортували до країн античного світу та Близького Сходу, переважно через Дніпровський шлях, обмінюючи його на золото, мідь, вироби з бронзи та пізніше — на монети. Бурштиновий шлях слугував інфраструктурою для великих міграцій. У III–II ст. до н. е. германські племена рухалися цими маршрутами, освоюючи Центральну Європу: одна група — по Ельбі до верхів'їв Рейну й Дунаю, інша — по Віслі до Дунаю. Готи спершу оселилися в гірлі Вісли, де зосереджувався видобуток бурштину. Контроль над цим ресурсом дозволив їм розвинути торгівлю з Римом і озброїти армію. У II–III ст. н. е. готи почали масштабну міграцію вздовж Вісли та Західного Бугу в напрямку Прип'яті та Дніпра, практично повторюючи маршрут Дніпровського бурштинового шляху, і таким чином опинилися на сучасних територіях Волині, Полісся та Середнього Подніпров'я. Бурштинові шляхи відігравали ключову роль у перших державотворчих процесах Центральної та Східної Європи. Контроль над ними був важливим для утворення держав Само (625–659 рр.), Великої Моравії, Чехії, Польщі, Великої Хорватії та Київської держави. Рання історія цих держав часто пов'язана з боротьбою за стратегічні точки бурштинового шляху, зокрема «Червенські гради» (Західна Волинь) і Перемишль (Західна Галичина). Міста на стику басейнів Вісли та Західного Бугу дозволяли контролювати Дністровський бурштиновий шлях. Видобуток бурштину на Балтиці довгий час був відкритим для всіх. На початку XIII ст. Тевтонський Орден, завоювавши Східну Прибалтику з її покладами бурштину, проголосив територію своєю власністю та встановив монополію на видобуток. За приховування навіть невеликих шматків бурштину місцевим жителям загрожувала страта через повішення. Україна належить до світових лідерів за запасами бурштину. Особливістю українського бурштину є висока ювелірна якість та широка кольорова гамма, включно з унікальними зеленуватими та чорними зразками. Сьогодні бурштин застосовують не лише у ювелірному

виробництві, а й у сучасній медицині, косметології, сільському господарстві, техніці та електроніці.

**Висновки.** Бурштин був стратегічним ресурсом, який формував торговельні, культурні та міграційні зв'язки між народами Північної та Південної Європи. Його цінність визначалася як релігійно-символічним значенням, так і економічною популярністю. Бурштинові шляхи сприяли державотворчим процесам і розвитку перших європейських держав. Сьогодні Україна зберігає значні поклади бурштину, що підтверджує його історичну та сучасну важливість.

МЕТА ANGSTREM

# СЕКЦІЯ №4

РУХИ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ СВІТ

історія, література, мистецтво, спорт



## КІНЕТИЧНІ СКУЛЬПТУРИ ЯК ФОРМА СУЧАСНОГО МИСТЕЦТВА РУХУ

Бабійчук І.О.

Керівник: Авдєєв І.П.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

avdieievip@gmail.com

**Вступ.** У традиційному розумінні мистецтво асоціюється зі статичними формами: живописом, скульптурою, архітектурою. Проте у ХХ столітті з'являється новий напрям — кінетичне мистецтво, в якому рух стає ключовим виражальним засобом. Кінетичні скульптури поєднують у собі художнє мислення, інженерію та фізичні принципи, створюючи об'єкти, що змінюються у часі та просторі.

**Мета дослідження.** Дослідити особливості кінетичних скульптур як мистецького явища, визначити їхні основні принципи функціонування та роль руху у формуванні художнього образу.

**Матеріали та методи.** У роботі використано описовий та аналітичний методи. Проаналізовано приклади кінетичних об'єктів ХХ–ХХІ століть, зокрема роботи Марселя Дюшана, Наума Габо, Александра Колдера, Тео Янсена, Кейсі Керрана, Zimoun та Ентоні Хоу. Також застосовано метод узагальнення для визначення типів руху та джерел його виникнення у кінетичних скульптурах.

**Отримані результати.** Встановлено, що розвиток кінетичного мистецтва пов'язаний із технічним прогресом початку ХХ століття. Одним із перших прикладів є об'єкт Марселя Дюшана «Велосипедне колесо» (1913), який започаткував ідею руху як художнього елементу. Першою повноцінною кінетичною скульптурою вважається «Стояча хвиля» Наума Габо, де рух створює візуальну форму.

Подальший розвиток напрям отримав у творчості Александра Колдера, який створив мобілі — підвісні конструкції, що рухаються під дією повітря. Виявлено, що рух у кінетичних скульптурах може виникати за рахунок різних джерел: природних факторів (вітер, вода), механічних систем (двигуни, шестерні) або взаємодії з глядачем.

Сучасні митці розширюють можливості кінетичного мистецтва. Тео Янсен створює великі конструкції, що рухаються під дією вітру та імітують живі організми. Кейсі Керран працює з тонкими механізмами, що відтворюють органічні рухи, подібні до пульсації чи розкриття квітів. Художник Zimoun поєднує рух зі звуком, створюючи акустичні інсталяції. Ентоні Хоу розробляє масштабні металеві конструкції, які реагують навіть на слабкі повітряні потоки.



Визначено, що рух у кінетичних скульптурах виконує не лише технічну, а й естетичну функцію, формуючи динамічний художній образ, який змінюється залежно від умов середовища та взаємодії з глядачем.

**Висновки.** Кінетичні скульптури є важливим напрямом сучасного мистецтва, що поєднує художню творчість і технічні інновації. Рух виступає основним засобом виразності, перетворюючи статичний об'єкт на динамічну систему. Такі скульптури змінюють традиційне сприйняття мистецтва, залучаючи глядача до взаємодії та створюючи ефект «живого» об'єкта. Перспективи розвитку кінетичного мистецтва пов'язані з подальшим використанням новітніх технологій і міждисциплінарних підходів.

## НА ХВИЛЯХ УКРАЇНСЬКОГО ФЕМІНІЗМУ: ВІД ПЕРШИХ ІНІЦІАТИВ ДО СУЧАСНОГО САМОВИЗНАЧЕННЯ

Берикул А.С.

Науковий керівник: Іванова О.О.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[berikulnastya06@icloud.com](mailto:berikulnastya06@icloud.com)

**Вступ.** Фемінізм як суспільно-політичний рух за рівність прав і можливостей став невід'ємною частиною української культурної історії кінця ХІХ – початку ХХ століття. На відміну від західноєвропейського досвіду, український жіночий рух мав унікальну рису: він був нерозривно пов'язаний із процесами національного відродження та визволення. Жінка розглядалася не лише як суб'єкт власного життя, а й як запорука вільної та освіченої нації.

**Мета дослідження.** Проаналізувати внесок ключових постатей українського інтелектуального середовища (Н. Кобринської, О. Кобилянської, Лесі Українки, Марка Вовчка, О. Пчілки) у формування ідеології українського фемінізму та виокремити основні акценти їхньої діяльності.

**Матеріали та методи.** У роботі використано метод історико-літературного аналізу публіцистичних та художніх творів зазначених авторок. Матеріалом дослідження стали альманахи «Перший вінок», повісті «Людина», «Царівна», «Інститутка», драма «Кассандра» та епістолярна спадщина письменниць.

**Результати.** Дослідження показало, що розвиток українського фемінізму відбувався через кілька паралельних напрямів:

**Інституційний фундамент.** Наталія Кобринська заснувала «Товариство руських жінок» та видала перший у світі жіночий альманах «Перший вінок» (1887), створений виключно жінками. Не боялася гострих тем, зокрема насильства в сім'ї, обмеження прав жінки та суспільних стереотипів про жіночу «ролю». Для того часу такі думки були революційними. Наталія Кобринська не лише

критикувала, а й створювала альтернативу — проекти організації жіночих курсів, відкриті обговорення, підтримку жінок-письменниць. Її діяльність стала фундаментом для наступних поколінь феміністок.

**Психологізм та інтелектуальна незалежність.** Ольга Кобилянська вперше ввела образ жінки-інтелектуалки, яка прагне духовного партнерства, а не простого заміжжя. Її героїні декларують право бути «собі ціллю». У творчості Кобилянської часто звучить протест проти основних соціальних норм, які обмежували жінку у виборі партнера, місці в суспільстві або навіть власних бажаннях.

Вона писала про любов і страждання, але не з романтичної перспективи — із позиції реальної жінки, що прагне бути почутою. Її творчість — це дзеркало жіночого самосвідомлення, яке відображає внутрішній світ сучасниць авторки. Через свої образи Кобилянська спонукає читача замислитись: чи може жінка бути вільною в обмеженому світі? І якщо так — як?

**Фемінізм сили духу.** Леся Українка через свої драми зруйнувала стереотип про «слабку жінку», створюючи образи героїнь (Мавка, Кассандра), чия ментальна незламність перевершує чоловіче оточення. У її творчості роль жінки не другорядна. Жінки у творах Українки часто є сильними, незалежними та цілеспрямованими особистостями. Її поезія сповнена протесту проти нерівності, моральної слабкості й несправедливості.

Вона була переконана, що сила духу важливіша за фізичні обмеження, а свобода — це фундаментальна цінність, яку треба захищати. Особливо вражає те, як Леся Українка поєднувала особистий біль зі світовою думкою. Вона не лише висловлювала власну позицію про рівність жінок, а й показувала, що внутрішня свобода є ключем до зовнішньої. Її творчість стала натхненником для багатьох жінок, які шукали голосу у світі, що приділяв їм мало уваги. Її героїні (Кассандра, Мавка, Йоганна) — це жінки з надпотужною волею, які часто сильніші за чоловіче оточення.

**Соціальний голос.** Марко Вовчок стала першою професійною письменницею, яка викривала жорстокість патріархального устрою та кріпацтва, заробляючи на життя власною працею. Письменниця була однією з перших, хто говорив про жорстоку дійсність селянського життя, про обмеження та труднощі, що стояли перед жінкою в патріархальному суспільстві. У творах Вовчок звучить не тільки співчуття, а й критика стереотипів та несправедливості.

Особливістю творчості Марко Вовчок є її здатність показати жінку в усій складності: не як ідеалізований образ, а як реальну людину зі слабкостями, надіями та прагненнями. Вона була першою українською письменницею, чий твори перекладали багатьма європейськими мовами, що дало можливість



українській літературі потрапити на міжнародну сцену. Письменниця вперше зобразила жінку не лише як жертву, а як особистість із внутрішнім світом.

**Освітня місія.** Олена Пчілка довела можливість поєднання материнства з активною громадською діяльністю, обґрунтувавши тезу: «Без освіти нема свободи». Мати шістьох дітей, яка довела, що можна поєднувати материнство з потужною видавничою діяльністю та етнографією.

Вона першою почала активно впроваджувати феміністичні ідеї в дитячу літературу та виховання. Олена Пчілка стала символом жінки, яка не підкорюється стереотипам. Вона поєднувала роль матері з активною громадською діяльністю, показуючи, що жінка може бути успішною в багатьох сферах життя одночасно. Прагматична реформаторка — називали її.

Публіцистичні ж тексти спонукали жінок не боятися власного голосу та вчитися висловлювати свої думки, боротися за освіту й культурний розвиток. Пчілка активно просувала ідею рівного доступу жінок до культури й науки.

**Висновки.** Українські письменниці XIX — початку XX століття залишили неоціненний слід у світовій культурі та в історії фемінізму. Кожна з них — Наталія Кобринська, Ольга Кобилянська, Леся Українка, Марко Вовчок та Олена Пчілка — була особистістю зі своєю думкою, стилем і голосом.

Але всіх їх об'єднувало одне: прагнення бути почутими. Через слова, тексти, думки вони несли світло свободи, рівності та гідності. Їхня творчість — це не лише література, а й урок мужності, самоповаги та права жінки на власну долю. Українське жіноцтво кінця XIX — початку XX століття не було "на периферії" світового руху. Навпаки, наші авторки створили унікальну модель фемінізму, де особиста свобода жінки була нерозривно пов'язана з честю та гідністю її народу. Вони довели, що жіночий голос може бути вирішальним у питаннях культури, політики та освіти.

Українські письменниці межі століть створили унікальну модель фемінізму, де особиста свобода була нерозривно пов'язана з гідністю народу. Їхня діяльність заклала фундамент для сучасних змін у законодавстві та повсякденних практиках України, де жінки сьогодні реалізують право не лише говорити, а й вирішувати.

## ВЕЛИКЕ РОЗСЕЛЕННЯ СЛОВ'ЯН: ПЕРЕДУМОВИ, ОСНОВНІ НАПРЯМИ ТА НАСЛІДКИ МАСШТАБНОГО МІГРАЦІЙНОГО РУХУ V–VII ст.

Бувайло К.О.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[buvaylo.kateryna@gmail.com](mailto:buvaylo.kateryna@gmail.com)

**Вступ.** Велике розселення слов'ян V–VII ст. є одним із наймасштабніших динамічних процесів у межах Великого переселення народів. Цей міграційний рух не лише докорінно змінив етнічну та політичну карту тогочасної Європи, а й заклав підвалини для формування сучасної слов'янської спільноти, яка сьогодні налічує понад 350 мільйонів осіб. За даними Євростату 2025 р., понад 200 мільйонів жителів Центральної та Східної Європи мають слов'янське походження, що свідчить про колосальний історичний і культурний вплив цього процесу. Дослідження Великого розселення слов'ян дозволяє глибше зрозуміти генезис сучасних слов'янських народів, зокрема українців.

**Мета дослідження.** Визначити передумови, основні напрями та наслідки розселення слов'янських племен.

**Матеріали та методи.** Дослідження здійснено шляхом аналізу та опрацювання писемних джерел, археологічних матеріалів і наукових праць.

**Результати дослідження.** Велике розселення слов'ян відбулося переважно в період з V по VII століття нашої ери, ставши частиною ширшого історичного феномену Великого переселення народів. Прабатьківщина слов'ян являла собою умовний етнокультурний ареал, що охоплював території сучасної південно-східної Польщі, західної та північної України, а також південної Білорусі. Встановлено, що імпульсом до міграційного руху став комплекс взаємопов'язаних чинників: розпад держави гунів у 454 р., що послабив військово-політичний тиск; кліматичні зміни — «малий льодовиковий період»; виснаження ґрунтів через підсічно-вогневе землеробство та зростання кількості населення у межах «прабатьківщини». Перші писемні повідомлення про слов'ян належать до VI ст. На основі аналізу писемних джерел та археологічних даних виділено три основні та кілька додаткових напрямів масштабного міграційного руху слов'ян. Північний та північно-східний напрям був пов'язаний із просуванням верхньодніпровської групи слов'ян — носіїв київської, а згодом колочинської археологічних культур. Міграція відбувалася поступово, протягом століть, у райони Верхнього Подніпров'я та Поволжя. Слов'яни інфільтрувалися в ареали проживання балтських та угро-фінських племен, що спричинило тривалий процес їхньої слов'янізації та формування специфічної матеріальної



культури, зокрема іменьківської культури в Поволжі. Південний та південно-західний напрям реалізовувався склавінами — носіями празько-корчацької культури. Вони просувалися з басейнів Дніпра та Дністра до Середнього Дунаю, а згодом — на територію Моравії та Словаччини. Освоївши верхів'я Дунаю, слов'янські групи досягли верхів'я Ельби та заселили межиріччя Ельби та Заале, а окремі групи просунулися до Шлезвіг-Гольштейну. Південний напрям був пов'язаний з антами — носіями пеньківської культури. Вони спускалися до Дунаю річками Прут і Серет. Якщо в першій половині VI ст. слов'яни здійснювали лише набіги на візантійські провінції (Фракію, Іллірію), то з останньої чверті VI–VII ст. вони почали масово оселятися на Балканському півострові, що докорінно змінило етнічний склад регіону. Західний напрям пов'язаний із племенами венеців — носіями дзедзіцької культури. Вони розселялися з території Середньої та Північної Польщі на захід, просуваючись уздовж узбережжя Балтійського моря. Цей потік був дуже інтенсивним і на Ельбі зустрівся з південним потоком склавів, що призвело до виникнення нових слов'янських угруповань, які згодом стали відомі як західнослов'янські племена. Основою для майбутніх українців стали склавіни. Під час розселення вони оселялися на землях антів по обидва береги Дніпра, поступово об'єднуючись із ними. У результаті такого злиття склавінських та антських племен почав формуватися український етнос.

**Висновки.** Велике розселення слов'ян мало фундаментальне значення для історичного розвитку Європи. Воно значною мірою визначило сучасну мовну та політичну карту Європи. Саме цей масштабний рух призвів до поділу слов'ян на три великі гілки — східну, західну та південну — і став вихідною точкою для створення багатьох сучасних держав, серед яких і Україна.

### **РУХ «BLECK POWER»**

Бувайло М.О.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей "Ангстрем", Харків, Україна

[buvaylo.svitlana@gmail.com](mailto:buvaylo.svitlana@gmail.com)

**Вступ.** Рух «BLECK POWER» за громадянські права в США став одним із найважливіших соціальних процесів ХХ століття.. Це історія про те, як мрія про інтеграцію переросла в прагнення самовизначення. Коли збентежені прохання перетворилися на чіткі вимоги. Коли кулак, стиснутий не від страху, а від гідності, став символом цілого покоління. До середини 1960-х закони вже були написані. Але життя — ні. Афроамериканці мали право голосу, але не мали влади. Мали право на освіту, але не на роботу. Мали конституційні гарантії, але щоденно

зустрічалися з поглядами поліцейських, що говорили: «Ти тут — лише за дозволом». Філософія руху визрівала у випалених сонцем промовах Малкольма Ікса. Він не проповідував любов до ворога. Він говорив про любов до себе. Про право захищатися. Про солідарність за межами кордонів.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз руху за громадянські права афроамериканського населення в США, його причин та наслідків для суспільних змін.

**Матеріали та методи.** У роботі використано біографічні матеріали, історичні джерела, публікації науково-популярного характеру, а також методи аналізу, узагальнення та порівняння історичних подій.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що жодна організація не втілила цей дух так повно, як Партія «Чорні пантери». Заснована в Окленді Х'юї Ньютоном і Боббі Сілом, вона була не просто політичною силою. Це був театр революції. Але справжня революція відбувалася не на вулицях, а в громадських центрах. «Пантери» розуміли: щоб змінити майбутнє, потрібно годувати, лікувати та вчити сьогодні. Вони роздавали безкоштовні сніданки дітям, які йшли до школи з пустим шлунком. Відкривали громадські клініки там, де державна медицина була недоступною. Створювали школи визволення, де викладали не білу історію перемог, а чорну історію боротьби. Це був соціалізм у дії — не в теорії, а на практиці. Вони будували паралельне суспільство там, де офіційне суспільство їх відкидало.

**Висновки.** Занепад руху був прискорений зовнішніми та внутрішніми силами. Програма ФБР COINTELPRO вела безжалісну, часто незаконну війну зі стеження, інфільтрації та саботажу проти «Пантер» та інших груп. Внутрішні чвари, ідеологічна чистота та деякі випадки насильства також заплямували їхню репутацію. Проте їхня спадщина незаперечна. Рух «Чорна сила» фундаментально розширив цілі боротьби за громадянські права. Він спричинив створення програм з вивчення чорної історії в університетах, надихнув нову хвилю чорних митців та інтелектуалів і відстоював ідею расової гордості.

### ХІІІ

Вербицька О.В.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[viktorrozuk0@gmail.com](mailto:viktorrozuk0@gmail.com)

**Вступ.** Хіпі в історії можна розглядати як покоління, субкультуру та контркультуру, але однозначно це був самобутній масовий рух, який найактивніше проявив себе в 60–70-х роках минулого століття в США та у світі.



За десятиліття вони вплинули на різні сфери життя: релігію, політику, музику й мистецтво загалом, стилі одягу, харчування та взаємини. Саме в добу «дітей квітів» світ зробив крок до більш гуманного, толерантного й свідомого суспільства. Основою та головним чинником такого руху змін, що тривають і сьогодні, були хіпі.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є встановлення основних ознак молодіжного руху хіпі та його учасників; розкриття сутності їхнього світогляду; аналіз неоднозначного ставлення до образу хіпі; з'ясування чинників виникнення цього історичного явища; висвітлення історії його розвитку та поширення у світі; виявлення наслідків і впливу цієї контркультури на тогочасне суспільство та на сучасність.

**Матеріали та методи.** Матеріальна база роботи охоплює науково-популярні публікації та комплекс різноманітних історичних джерел, серед яких залучено тогочасну періодичну пресу, фотодокументи й відеоматеріали відповідного періоду, спогади сучасників подій. У дослідженні застосовано історико-генетичний, порівняльний і ретроспективний методи, а також методи узагальнення, систематизації, контент-аналізу та семіотики.

**Результати дослідження.** У ході аналізу встановлено, що рух хіпі став унікальним явищем у світовій історії завдяки своїй безпрецедентній масовості та швидкості розповсюдження. Ця контркультура справила значний вплив на суспільні процеси глобального масштабу. Виявлено, що феномен хіпі сприяв формуванню нових соціальних практик і надав імпульсу цінностям: пацифізму, рівності статей, толерантності до кожної особистості та різних культур, розвитку екоактивізму й вегетаріанства. Рух Flower Power започаткував масове поширення музичних фестивалів, комунального способу життя та альтернативних форм самореалізації. Доведено, що саме хіпі стали рушійною силою сексуальної революції, популяризації східних духовних практик. Водночас зафіксовано суперечливі аспекти їхнього існування – поширення наркотиків, вільних стосунків і негативна пропаганда з боку влади. Попри це, результати дослідження підтверджують, що хіпі сприяли глибоким культурним та соціальним змінам, а їхні ідеї продовжують впливати на сучасні тенденції.

**Висновки.** Влившись у загальний рух розвитку людства, філософія хіпі стала його складовою та набула значних масштабів поширення й впливу. Хоч «діти квітів» не змогли зберегти популярність у первісному вигляді, багато елементів їхньої культури увійшло до мейнстріму. Рухаючись власним шляхом у пошуках істини, вони зробили свої помилки, тому образ хіпі є неоднозначним. Нині це вже не настільки контркультура: чимало їхніх ідеалів стали загальноприйнятими нормами, більш виразним є запит на рівність та протидію насильству. Феномен хіпі засвідчив, що навіть маргіналізовані рухи здатні змінювати суспільні

парадигми та формувати нові культурні практики. Таким чином, ми є учасниками того руху до миру, любові й гармонії, який запустили бумери. Отже, глибинні зміни, принесені Flower Power, залишаються актуальними й сьогодні.

## МОЛОДІЖНІ РУХИ 1950–1960-Х РОКІВ

Вербицька О.В.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[viktorrozuk0@gmail.com](mailto:viktorrozuk0@gmail.com)

**Вступ.** Друга половина ХХ століття стала часом небачених змін. Світ, який ще недавно оговтувався від руїн Другої світової війни, стрімко входив у нову епоху – епоху економічного зростання, технологічних відкриттів і культурних трансформацій. У цьому virі саме молодь стала тією силою, яка задала тон суспільним процесам. Молодіжні рухи, протести й культурні експерименти були не просто модою чи забавою – вони стали символом нового мислення, прагнення свободи та справедливості. У контексті молодіжних ініціатив слово «рух» означає динаміку поколінь, вияв людської активності та прагнення змін.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є встановлення передумов виникнення молодіжних рухів 1950–1960-х років; висвітлення їхніх форм, проявів і культурних практик, а також виявлення при цьому спільних рис; з'ясування впливу на суспільні й культурні трансформації та спадщини цих рухів у сучасному світі; показ значення тогочасної активності молоді як рушійної сили історії.

**Матеріали та методи.** У роботі використано широке коло історичних джерел, включно з періодичною пресою, автентичними фото- та відеоматеріалами досліджуваного періоду, публікаціями науково-популярного й публіцистичного характеру; застосовано історико-порівняльний, ретроспективний, культурологічний і семіотичний методи, а також методи узагальнення та контент-аналізу.

**Результати дослідження.** Встановлено, що молодіжні рухи середини ХХ століття виникли на ґрунті кризи суспільних цінностей, конфлікту поколінь та поширення масової культури. Важливими чинниками їхньої появи були бум народжуваності та вищої освіти. Серед ключових проявів висвітлено формування соціальної групи «тінейджерів», рухи тедді-боїв, бітників, модів і рокерів у Великій Британії, студентські протести та контркультура хіпі у США й Європі. У СРСР аналогами стали стиляги та шістдесятники, а рух хіпі був порівняно довготривалим. Виявлено спільні риси цих рухів, що полягали у виступах проти війни та диктатури, прагненні свободи, самовираження та відмові від



конформізму. Зафіксовано, що масові протести були лише однією з форм їхньої активності, поряд із культурними експериментами та новими моделями поведінки. Діяльність молодіжних рухів спричинила музичну, сексуальну та культурну революції. Доведено, що саме вони заклали основу сучасної культури протесту та вплинули на формування суспільних цінностей.

**Висновки.** Молодіжні рухи 1950–1960-х років стали важливим етапом у розвитку сучасного світу й проявом глобального історичного руху – динаміки поколінь, боротьби за нові цінності, розвитку демократичної культури. Вони показали, що молодь може бути не лише об’єктом виховання, а й активним суб’єктом історії. Тоді суспільство усвідомило, що «рух» – це не лише фізичне переміщення чи протестна акція, а глибинна трансформація свідомості, культури та соціальних відносин. Саме завдяки цим рухам світ став більш відкритим до різноманіття, критики й свободи.

## РУХ ОПОРОУ ПІД ЧАС ДРУГОЇ СВІТОВОЇ ВІЙНИ

Дегтярєва А.К.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

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

**Вступ.** Рух опору під час Другої світової війни об’єднував різні групи у багатьох країнах, які боролися проти нацистської окупації та тоталітарних режимів. Його діяльність була різноманітною - від підпільної пропаганди та саботажу до відкритих партизанських дій. Перші організовані рухи опору виникли вже у 1939–1940 роках після окупації європейських країн нацистською Німеччиною. Одним із перших став польський підпільний рух, що сформувався після поразки Польщі у 1939 році. У Франції рух опору почав формуватися після капітуляції у 1940 році, а одним із його ініціаторів став Шарль де Голль, який закликав до боротьби з окупантами. У різних країнах рухи виникали незалежно, але мали спільну мету - звільнення від окупації та відновлення державності. Ці організації поєднували політичні, військові та соціальні аспекти боротьби. Вони впливали на хід війни, мобілізували населення та формували національну свідомість, залишаючи історичний слід у післявоєнні роки.

**Мета дослідження.** Метою роботи є дослідити діяльність рухів опору під час Другої світової війни, визначити ключових діячів і організації, їхні методи боротьби та оцінити наслідки для суспільства і національної історії.

**Матеріали та методи.** У роботі використано архівні документи, історичні дослідження українських і європейських науковців, спогади учасників рухів

опору. Для аналізу застосовано порівняльний метод, хронологічний підхід та тематичний аналіз дій різних рухів у конкретних країнах.

### **Отримані результати.**

**Україна:** Організація українських націоналістів розкололася на ОУН(м) під керівництвом Андрій Мельник та ОУН(б) під керівництвом Степан Бандера. УПА, сформована у 1942 році, вела партизанську боротьбу проти нацистів і радянських сил, організовувала підпільну мережу та пропаганду.

**Франція:** Рух опору здійснював саботаж, поширював інформацію союзникам, організовував партизанські операції. Ключова постать - Шарль де Голль, очільник уряду у вигнанні.

**Польща:** Армія Крайова проводила диверсії проти окупантів та готувала повстання, підтримуючи населення.

**Югославія:** Партизанські рухи під керівництвом Тіто активно боролися з окупаційними силами та мобілізували населення для підпільних дій.

Результати діяльності рухів опору мали значний вплив на перебіг війни. Наприклад, у Франції учасники руху опору активно допомагали союзникам під час висадки в Нормандії у 1944 році, передаючи важливу інформацію та здійснюючи диверсії на залізницях. У Польщі Армія Крайова організувала Варшавське повстання 1944 року, яке стало одним із найбільших виступів проти нацистської окупації. В Україні діяльність УПА сприяла формуванню національної ідеї незалежності та продовженню боротьби навіть після завершення Другої світової війни. У Югославії партизани під керівництвом Тіто змогли звільнити значні території та створити основу для післявоєнної держави. Таким чином, рухи опору не лише послаблювали окупаційні режими, а й сприяли майбутнім політичним змінам у своїх країнах.

**Висновки.** Рухи опору під час Другої світової війни відіграли ключову роль у боротьбі проти тоталітаризму та окупаційних режимів. Вони зберегли національну свідомість, вплинули на післявоєнну історію та продемонстрували здатність населення об'єднуватися заради свободи. Діяльність ОУН та УПА в Україні стала частиною глобального руху опору, поєднуючи підпільну і збройну боротьбу, і залишила значний слід у історії.



## ГАНЗЕЙСЬКИЙ СОЮЗ

Дзядук Уляна

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[ulianadziaduk8@gmail.com](mailto:ulianadziaduk8@gmail.com)

**Вступ.** На початку другого тисячоліття узбережжя Балтійського та Північного морів перетворилися на важливий центр економічного життя Європи. Морські перевезення, що здійснювалися за допомогою вантажних вітрильників — когів, забезпечували інтенсивний рух товарів і сприяли встановленню сталих зв'язків між Північною та Східною Європою. Європейські купці та міста почали об'єднуватися задля розвитку торгівлі та захисту своїх економічних інтересів, що зумовило виникнення Ганзейський союз. Його діяльність стала основою формування простору вільної торгівлі та посилення міжрегіональних економічних зв'язків. Торговельні шляхи виступали ключовими каналами цього руху, забезпечуючи обіг матеріальних і нематеріальних цінностей та формуючи єдиний економічний і культурний простір.

**Мета дослідження.** Проаналізувати механізми функціонування Ганзейського союзу як унікальної моделі комерційної співпраці та оцінити його вплив на формування міжнародного права, розвиток логістичних систем і створення спільного культурного простору Північної Європи.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на загальнонаукових та спеціально-історичних методах, зокрема історико-генетичному для вивчення історії Ганзейського союзу та історико-порівняльному для аналізу правових систем північноєвропейських міст. Проведено дослідження архівних матеріалів і інтернет-ресурсів.

**Результати дослідження.** Ганза – великий політико-економічний союз міст Північно-Західної Європи, що існував в XII-XVII століттях. Він виник як відповідь на складні умови середньовічної торгівлі: зростання попиту на товари зі Сходу, розширення внутрішньої та міжнародної торгівлі, небезпеки морських перевезень і потреба в економічній співпраці та захисті торговельних інтересів. Неофіційною столицею стало місто Любек із його вигідним розташуванням між Північним і Балтійським морями. Опорою торговельних відносин Ганзи були контори. У 1226 році Гамбург відкрив контору в Лондоні, а в 1241 році уклав договір з Любеком. Представництва об'єднувалися в торговельних центрах, зокрема у Брюгге, потім до союзу приєдналися Кельн, Росток, Вісмар, Люнебург і Штральзунд. До 1367 року Ганза налічувала близько 70 міст і охопила всі північно-німецькі міста на узбережжі та річках Північного і Балтійського морів, а також Ригу і Ревель. Союз остаточно оформився в 1367–1370 роках. Ганза

проіснувала понад 500 років і об'єднувала до 200 міст Північної Європи. Основною діяльністю союзу була посередницька торгівля, яка охоплювала територію від Норвегії на півночі до італійських міст на півдні, від Новгороду на сході до Ісландії на заході. Ганза була горизонтальним союзом без центрального уряду. Керівним органом виступав ганзетаг — з'їзд міст, де кожне місто мало один голос, а рішення ухвалювалися консенсусом і носили рекомендаційний характер. Взаємозалежність міст базувалася на торговельних угодах, що сприяли усуненню внутрішніх бар'єрів, спрощенню митних процедур і захисту економічних інтересів. Основою правової системи Ганзи було Любецьке право, яке гарантувало купцям захист власності від свавілля феодалів та вирішення суперечок у магістраті міста. Це право поширилося на понад 100 міст, створюючи єдине правове поле від Німеччини до Балтії. Одним із найпотужніших інструментів союзу була верганізація — повне виключення порушника з торговельної мережі, що в умовах монополії Ганзи означало фінансову смерть. Ганза реформувала морське право, запровадивши принцип, що власність залишається за власником незалежно від місця її знаходження, що стало основою для сучасних законів про морські перевезення та страхування. Життя на ганзейському когові регламентувалося суворими статутами: капітан мав абсолютну владу, проте стратегічні рішення приймалися за участю ради екіпажу. На борту заборонялися азартні ігри, бійки та пияцтво; порушників карали штрафами або висадкою на безлюдний берег. Екіпаж мав бути готовим до бою, а кораблі, що ходили караванами, зобов'язані були підтримувати один одного — відмова каралася довічним вигнанням із союзу. Ганза була «економічним хижакком» Середньовіччя. Вона поєднувала торгівлю з політичним і фінансовим впливом. Союз застосовував торговельні ембарго, блокади портів та кредитування монархів, перетворюючи королів на фінансових заручників. Найвідомішим прикладом стало об'єднання 77 ганзейських міст проти данського короля Вальдемара IV Аттердага, що призвело до Штральзундського миру 1370 року і забезпечило Ганзі контроль над ключовими данськими фортецями та торгіві привілеї на 15 років. Ганза будувала свій успіх на товарах першої потреби: сіль із Люнебурга, рибу з Данії та Норвегії, хутро з Новгороду, зерно з Пруссії, Польщі та Лівонії, деревину з Балтійського регіону. Логістика Ганзи — це ідеально налаштований колообіг. Ког ніколи не йшов порожнім. Економічна та політична культура Ганзейського союзу вплинула на формування Північної Європи. Торговельні громади німецьких купців сприяли поширенню нижньонімецької мови як «лінгва франка»; близько 30–50% сучасної лексики шведської, данської та норвезької мають ганзейське походження. Ганзейські міста вирізнялися готичною червоною цегляною архітектурою. Любецьке право, сформоване у XII столітті, стало взірцем міського устрою для понад 100 міст і



основою місцевого самоврядування та торговельних договорів. Наприкінці XV століття Ганза занепала через внутрішні чвари, зміну морських торгових маршрутів після відкриття Америки та зміцнення національних держав, які обмежували її привілеї.

**Висновки.** Ганза залишила значну спадщину, сформувавши економічний, правовий та культурний простір Північної Європи. Союз демонстрував ефективність колективної діяльності міст, розвиток міжнародної торгівлі, логістики та фінансових механізмів. Ганзейський союз є унікальним прикладом комерційної співпраці, який сприяв економічному процвітання, стабільності та культурному обміну в регіоні протягом кількох століть.

## РУХ АФРОАМЕРИКАНЦІВ ЗА ГРОМАДЯНСЬКІ ПРАВА У США

Дорофеєва М.В., Артюх Є.Б., Скубачевська Л.О.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей "Ангстрем", Харків, Україна

[mariadorofeeva08@gmail.com](mailto:mariadorofeeva08@gmail.com)

**Вступ.** Рух афроамериканців за громадянські права є одним із найважливіших соціальних і політичних рухів XX століття. Його метою була боротьба проти расової дискримінації, сегрегації та нерівності, з якими афроамериканці стикалися протягом багатьох десятиліть після скасування рабства. Хоча рабство у США було офіційно ліквідоване у 1865 році після Громадянської війни, темношкіре населення ще довгий час не мало тих самих прав і можливостей, що й білі громадяни. У багатьох штатах діяли закони сегрегації, відомі як закони Джима Кроу, які фактично узаконювали розділення людей за расовою ознакою у школах, транспорті, громадських місцях та інших сферах життя. У середині XX століття дедалі більше людей почали виступати проти такої несправедливості. Афроамериканці об'єднувалися, організовували мирні протести, марші та бойкоти, щоб привернути увагу до проблеми дискримінації та домогтися рівних прав. Цей рух об'єднав тисячі активістів, громадських діячів і звичайних людей, які прагнули змінити суспільство та створити більш справедливу державу.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є висвітлення причин виникнення руху афроамериканців за громадянські права, аналіз основних етапів боротьби та визначення його значення для історії США і розвитку прав людини у світі.

**Матеріали та методи.** У роботі використано історичні джерела, науково-популярні статті та матеріали з історії США і руху за громадянські права. Для дослідження застосовано методи аналізу історичних подій, узагальнення інформації, порівняння різних джерел та історичного пояснення суспільних процесів.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що однією з головних причин виникнення руху за громадянські права була расова сегрегація та системна дискримінація афроамериканців. Після скасування рабства темношкіре населення формально отримало свободу, однак на практиці воно продовжувало стикатися з численними обмеженнями. Закони Джима Кроу передбачали розділення людей за кольором шкіри в багатьох сферах життя: у школах, транспорті, ресторанах, лікарнях та інших громадських місцях. При цьому умови для афроамериканців зазвичай були значно гіршими. Важливим етапом у розвитку руху стали події 1950–1960-х років, коли боротьба за рівні права набула особливо широкого масштабу. Однією з подій, що стала символом початку масових протестів, був випадок із Розою Паркс у 1955 році. Вона відмовилася поступитися місцем у автобусі білому пасажирові в місті Монтгомері, за що була заарештована. Цей випадок спричинив великий протест — бойкот автобусів у Монтгомері, який тривав понад рік і став важливим кроком у боротьбі проти сегрегації. Одним із найвідоміших лідерів руху став Мартін Лютер Кінг, який виступав за мирні методи боротьби. Він організовував марші, демонстрації та публічні виступи, закликаючи людей боротися за рівність без насильства. Його діяльність об'єднала тисячі людей і привернула увагу всього світу до проблеми расової дискримінації у США. Знаковою подією став Марш на Вашингтон у 1963 році, під час якого Мартін Лютер Кінг виголосив свою знамениту промову «I Have a Dream», у якій висловив мрію про суспільство, де люди різного кольору шкіри житимуть у рівності та взаємній повазі. Результатом активної боротьби стали важливі законодавчі зміни. У 1964 році був ухвалений Закон про громадянські права, який заборонив дискримінацію за расою, кольором шкіри, релігією або національним походженням у громадських місцях та на роботі. У 1965 році був прийнятий Закон про виборчі права, який забезпечив афроамериканцям реальний доступ до участі у виборах. Ці закони стали важливим кроком на шляху до подолання расової нерівності.

**Висновки.** Отже, рух афроамериканців за громадянські права відіграв важливу роль у розвитку демократичного суспільства в США. Завдяки активності громадян, мирним протестам та діяльності лідерів руху були досягнуті значні зміни у законодавстві та суспільному житті. Афроамериканці отримали більше можливостей для освіти, роботи та участі в політичному житті країни. Хоча проблема расової нерівності не зникла повністю, цей рух став важливим прикладом того, як люди можуть змінювати суспільство, об'єднуючись заради спільної мети. Історія боротьби за громадянські права показує, що наполегливість, солідарність і прагнення до справедливості здатні впливати на хід історії та формувати більш рівноправне суспільство.



## ЛУЇ АРМСТРОНГ - ТРУБАЧ І СПІВАК, ЧИЙ ГОЛОС СТАВ ЛЕГЕНДОЮ

Єрмакова Є. О.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей Ангстрем, Харків, Україна

[lizard.jotunhel@gmail.com](mailto:lizard.jotunhel@gmail.com)

**Вступ.** Джаз став одним із найважливіших культурних явищ ХХ століття, що значно вплинуло на розвиток світової музики та суспільства. Однією з найяскравіших постатей цього музичного та культурного руху був видатний американський трубач та співак Луї Армстронг. Його творчість не лише змінила музичні традиції, а й стала символом культурного та соціального руху афроамериканців у боротьбі за визнання та рівність.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є висвітлення життєвого шляху та творчої діяльності Луї Армстронга, а також визначення його ролі у розвитку джазової музики та культурних змін у суспільстві.

**Матеріали та методи.** У роботі використано біографічні відомості про Луї Армстронга, матеріали з історії джазу, науково-популярні статті та історичні джерела. Для дослідження застосовано методи аналізу, узагальнення та історичного порівняння.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що Луї Армстронг відіграв визначальну роль у розвитку джазу та популяризації цієї музики у світі. Він перетворив джаз із колективного стилю виконання на мистецтво сольної імпровізації, продемонструвавши можливості індивідуального музичного самовираження. Його новаторська гра на трубі, яскраві імпровізації та унікальний вокальний стиль, зокрема використання скету, стали новим етапом у розвитку джазової культури. Крім того, Армстронг став одним із перших афроамериканських артистів, які здобули світову популярність, що сприяло поступовій зміні ставлення до афроамериканців у суспільстві.

**Висновки.** Отже, Луї Армстронг є однією з ключових постатей в історії джазу та світової музики. Його творчість сприяла не лише розвитку музичного мистецтва, а й культурним і соціальним змінам у суспільстві. Завдяки своєму таланту, наполегливості та новаторству він став символом творчої свободи та культурного руху, який вплинув на кілька поколінь музикантів і слухачів.

## АНТИВОЄННІ РУХИ 1960-Х-МАСОВІ ПРОТЕСТИ ПРОТИ ВІЙНИ У В'ЄТНАМІ

Желиба П.Ю., Артюх Є.Б., Скубачевська Л.О.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[polina1512polina@gmail.com](mailto:polina1512polina@gmail.com)

**Вступ.** Антивоєнні рухи 1960-х років стали одними з наймасовіших протестних виступів у новітній історії США. Спрямовані проти війни у В'єтнамі (1965–1973 рр.), вони об'єднали різні верстви суспільства, перетворивши молодь на самостійну суспільно-політичну силу. Актуальність дослідження зумовлена значним впливом цих рухів на зміну державної політики та формування нових соціальних стандартів.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз передумов виникнення, форм діяльності та результативності антивоєнного руху в США у 1960-х — на початку 1970-х років.

**Матеріали та методи.** У роботі використано історичні джерела, наукові публікації, матеріали конференцій, а також методи історичного аналізу, узагальнення та систематизації подій періоду «бурхливого десятиліття».

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що рух почав формуватися після ескалації військової присутності США в Азії. Потужним каталізатором протестів стало телебачення, яке демонструвало реальні кадри війни американських родин. Протестна діяльність включала як мирні методи (сидячі страйки, агітація), так і радикальні акції: спалення призовних повісток, «Марш на Пентагон» (1967) та марш «За мораторій» (1969), що зібрав близько 250–500 тис. учасників. Важливу роль відіграли публічні особи, зокрема Мухаммед Алі, та ветерани війни, які публічно відмовлялися від нагород. Під тиском громадськості та через ухвалення обмежувальних законодавчих актів (поправка Купера—Черча) уряд був змушений розпочати виведення військ.

**Висновки.** Отже, антивоєнний рух 1960-х років не лише підірвав підтримку війни у В'єтнамі, а й спричинив глибокий розкол та водночас трансформацію американського суспільства. Він продемонстрував здатність масового протесту впливати на політичні рішення вищого керівництва держави та заклав фундамент для розвитку майбутніх демократичних рухів.



## РУХ ЗА ГРОМАДЯНСЬКІ ПРАВА В США НА ПРИКЛАДІ ДІЯЛЬНОСТІ МАРТІНА ЛЮТЕРА КІНГА

Клімов Д.В.

Науковий керівник: Артюх Євген Борисович  
Харківський приватний ліцей "Ангстрем", Харків, Україна.

[dak48576@gmail.com](mailto:dak48576@gmail.com)

**Вступ.** Рух за громадянські права в США став одним із найважливіших соціальних процесів ХХ століття. Він був спрямований на подолання расової дискримінації та досягнення рівності прав для афроамериканців. Однією з ключових постатей цього руху став Мартін Лютер Кінг, який очолив ненасильницьку боротьбу за свободу та справедливість.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є висвітлення ролі Мартіна Лютера Кінга в розвитку руху за громадянські права в США та аналіз значення його діяльності для суспільних змін.

**Матеріали та методи.** У роботі використано біографічні матеріали, історичні джерела, публікації науково-популярного характеру, а також методи аналізу, узагальнення та порівняння історичних подій.

**Отримані результати.** У ході дослідження встановлено, що діяльність Мартіна Лютера Кінга сприяла активізації масового руху за громадянські права. Бойкот громадського транспорту в Монтгомері, Марш на Вашингтон та інші мирні акції стали важливими формами суспільного руху, які змусили державу переглянути расову політику. Завдяки цьому були ухвалені Закон про громадянські права (1964) та Закон про виборчі права (1965), що сприяло скасуванню расової сегрегації та розширенню прав афроамериканців.

**Висновки.** Отже, Мартін Лютер Кінг відіграв ключову роль у формуванні руху за громадянські права в США. Його стратегія ненасильницького спротиву довела ефективність мирної боротьби як форми суспільного руху. Діяльність Кінга стала поштовхом до глибоких соціальних змін і закріплення принципу рівності громадян перед законом.

## СУФРАЖИЗМ – РУХ ЗА РІВНІ ПРАВА

Комонов П.В., Артюх Є.Б., Скубачевська Л.О.

Науковий керівник: Скубачевська Л. О., Артюх Є. Б.  
Харківський приватний ліцей "Ангстрем", Харків, Україна

[pasha.komonov08@gmail.com](mailto:pasha.komonov08@gmail.com)

**Вступ.** Суфражистський рух, що виник у середині ХІХ-го століття в США та Великобританії, став одним з найважливіших рухів за рівні права у цих країнах.

Він боровся за досягнення рівних прав для чоловіків та жінок, особливо за надання останнім права голосу.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є виявлення причин появи, показати історію та наслідки суфражистського руху.

**Матеріали та методи.** У цій роботі було використано науково-популярні публікації, історичні джерела, біографічні матеріали, а також методи аналізу та узагальнення.

**Результати дослідження.** Було виявлено, що причиною появи суфражистського руху в США було незадоволення жінок-активісток їхньою дискримінацією в аболіціоністському русі, а у Великобританії його появлення було зумовлене діяльністю Барбари Бодішон. Члени цього руху використовували різні засоби досягнення своєї мети: подавали петиції, влаштовували акції протесту різного ступеня радикальності, що змушувало уряд піти на поступки. Завдяки цим діям виборчі та інші права жінок були офіційно прийняті.

**Висновки.** Отже, саме жінки-аболіціоністки, Барбара Бодішон та її послідовники створили рух за права жінок. Він став вагомим фактором при прийнятті законів, що наближали обидві країни до рівності у правах усіх громадян.

## АНІМАЦІЯ ЯК МИСТЕЦТВО ОЖИВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Кравченко К.Д.

Науковий керівник: Авдєєв І.П.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

avdieievip@gmail.com

**Вступ.** Анімація є важливим напрямом сучасного мистецтва, що дозволяє створювати ілюзію руху шляхом послідовної демонстрації нерухомих зображень. Вона широко застосовується у кінематографі, комп'ютерних іграх, рекламі та цифровому дизайні. Актуальність теми зумовлена швидким розвитком технологій та доступністю інструментів для створення анімації.

**Мета дослідження.** Дослідити особливості створення анімації, принципи формування ілюзії руху та основні техніки анімаційного мистецтва.

**Матеріали та методи.** У роботі використано теоретичний аналіз історії розвитку анімації, порівняння різних технік (класична, стоп-моушен, комп'ютерна 3D-анімація), а також практичний аналіз власних і навчальних анімаційних прикладів. Метод спостереження дозволив визначити особливості передачі руху та виразності персонажів.

**Отримані результати.** Встановлено, що основою анімації є явище персистенції зору, яке забезпечує сприйняття послідовності кадрів як безперервного руху. Оптимальною частотою є приблизно 24 кадри за секунду, що забезпечує



плавність руху. Проаналізовано різні техніки анімації: класична мальована анімація потребує значних часових витрат, стоп-моушен вимагає покадрової зйомки фізичних об'єктів, а комп'ютерна анімація дозволяє автоматизувати проміжні рухи. Виявлено, що навіть за допомогою доступних засобів можна створювати якісні анімаційні проєкти.

**Висновки.** Анімація є складним, але доступним видом мистецтва, що поєднує творчість і технології. Завдяки використанню принципів руху, таких як інерція, розтягування та затримка, досягається реалістичність зображення. Сучасні інструменти значно розширюють можливості створення анімації та сприяють залученню молоді до цього виду діяльності.

## ЖИТТЯ — ЦЕ ПОДОРОЖ: КОНЦЕПЦІЯ РУХУ У ТВОРЧОСТІ ГРИГОРІЯ СКОВОРОДИ

Лєскова В. Д.

Науковий керівник: Мазур І. В.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

nika.les.2309@gmail.com

**Вступ.** Постать Григорія Сковороди є унікальним прикладом поєднання життєвої практики та філософського вчення. У сучасних гуманітарних дослідженнях особливої актуальності набуває категорія руху як інструменту збереження внутрішньої свободи особистості. Життя мандрівного філософа — це не просто біографічний факт, а свідома стратегія інтелектуального та духовного пошуку, де кожен крок стає актом самопізнання.

**Мета дослідження.** Визначити роль і значення категорії руху в біографії та літературній спадщині Г. С. Сковороди, а також проаналізувати вплив мандрівного способу життя на формування його філософських концепцій «сродної праці» та «внутрішньої людини».

**Матеріали та методи.** Для досягнення мети було використано загальнонаукові методи аналізу та синтезу філософських текстів Г. С. Сковороди, зокрема збірки «Сад божественних пісень», циклу «Харківські байки» та діалогу «Наркіс». Також застосовано біографічний метод для дослідження основних етапів пересувань мислителя (навчання в Києво-Могилянській академії, подорожі Європою у складі Токайської комісії, викладацька діяльність).

**Результати дослідження.** У ході аналізу встановлено, що рух у Сковороди має три рівні. Перший — географічний: відмова від стабільної оселі та посад задля можливості вільно пересуватися Слобожанщиною та Європою. Другий — інтелектуальний: рух від застиглих церковних догм до живого розуміння істини через діалог. Третій — духовний: концепція «сродної праці», де щастя

визначається як рух людини у згоді зі своєю природою. Доведено, що метафора «фонтану» («Нерівна всім рівність») ілюструє динамічну модель наповнення особистості знаннями, де кожен має свій темп руху. Музичний супровід мандрів (гра на сопілці) визначено як засіб гармонізації внутрішнього ритму філософа із зовнішнім світом.

**Висновки.** Рух для Григорія Сковороди був не просто переміщенням у просторі, а способом існування вільної людини. Проведене дослідження підтверджує, що формула успіху за Сковородою полягає у постійному русі до самопізнання та реалізації власного призначення. Його життєва стратегія «світ ловив мене, та не впіймав» доводить, що динаміка внутрішнього розвитку є головним запобіжником проти соціальної стагнації та втрати індивідуальності.

## BLACK LIVES MATTER: ГОЛОС ПРОТИ РАСИЗМУ

Логачова С.Т.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[sonka.logacheva@gmail.com](mailto:sonka.logacheva@gmail.com)

**Вступ.** Боротьба з расизмом є природною реакцією суспільства на системний гніт, що бере свій початок ще з епохи географічних відкриттів та колонізації. Попри офіційне скасування рабства у XIX столітті та успіхи руху за громадянські права у XX столітті, проблема системної несправедливості залишилася актуальною. Сучасний етап цієї боротьби втілюється у русі Black Lives Matter (BLM), який виник як відповідь на випадки поліцейського свавілля та нерівності перед законом у США.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз історичних передумов виникнення руху Black Lives Matter, дослідження причин його масовості у 2020 році та аналіз впливу цієї діяльності на сучасне суспільство й державну політику.

**Матеріали та методи.** У дослідженні використано аналітичні звіти (зокрема дані FBI Uniform Crime Reports), публікації у ЗМІ, матеріали соціальних мереж та історичні джерела. Застосовано методи історичного аналізу, статистичного опрацювання даних та узагальнення соціальних наслідків протестних рухів.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що поштовхом до створення BLM стала трагедія 2012 року, яка довела збереження системної несправедливості навіть після політичних перемог минулого. Статистичні дані підтверджують наявність проблеми: у 2015-2020 роках афроамериканці ставали жертвами смертельних стрільб поліції у 2-3 рази частіше, ніж біле населення, і становили близько 30% усіх арештів при частці 13% у населенні країни. Найбільшого масштабу рух набув у 2020 році після смерті Джорджа Флойда,



охопивши від 15 до 26 мільйонів людей лише в США. Хоча 93% акцій були мирними, рух зіткнувся з критикою через радикальні гасла (наприклад, “Defund the Police”) та окремі випадки заворушень. Попри суперечливість, BLM змусив владу переглянути правила застосування сили поліцією та ініціював глобальну дискусію про реальну рівність у суспільстві.

**Висновки.** Отже, рух Black Lives Matter став потужною реакцією на застарілі форми системного расизму в епоху цифрових технологій. Соціальні мережі відіграли ключову роль у мобілізації суспільства та поширенні інформації в обхід офіційних фільтрів. Діяльність руху довела, що формальна рівність у законах не завжди означає рівність у повсякденному житті, і стала каталізатором важливих соціальних та правових змін.

## **КУЛАК ПРОТИ ДИСКРИМІНАЦІЇ - ЗМІНИВ УСЮ ІСТОРІЮ ОЛІМПІЙСЬКИХ ІГОР (ТОММІ СМІТ І ДЖОН КАРЛОС З ПІДНЯТИМИ КУЛАКАМИ НА ОЛІМПІАДІ 1968 РОКУ)**

Наседкіна В.В.

Науковий керівник: Артюх Є. Б.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[nasedkina.lera14@gmail.com](mailto:nasedkina.lera14@gmail.com)

**Вступ.** Олімпійські ігри 1968 року в Мехіко запам’яталися не лише спортивними рекордами, а й потужним соціальним жестом. Афроамериканські спринтери Томмі Сміт і Джон Карлос під час церемонії нагородження підняли кулаки в чорних рукавичках, протестуючи проти расової дискримінації у США. Цей виступ став одним із найвідоміших актів політичного протесту в історії спорту.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз значення жесту Сміта та Карлоса для розвитку руху за громадянські права, висвітлення наслідків цього протесту для самих спортсменів та його впливу на сучасний спортивний активізм.

**Матеріали та методи.** У дослідженні використано біографічні матеріали, історичні джерела, публікації у ЗМІ, а також методи аналізу, узагальнення та порівняння історичних подій.

**Результати дослідження.** У ході роботи встановлено, що протест на Олімпіаді 1968 року став результатом тривалої расової сегрегації в США та вбивства Мартіна Лютера Кінга. Сміт і Карлос, підтримані білим австралійським спортсменом Пітером Норманом, використали символічні елементи (чорні рукавички, босі ноги, опущені голови) для привернення уваги до бідності, насильства та нерівності. Наслідки для спортсменів були катастрофічними: дискваліфікація, погрози, втрата роботи та спонсорських контрактів. Однак

згодом їхній жест став символом боротьби за права людини, вплинувши на рух Black Lives Matter та сучасних спортсменів, зокрема Коліна Каперніка.

**Висновки.** Томмі Сміт, Джон Карлос і Пітер Норман ризикнули власною кар'єрою заради правди про расову несправедливість. Їхній піднятий кулак перетворився на глобальний символ спротиву, а сам протест став поворотним моментом в історії Олімпійських ігор та спортивного активізму взагалі.

## ІСТОРІЯ МОНГОЛІВ ЯК СОЦІАЛЬНИЙ РУХ ТА ФАКТОР ГЛОБАЛЬНИХ ІСТОРИЧНИХ ЗМІН

Новіцький Ф.Ю.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

fedyurgen@gmail.com

**Вступ.** Історія монголів є унікальним прикладом трансформації кочового суспільства у потужний соціально-політичний рух, що докорінно змінив хід світової історії. У XIII столітті під проводом Чингісхана степові племена не лише створили найбільшу континентальну імперію, а й сформували нову модель взаємодії між цивілізаціями. Монгольська експансія стала каталізатором процесів, які сьогодні розглядаються як рання форма глобалізації.

**Метою дослідження** є комплексний аналіз впливу монгольського фактору на формування міжцивілізаційних зв'язків у Євразії та визначення ролі кочового способу життя у становленні нових форм державності, систем управління й комунікацій у XIII–XIV століттях.

**Матеріали і методи дослідження.** Основу джерельної бази становлять середньовічні хроніки, археологічні матеріали та сучасні наукові дослідження, що стосуються історії Центральної Азії та суміжних територій. Робота ґрунтується на поєднанні принципів історизму та об'єктивності, що забезпечує всебічний і неупереджений аналіз досліджуваних процесів. У дослідженні використано порівняльно-історичний метод, а також системний і цивілізаційний підходи, що дозволяє розглянути монгольську експансію не лише як серію військових кампаній, а як складний і багатовимірний чинник формування євразійського соціополітичного простору XIII–XIV століть. Застосування міждисциплінарного підходу, який поєднує інструменти історії, соціології, економіки та культурології, дало змогу глибше проаналізувати механізми взаємодії різних цивілізацій і простежити процеси становлення міжкультурних зв'язків у межах монгольської імперської системи.

**Результати дослідження.** Історія монголів являє собою унікальний приклад соціального руху, здатного впливати на масштабні глобальні процеси. Кочовий



спосіб життя створив основу для мобільності, адаптивності та високої військової підготовки. До об'єднання монголи не були єдиним народом. Центральна Азія була заселена десятками племен, які постійно ворогували між собою за пасовища, худобу та вплив. Союзи були тимчасовими, а зради — поширеним явищем. Племена знать контролювала владу, а соціальний статус визначався походженням. Це створювало напруження між елітою та простими кочовиками, які часто не мали можливостей для підвищення свого становища. Постійні конфлікти послаблювали регіон і робили його вразливим для зовнішніх загроз. Саме в такій ситуації з'явилася потреба в сильному лідері, здатному навести порядок. Формування нового типу лідера, таким став Темуджин, стало ключовим чинником соціальних змін. На відміну від традиційної племенної знаті, він спирався на відданість і здібності, а не на походження. Темуджин об'єднав навколо себе людей різного походження — колишніх ворогів, бідних кочовиків, вигнанців — і поєднував військову силу з дипломатією, укладав союзи, одружувався з представницями впливових родів та карав зрадників. За тридцять років він об'єднав монгольські племена, заклавши принципи меритократії та централізованого управління. Інституційні новації Чингісхана, зокрема «Велика Яса» та десяткова військова система, значно зміцнили дисципліну та ефективність армії. Монгольські завоювання розпочалися з Північного Китаю та згодом охопили Середню Азію, Кавказ, Русь і частину Європи. У 1219–1221 роках була знищена держава Хорезмшахів через вбивство монгольських послів, що вважалося тяжким порушенням міжнародних норм. У 1237–1240 роках монголи здійснили похід на руські князівства, а в 1240 році зруйнували Київ, що призвело до занепаду міста як політичного центру та посилення залежності українських земель від Золотої Орди. Водночас монголи рідко втручалися у внутрішні справи підкорених народів, дозволяючи зберігати місцеву владу за умови визнання зверхності хана й сплати данини. Хоча Чингісхан помер у 60 років, його імперія простягалася від Тихого океану до Східної Європи та від Сибіру до Перської затоки, фактично «зменшивши світ». Після завершення завоювань Монгольська імперія вступила у період відносної стабільності — Рах Mongolica, який тривав з середини XIII до середини XIV століття. Імперія була поділена на улуси, зберігаючи спільні правила управління, активно відновлювала й охороняла торговельні шляхи, передусім Великий шовковий шлях, а поштові станції «Ям» дозволяли швидко передавати накази та інформацію. Купці та дипломати користувалися пайцзою, що гарантувала безпеку, харчування та коней у дорозі, роблячи торгівлю між Сходом і Заходом регулярною і безпечною. Однією з найважливіших особливостей Монгольської імперії був активний культурний і науковий обмін між різними регіонами Євразії. Завдяки безпеці торговельних шляхів та єдиній системі управління ідейний і технологічний обмін

відбувався значно швидше, ніж у попередні епохи. Саме в період Pax Mongolica відбувається масове поширення китайських технологій на Захід. Монголи практикували релігійну толерантність, дозволяючи християнству, ісламу та буддизму вільно поширюватися в імперії. Поряд із позитивними наслідками монгольського пересування існували й серйозні негативні явища. Найтрагічнішим стало поширення Чорної смерті у середині XIV століття, яка, ймовірно, виникла в Центральній Азії та через торгові каравани й порти Криму потрапила до Європи, зокрема під час облоги Кафи у 1346 році. Наслідки пандемії були катастрофічними: у деяких регіонах Європи загинуло до 30–40 % населення, що призвело до нестачі робочої сили.

**Висновки.** Кочовий спосіб життя та рух монголів мали масштабний глобальний вплив, інтегруючи Євразію в єдиний економічний, культурний і політичний простір. Монголи сприяли поширенню технологій, ідей і культурних досягнень, а також запровадили ефективні адміністративні практики, які підкорені народи успішно запозичили. Досвід проведення загальних переписів населення, фіскальних систем та поштового сполучення суттєво вплинув на розвиток державності в Східній Європі, Ірані та Китаї. Таким чином, монгольська модель управління залишила стійкий слід у політичній еволюції Євразії навіть після розпаду імперії.

## РУХ ЯК ОСНОВА ЖИТТЯ СКІФІВ: ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНИЙ АНАЛІЗ

Озарків М.П.

Науковий керівник: Кочанова Н.В.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[Stalkeroz16@gmail.com](mailto:Stalkeroz16@gmail.com)

**Вступ.** Історія давніх народів, що населяли територію сучасної України, характеризується постійною динамікою, міграційними процесами та культурними взаємодіями. Однією з найяскравіших сторінок є історія скіфів — кочового народу, який у VII–III століттях до н.е. займав степи Північного Причорномор’я. Скіфи залишили значну археологічну та культурну спадщину, яка свідчить про високий рівень розвитку їхнього суспільства, військової організації та мистецтва. Їхня історія є важливою складовою формування історичного простору України.

**Мета дослідження.** Проаналізувати роль руху у житті скіфів та з’ясувати, як він впливав на господарську діяльність, побут, військові стратегії та взаємодію з іншими народами.



**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на аналізі історичних джерел, археологічних матеріалів. Проведено огляд наукових публікацій. Використано методи порівняльного аналізу, узагальнення та систематизації наукових даних.

**Результати дослідження.** Скіфи походили з територій Центральної Азії та прийшли до Північного Причорномор'я через Кавказ, витіснивши або асимілювавши місцеві кіммерійські племена. Самоназва скіфів — «сколоти», тоді як назва «скіфи» має грецьке походження. Їхнє розселення охоплювало величезні території від Дунаю до Дону.

Постійне пересування скіфів було зумовлене економічними, природними та військово-політичними причинами. Основою їхнього господарства було кочове скотарство, зокрема вівчарство та конярство. Тварини потребували постійного доступу до нових пасовищ, що змушувало скіфів вести рухливий спосіб життя. Вівці забезпечували їх їжею та одягом, а коні були незамінними у побуті й війні. Степ виступав природним коридором між Азією та Європою. Скіфи обирали для життя райони з кращими природними умовами, наприклад Гілею, де рослинність залишалася придатною для випасу навіть улітку. Пересування також було пов'язане з конфліктами: самі скіфи були витіснені масагетами, а пізніше зазнали тиску сарматів, через що змушені були відступати до Криму.

Скіфи не створювали постійних поселень, а жили у пересувних житлах — кибитках, що дозволяло їм швидко змінювати місце перебування. Давньогрецький історик Геродот описував їх як народ, що «живе у фургонах». Згідно з Геродотом в лівобережних степах жили ще й скіфи-землероби на відміну від скіфів-орачів, однак археологічними даними це не підтверджується. Люди, що жили тут були пастухами-кочовиками.

Мобільність забезпечувала скіфам значну перевагу. Наприклад, під час походу перського царя Дарія I вони змогли уникнути поразки завдяки постійному відступу та маневруванню.

Особливу роль у житті скіфів відігравали коні. Вони були основою військової сили, головним засобом пересування та символом багатства. У похованнях скіфської знаті знаходять десятки й навіть сотні коней із багатими прикрасами.

Економіка скіфів-кочовиків була змішаною. На початках в ній домінувало скотарство. Кочові скіфи випасали в степах стада коней, овець та, в значно меншій мірі, великої рогатої худоби. Більшість населення вела кочовий спосіб життя, пересуваючись в межах своїх кланових та племінних територій разом зі своїми табунами та отарами. Скотарська економіка потребувала додаткової сільськогосподарської продукції, і стабільні кочові конфедерації створювали союзи з осілими народами, отримуючи зерно в обмін на продукцію тваринництва та військовий захист. Втім, частину зерна скіфи-кочовики вирощували самостійно.

Торгівля та ремесла також мали велике значення для скіфської економіки. Скіфи активно взаємодіяли з античними грецькими містами-колоніями, такими як Ольвія, Тіра, Пантікапей і Херсонес. Скіфи постачали зерно, худобу, шкіри та інші ресурси, натомість отримуючи ремісничі вироби, предмети розкоші та культурні впливи. Це сприяло культурному обміну та включенню місцевих земель до античного світу.

Скіфське військове мистецтво полягало у використанні мобільних загонів кінноти, озброєних довгими мечами, списами та луками. Воїни мали чітко визначені ролі, що дозволяло ефективно атакувати та організовано відступати. Скіфи також впровадили оборонну тактику, використовуючи табори з возів — мобільні укріплення, які витримували натиск численніших армій ворога. Ця тактика згодом дожила до козацьких часів. Особливо славилися скіфи як майстерні лучники. Археологічні знахідки тисяч наконечників стріл на території України свідчать про масштаб їхнього застосування. Піхота скіфів володіла короткими мечами для ближнього бою. Військо формувалося через загальну мобілізацію чоловіків, а в мирний час скіфські князі тримали при собі дружини, готові у будь-який момент виступити на заклик царя.

У середині VII ст. до н.е. скіфи вперше з'явилися на історичній арені Близького Сходу, ставши активними учасниками конфлікту між Ассирією та коаліцією Вавилонії, Мідії, Еламу та дрібніших держав. У 630-х роках до н.е. скіфи вступили у бойові дії проти Ассирії. Знаковою подією стало вторгнення під керівництвом царя Мадія, сина Партатуа, який правив із 653 року до н.е. Скіфи розгромили війська Мідії та встановили над нею зверхність, продемонструвавши військову міць та організаційні здібності свого війська. Наступним етапом їхніх походів став рух на Єгипет. У 625 р. до н.е. скіфів зупинив єгипетський фараон Псамметих I, засновник Саїської династії, який відкупився від кочівників дарами. Протягом 28 років, наприкінці VII ст. до н.е., скіфи домінували в Передній Азії, збираючи регулярну данину з підконтрольних міст і держав. У 612 р. до н.е. вони разом із Вавилонією та Мідією остаточно зруйнували Ассирію та її столицю Ніневію, що стало важливою віхою в історії регіону. Втім, панування скіфів у Передній Азії було тимчасовим. Мідійський цар Кіаксар заманив скіфську верхівку на бенкет, напоїв та вбив їх. Після цієї зради більшість скіфів повернулася на територію сучасної України, продовжуючи свій кочовий спосіб життя.

Культура скіфів відзначалася високим рівнем розвитку. Особливої уваги заслуговує так званий «звіриний стиль» у мистецтві, який характеризується зображенням тварин у динамічних позах. Відомим прикладом є золота пектораль, знайдена в кургані Товста Могила. Вона поєднує традиційні скіфські мотиви з грецькою технікою виконання, що свідчить про культурну взаємодію.



Значну роль у суспільстві відігравали релігійні вірування та поховальні обряди. Скіфи споруджували кургани, в яких ховали знатних представників разом із цінними речами, зброєю та кіньми. Це свідчить про віру в загробне життя та соціальну ієрархію.

Історія скіфів є важливою частиною історії України. Саме в українських степах існувала їхня держава — Велика Скіфія.

Після вторгнення в Причорномор'я сарматів більшу частину скіфів, , було фізично винищено і статус еліти перейшов до сарматської знаті. Проте невеликій частині скіфів вдалось знайти собі притулок у Криму та нижньому Подніпров'ї де вони заснували так зване Нове Скіфське царство або Малу Скіфію. Материкові скіфи натомість поступово асимілювались з племенами скіфів-орачів, сарматів та фракійців, ставши одним з дуже важливих компонентів формування майбутньої української нації.

**Висновки.** Скіфи були одним із наймогутніших кочових народів давнини, які відіграли важливу роль в історії території сучасної України. Їхній спосіб життя, заснований на мобільності та скотарстві, військова організація та культурні досягнення суттєво вплинули на розвиток регіону. Скіфи стали важливою ланкою між різними цивілізаціями, сприяючи економічним і культурним зв'язкам між Європою та Азією. Їхня спадщина й сьогодні залишається важливим джерелом для вивчення історії давнього світу.

## **РУХ ВІД НАРОДЖЕННЯ ДО ОСТАННЬОГО ПОДИХУ: УКРАЇНСЬКІ НАРОДНІ ОБРЯДИ В ПОВІСТІ ГРИГОРІЯ КВІТКИ-ОСНОВ'ЯНЕНКА «МАРУСЯ»**

Озирський Л.А.

Науковий керівник: Мазур І.В.

Харківський приватний ліцей "Ангстрем", Харків, Україна

ladomirangstrem@gmail.com

**Вступ.** Г. Квітка-Оснoв'яненко детально змальовує обряди та традиції нашoго народу у літературі. У повісті, згаданій у роботі, представлені як давні звичаї, так і актуальні та поширені досі. Хоч твір може мати безліч тлумачень та формулювань, посил про рух людини виділений найяскравіше.

**Мета дослідження.** Виділити у повісті «Маруся» традиції та ритуали нашoго народу, як і короткий, проте неймовірно насичений рух молодих та старих скрізь життя.

**Матеріали та методи.** Аналіз твору — дослідження описів обрядів, побуту та традицій у творі.

Ілюстрації українського походження — використання картин українських художників для візуального відтворення обрядовості та побуту.

Порівняння — зіставлення описів обрядів у творі з їхнім відображенням у мистецтві та сучасністю.

Інтерпретації — пояснення символіки обрядів (піч, весілля, одяг тощо).

**Результати дослідження.** Ми встановили, що у творі детально відображено українські народні обряди та традиції;

показали роль обрядовості у різних етапах життя: знайомство, сватання, весілля, сімейний побут, смерть;

з'ясували символічне значення елементів побуту;

підтвердили, що твір є важливим художнім джерелом для розуміння традиційної української культури.

Україна — скарбниця. Народ нашої країни має чим пишатись, адже масштаб обрядовості є ледь не найбільшим серед усіх. Меседж про прагнення українців до гармонії, тепла та єдності.

Обряди на вечорницях і танцях. Демонстрація наявності так званих ритуалів навіть у найменших діях, у формулюванні звернень та особливостях танців, як і поведінці та вбранні.

Обряди у сватанні. Втілення руху у поштовху кохання — перехід парубка від сором'язливості до навідування дівчини, перехід голубків у більш дорослий етап життя.

Обряди із піччю. Значення та цінність печі, її використання у обрядах та повсякденності. Піч як символ тепла, сімейної любові та злагоди.

Весільні обряди. Повага до предків, яка виражається у найменших речах — хтось піч колує, хтось стукає три рази та та хліб виносить.

Обрядовість в одязі та аксесуарах. Здатність автора описати вбрання персонажів до найменших дрібниць, наче він сам створив образи молодят, як ще одна вражаюча та не менш важлива, символізуюча рух у моді, деталь.

Обряди та рух у житті, смерті та вшануванні. Детальний опис процесу смерті, поховання та вшанування, вкрай емоційна та наповнена частина, що вкотре нагадує нам про рух, перебіг життя та кругообіг його частин, в тому числі і відходу на той світ. Вміння людей прийняти це та зберегти віру у себе, віру у сам рух.

**Висновки.** Твір Григорія Квітки-Основ'яненка «Маруся» — історія, що містить у собі невелику та у цей же час багату частину наших традицій, опис наших рідних обрядів. Вона не перестає розчулювати навіть через декілька століть і не перестане — за часів наших наступників.



## ГАРЛЕМСЬКИЙ РЕНЕСАНС

Склим С. О.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[dak48576@gmail.com](mailto:dak48576@gmail.com)

**Вступ.** Гарлемський ренесанс був важливим культурним і суспільним рухом у США на початку ХХ століття. Він об’єднав афроамериканських митців, письменників і мислителів, які прагнули показати власну культуру, ідентичність і місце в суспільстві. Цей рух став формою активного самовираження та сприяв змінам у сприйнятті афроамериканців у американському суспільстві. Важливо, що він виник у період значних соціальних змін і був тісно пов’язаний із міграційними процесами. Саме в цей час Гарлем перетворився на центр культурного життя та нових ідей.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є розгляд Гарлемського ренесансу як суспільного руху та аналіз внеску його представників у формування нової культурної та соціальної ідентичності. Особлива увага приділяється ролі мистецтва як засобу вираження ідей руху. Також дослідження спрямоване на розуміння того, як творчість впливала на суспільні зміни. Важливим є визначення значення цього руху для подальшого розвитку культури.

**Матеріали та методи.** У роботі використано наукові та енциклопедичні джерела, біографічні відомості про діячів Гарлемського ренесансу, а також приклади їхньої творчості.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що Гарлемський ренесанс був не лише культурним явищем, а й формою суспільного руху. Через літературу, музику та образотворче мистецтво відбувалося активне утвердження нової ідентичності. Значну роль у цьому відіграли такі діячі, як Аарон Дуглас і Палмер Гайден, які через мистецтво передавали ідеї руху та зображали життя афроамериканської спільноти. Їхня творчість допомагала формувати нове бачення культури та історії. У результаті рух сприяв підвищенню культурної самосвідомості та активізації суспільного життя.

**Висновки.** Отже, Гарлемський ренесанс можна розглядати як важливий етап формування афроамериканської культури та самосвідомості. Він показав, що мистецтво може бути ефективною формою суспільного руху і впливати на соціальні зміни. Діяльність представників цього періоду сприяла зміцненню культурної ідентичності та відкрила нові можливості для розвитку афроамериканської спільноти. Вплив цього руху відчувається і в подальших історичних процесах. Таким чином, його значення виходить за межі лише культурного явища і має ширший суспільний характер.

## ААРОН ДУГЛАС – «ВІЗУАЛЬНИЙ ГОЛОС ГАРЛЕМСЬКОГО РЕНЕСАНСУ»

Струтинський І.О.

Науковий керівник: Артюх Є.Б.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

k6\_alexstr@ukr.net

**Вступ.** Однією з постатей цього руху став Аарон Дуглас.

Його стиль був новаторським та інтригуючим і досі вважається потужним вираженням придушення та опору афроамериканців.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є висвітлення ролі Аарона Дугласа у русі «Гарлемський ренесанс», та дослідження цього руху.

**Матеріали та методи.** У роботі використано біографічні та історичні джерела.

**Результати дослідження.** Він був художником, який розсовував кордони, встановлені попередніми художниками, створюючи зображення афроамериканського досвіду, які визнавали його історію та африканське коріння. Також він закликав студентів в університеті бути глобальними посланцями афроамериканської культури.

Ключовою спадщиною Гарлемського ренесансу стало створення у 1937 році Гарлемського громадського художнього центру (НСАС).

**Висновки.** Аарон Дуглас був частиною Гарлемського ренесансу.

Аарон Дуглас - афроамериканський художник, який зробив значний вплив на Гарлемський ренесанс 100 років тому. Іноді його називають "батьком афроамериканського мистецтва".

## КІНЕМАТОГРАФІЯ ЯК МИСТЕЦТВО РУХОМОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Трошаніна В.О.

Керівник: Авдєєв І.П.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

avdieievip@gmail.com

**Вступ.** Кінематографія є одним із найважливіших видів мистецтва ХХ–ХХІ століть, що поєднує технічні досягнення та художні засоби виразності. Її основою є створення ілюзії руху за допомогою послідовної зміни нерухомих зображень. Завдяки цьому кінематограф перетворює статичні кадри на динамічний візуальний потік, що здатен передавати складні емоції та смисли.

**Мета дослідження.** Дослідити принципи функціонування кінематографії як мистецтва рухомого зображення, простежити історію її становлення та визначити роль руху у формуванні кіномови.



**Матеріали та методи.** У роботі використано історико-аналітичний та описовий методи. Проаналізовано етапи розвитку кінематографії від перших фотографічних експериментів до сучасних технологій, а також розглянуто приклади використання руху в кіно та анімації.

**Отримані результати.** Встановлено, що основою кінематографії є принцип послідовної зміни кадрів, які при швидкому відтворенні створюють ілюзію руху. Цей ефект пов'язаний із особливостями зорового сприйняття людини. Розвиток кінематографії розпочався з появи фотографії у XIX столітті. Важливим етапом стали дослідження руху Едварда Мейбріджа. Подальший розвиток пов'язаний із винаходами Томаса Едісона та братів Люм'єр. У XX столітті кінематограф зазнав значних змін: з'явилися кольорове зображення та звук. Стандартною частотою є приблизно 24 кадри за секунду. Процес створення фільму включає підготовку, зйомку, монтаж та звукове оформлення. Визначено взаємозв'язок кінематографії та анімації, а також роль сучасних технологій, зокрема комп'ютерної графіки та захоплення руху.

**Висновки.** Кінематографія є складним синтетичним мистецтвом, у якому рух виступає основним засобом виразності. Вона поєднує наукові принципи та художні можливості. Розвиток технологій сприяє розширенню можливостей кінематографа та його інтеграції з іншими видами мистецтва.

## БІТНИКИ

Харченко Є.О.

Науковий керівник: Артюх Є. Б.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

[harcenkoelizaveta568@gmail.com](mailto:harcenkoelizaveta568@gmail.com)

**Вступ.** Тема бітників і досі викликає багато обговорень, адже немає чіткої відповіді, ким були її представники та яку мету вони мали. Однією з найпростіших відповідей могло б бути те, що Покоління Бітників стало визначним літературним рухом, який виник у 1940-х роках і увійшов у суспільну свідомість протягом 1950-х та базувався на соціальному та творчому колі Джека Керуака, Вільяма С.

Берроуза та Аллена Гінзберга. Проте, як казав один із представників: “ Не існує біт поезії або прози, чи біт картини. Біт є поетичною концепцією та ставленням до світу”. Тому, як ми бачимо цей феномен є доволі складним і тим же спонукає нас зануритися глибше.

**Мета дослідження.** Головною метою даного проєкту є дослідження покоління Бітників як руху та його вплив на культуру тогочасної Америки.

**Матеріали та методи дослідження.** Під час написання даного проєкту було використано методи пошуку інформації та її узагальнення, використовувалися наукові статті та інтерв'ю учасників руху.

**Результати дослідження.** Після закінчення даного дослідження, можна побачити ширшу картину того, як представники руху “Бітники” впливали на суспільство, літературу, музику.

**Висновки.** Тепер можна сказати точно, що учасники цього руху притримувалися однієї мети - відкинути американську культуру, побудовану на капіталізмі та матеріалізмі. Стало помітно як їх діяльність залишила слід у контркультурі, сформувавши наступні покоління. Доведено, що саме бітники найбільше притримували літературний стиль, описаний як “спонтанну прозу” і цінність відмови від самоцензури, підлаштовування під очікування інших.

## ТАНЕЦЬ-МИСТЕЦТВО РУХУ

Шеметова В.П., Шейкіна Н.В., Орищенко В.В., Мазур І.В.  
Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна  
shemetovavarya15@gmail.com

**Вступ.** Захоплення мистецтвом танцю та його магічною мовою рухів наповнює моє життя з самого дитинства. Танець - це, мабуть, найдавніше з мистецтв. Він відображає архаїчну потребу людини передавати емоції, радість чи смуток, за допомогою власного тіла.



*Мал. І. Саллі Уїлсон в балеті  
"Вогняний стовп" хореографа  
Ентоні Тюдора, психологічний  
шедевр*

Танцювальні па (від фр. pas — «крок») походять від базових рухів: ходьби, бігу, стрибків. Поступово вони трансформувалися у складні елементи традиційних танців. Головними характеристиками танцю є ритм, малюнок, динаміка, техніка та майстерність виконання. Особливу роль відіграє пластика рухів - "мовчазний інтелект тіла", який відбиває справжню особистість виконавця ( мал.1).

Сьогодні існує безліч видів танцю: народний, бальний, класичний, сучасний. Для свого проєкту я обрала балет, яким займаюся з шести років. Класичний танець — це поєднання пристрасного пориву у височінь та суворої дисципліни. Його виразні рухи стали основою для всієї світової хореографії.

**Мета дослідження** - дослідити техніку виконання складних елементів класичного танцю та обґрунтувати їх з точки зору законів фізики, наголосити на ролі емоцій, особистості виконавця, що поєднує в собі високу духовність, інтелект, музикальність, науковий підхід, дисципліну та працездатність.

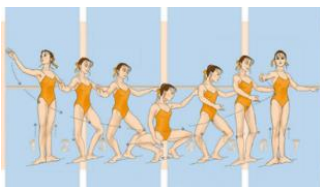
**Результати дослідження.** «Танцівник мислить не лише головою, а кожною клітиною тіла. Ми боремося з земним тяжінням не заради спорту, а щоб довести: людський дух не має ваги» (Рудольф Нурєєв).

На прикладі таких рухів, як пірует (pirouette), фуєте (fouetté) та стрибків (grand jeté, pas de chat), я прагну продемонструвати, як танцівники взаємодіють із гравітацією, використовують момент інерції та зберігають рівновагу.

Адже лише той, хто опанував фізику власного тіла, здатний перетворити рух на високе мистецтво. Таким чином, фізичні закони стають основою, треноване тіло – інструментом, музика – джерелом натхнення, а емоції – душею перформансу.

Екзерсис – основа балетних вправ.

Щоб передати почуття, зробити це красиво- треба багата тренуватись, удосконалювати своє тіло і, відповідно, рухи, замислюватись про особливості кожного з них.



Мал.2. Екзерсис, пліє

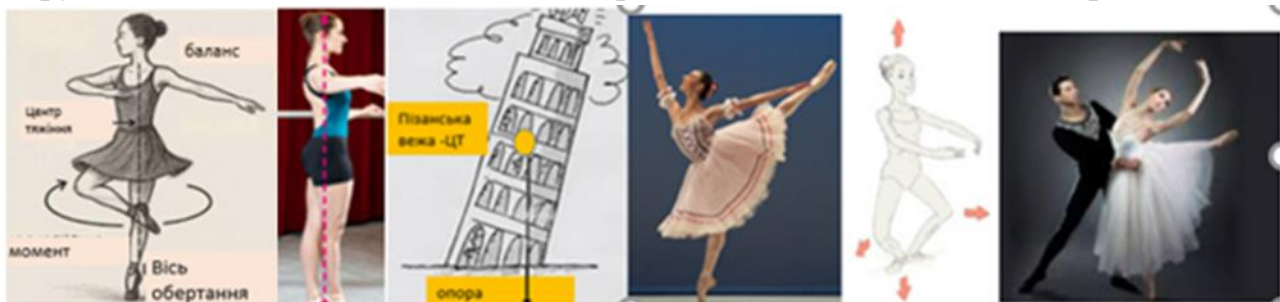
Щоденний екзерсис виховує здатність миттєво знаходити вертикаль-«стержень» тіла, без якого неможливий жоден пірует; розвивати виворотність, що допомагає зберігати максимальну площу опори та тримати баланс. Під час екзерсису біля палки кожне демі та гран-пліє вчить м'язи працювати як пружини, накопичуючи потенційну енергію для подальших стрибків, пом'якшувати приземлення, а battement tendu вчить стопу взаємодіяти з підлогою (тертя), що є критичним для поштовху(мал.2)

Розуміння універсальних фізичних принципів, що застосовуються для всіх рухомих тіл (Приклади: пірует, фуєте, елевація, Pas de Chat).

Баланс-основа рухів(мал.3).

В проєкті розглядаються такі поняття, як центр тяжіння та його розташування відносно площі опори- умова рівноваги. Центр тяжіння має залишатись нерухомим, вісь обертання – вертикальною.

В проєкті розглядаються такі поняття, як центр тяжіння та його розташування відносно площі опори- умова рівноваги. Центр тяжіння має залишатись нерухомим, вісь обертання – вертикальною.



Мал.3. Баланс-основа рухів

Умова рівноваги

Противага

Стійкість

Естетика та техніка

У балеті краса рухів досягається через суворе дотримання законів механіки.



Мал.4. Пірует та закон збереження моменту імпульсу-

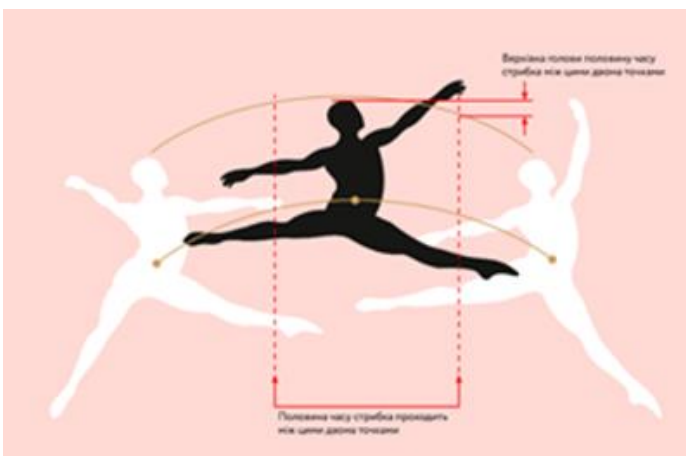
Розглянемо основні з них. Пірует (Pirouette) та закон збереження моменту імпульсу (мал.4) Коли танцівник починає обертання, його момент імпульсу (кількість обертального руху) має залишатися сталим. Щоб прискорити оберт, балерина притискає руки до тулуба. Це зменшує її момент інерції (опір обертанню), і, згідно з законами фізики, кутова швидкість автоматично зростає. Щоб зупинитися, вона розкриває руки, збільшуючи опір. Для танцюриста масою 55 кг ключовий розрахунок показує, що при зменшенні радіусу розподілу маси з 0.7 м (руки в сторони) до 0.15 м (угруповання) швидкість обертання зростає приблизно в 2.7 рази.



Мал.5. Дзига-символ ідеальної рівноваги та збереження моменту імпульсу

Фуєте (Fouetté) це вершина балетної фізики. Якщо пірует - це демонстрація закону збереження моменту імпульсу в «чистому» вигляді (одноразове перетворення радіуса у швидкість), то фуєте – це циклічна «підзарядка» цього моменту (класичні 32 повороти)(мал.5)

Секрет криється в періодичній передачі моменту імпульсу від працюючої ноги до корпусу. В фуєте тіло масою 55 кг працює як маховик: в момент пліє енергія «зберігається» в русі витягнутої ноги (високий момент інерції), а під час повороту ця енергія повертається корпусу, прискорюючи його  $\approx$  в 4 рази при приведенні ноги до коліна.



Мал.6. Ілюзія польоту- Grand Jeté (Великий стрибок)

Grand Jeté (Великий стрибок) та центр мас (мал.6). Траєкторія будь-якого об'єкта в повітрі — це парабола. Проте балерина створює ілюзію «зависання» у повітрі. Під час найвищої точки стрибка танцівник максимально розкриває ноги в шпагат. Центр мас продовжує рухатися по параболі, але за рахунок підйому ніг тулуб і голова на мить залишаються на одному рівні,



що обманює око глядача, створюючи ефект польоту. Енергії одного стрибка довжиною у 2 секунди (потужність 1300 Вт) вистачить, щоб сучасна LED-лампочка (на 10 Вт) світила трохи більше за 2 хвилини.

Pas de Chat (Крок кішки). Робота з гравітацією та амортизацією. Це легкий стрибок, де ноги по черзі підтягуються до коліна. З точки зору фізики, тут важлива фаза приземлення (plié), яка збільшує час взаємодії з підлогою, зменшуючи силу удару та зберігаючи суглоби.

**Висновки.** Мистецтво стає магічним тоді, коли воно гармонійно взаємодіє з законами. Сучасний артист балету — це особистість з високим рівнем кінестетичного інтелекту, яка поєднує дисципліну фізичного тренінгу з аналітичним розумінням динаміки власного тіла. Танець є найвищою формою втілення наукових принципів у живому мистецтві.

МЕТА ANGSTREM

# СЕКЦІЯ №5

КУЛЬТУРА – ТВОРІННЯ РУХУ  
ЛЮДСЬКОЇ ДУМКИ Й УЯВИ

література





## THE LANGUAGE OF MOTION IN ENGLISH ROMANTIC POETRY

Volkova D.A.

Scientific supervisor: Choporova U.S.

Kharkiv Private Lyceum “Angstrem”, Kharkiv, Ukraine

[diananikolskaja1234@gmail.com](mailto:diananikolskaja1234@gmail.com)

**Introduction.** Motion is a fundamental element of literary representation, as language serves not only to describe events and characters but also to convey a sense of movement and change. In poetry, particularly within the Romantic tradition, nature is rarely depicted as static. Natural phenomena such as wind, waves, and changing seasons are presented as dynamic processes, creating vivid and immersive imagery. English Romantic poets of the late eighteenth and early nineteenth centuries often portrayed nature as a living and active force. Rather than functioning as a passive background, it appears as a source of energy, transformation, and continuous development. The representation of movement in their poetry reflects not only physical processes but also emotional intensity and the passage of time. The analysis focuses on the linguistic means through which this effect is achieved in English Romantic nature poetry, specifically in the works of Percy Bysshe Shelley, Samuel Taylor Coleridge, and William Wordsworth.

**Aim of the Study.** To identify and analyze of the linguistic devices that contribute to the representation of motion in English Romantic nature poetry.

**Materials and Methods.** The material of the study consists of selected poems by Percy Bysshe Shelley, Samuel Taylor Coleridge, and William Wordsworth. The methodological framework includes textual and stylistic analysis, as well as elements of comparative analysis.

**Results.** The analysis demonstrates that the representation of motion in English Romantic nature poetry is a complex and multi-layered phenomenon realized through a system of linguistic and stylistic devices. Motion is conveyed not only as physical movement in space but also as temporal progression and emotional transformation, which together create a dynamic model of the natural world. At the linguistic level, physical movement is primarily expressed through dynamic verbs and vivid imagery. Natural phenomena such as wind, waves, clouds, and leaves are depicted as constantly changing and interacting forces, which contributes to a strong sensory and kinetic effect. Temporal development is reflected in descriptions of natural cycles, including the transition from day to night and seasonal transformations, emphasizing the continuity and inevitability of change. Emotional movement is represented through the correlation between natural processes and human inner states, where external dynamics function as a reflection of psychological experience. The analysis reveals both common patterns and individual stylistic differences. In the poetry of Percy Bysshe Shelley,

motion is characterized by intensity, force, and a sense of uncontrollable energy. The use of dynamic verbs and expressive comparisons creates the impression of rapid and powerful movement, transforming natural elements into almost supernatural forces. In contrast, Samuel Taylor Coleridge achieves the effect of movement through rhythmic organization, repetition, and sound patterns. Monosyllabic verbs and alliteration produce a strong auditory effect, conveying speed, direction, and physical momentum. William Wordsworth presents a different model of motion, where movement is continuous, balanced, and harmonious. The use of softer verbs and extended comparisons creates a sense of calm, regular, and almost imperceptible change. This type of representation emphasizes stability within movement and reflects the Romantic idea of unity between nature and human perception. In general, the findings indicate that motion functions as a key organizing principle in Romantic nature poetry. It shapes imagery, structures poetic rhythm, and functions as a key mechanism of connecting physical reality with emotional and temporal dimensions, thereby reinforcing the perception of nature as a living and dynamic system.

**Conclusions.** The study confirms that motion is a central feature of English Romantic nature poetry, realized through dynamic verbs, imagery, rhythm, and personification, which shape a vivid and dynamic representation of nature. The representation of movement varies across authors: Shelley emphasizes intensity and elemental power, Coleridge highlights dynamic action and momentum, while Wordsworth presents continuous and harmonious movement. Therefore, motion functions as a key mechanism that integrates physical, temporal, and emotional dimensions, contributing to the perception of nature as a living and evolving system.

## МОТОРНІ УКРАЇНСЬКІ ФРАЗЕОЛОГІЗМИ

Воробйова М. В.

Науковий керівник: Бурлака О.О.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

milena.amaun@gmail.com

**Вступ.** Від старшого покоління можемо чути такі фрази: «Ти подивись на нього, несеться, аж у вухах вітер свище! А цей, навпаки, ледве ноги переставляє, наче три дні не їв» або «Сьогодні цілий день кручусь як білка в колесі, але нічого не встигаю».

І не завжди розуміємо, про що йдеться? Що значить «у вухах вітер свище»? Як пов'язано вживання їжі й пересування ногами? І невже людина може перестрибувати з гілки на гілку, як білка?

Йдеться про стійкі, лексично неподільні словосполучення (речення), які за значенням дорівнюють одному слову. Тобто про фразеологізми, або



фразеологічні одиниці, фразеологічні звороти, фраземи – нарізно оформлені, але семантично цілісні і синтаксично неподільні мовні знаки, які своїм виникненням і функціонуванням зобов'язані фраземотворчій взаємодії одиниць лексичного, морфологічного та синтаксичного рівнів. Найбільш цікаві з них пов'язані з описом різних видів руху. Саме вони демонструють, наскільки динамічним було, є і, напевно, буде життя людини?

**Мета дослідження.** Проаналізувати фразеологічні одиниці української мови, які описують рух. Дослідити синонімічний ряд вербальних та прислівникових фразеологізмів на позначення швидких, різких, рішучих, безрезультатних та інших дій людини. Дослідити джерела виникнення таких фразеологізмів на конкретних прикладах.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням та опрацюванням інтернет-ресурсів, різноманітних джерел інформації та сучасних наукових методів.

**Результати дослідження.** Фразеологізми – це культурний маркер народу.

Їхнє використання надає мовленню емоційності, виразності, яскравості, бо ці стійкі лексичні сполуки містять у собі досвід цілих поколінь. Тут біль і радість, народження і смерть, розпач і надія, гумор і сатира. Фразеологізми – сконцентрована народна мудрість. Це невичерпне джерело для поглиблення наших знань про мову. Одна з найцікавіших груп пов'язана з описом та характеристикою різноманітних людських дій. Найчастіше в таких фразеологічних одиницях центральне місце посідає дієслово й в реченні вони виконують роль присудка. Це вербальні (дієслівні) фразеологізми об'єднані загальним значенням дії і мають окремі граматичні категорії дієслова, тобто категорії особи, числа, виду, часу, стану, й іноді роду. Найчастотніша модель цього типу фразеологізмів – дієслово + іменник. «Він, взявши торбу, тягу дав» (І.П. Котляревський). «Почула Лисиця Вовчиків крик, побачила, який він біжить злючий та недобрий, – і не чекала довго. Дала волю ногам та до лісу» (І. Франко). У першому реченні «тягу дав» можна замінити присудком, вираженим дієсловом чоловічого роду – «утік». У другому – «дала волю ногам» замінюємо дієсловом жіночого роду «утекла».

Велика кількість вербальних фразеологізмів утворюють синонімічний ряд. Наприклад:

утекти - брати ноги на плечі (за пояс), взяти ноги в руки, давати дряпака, давати / дати волю ногам, давати тягу, накивати п'ятами, намастити ноги салом;

зникнути - війнути / крутнути хвостом, тільки хвостом мелькнути, як язиком злизало, як водою змило;

старатися - гнути спину, гріти чуба, з себе вискакувати, крутитися як білка в колесі.

Деякі можуть змінювати своє значення залежно від контексту. Наприклад: плести кренделі ногами.

Іти нетвердою ногою, хитаючись, плутаючи ногами. «Повільно пробрався [Яковенко] на ніс, виписуючи кренделі ногами і витворяючи карколомні вихиляси й вигибаси всім тілом» (П. Загребельний).

Танцюючи, робити незвичні па. «По тому, як він усміхався, впевнено і недбало, як виробляв ногами усякі кренделики, видно було, що солдат і в танці, і перед дівчиною, і перед усіма почувається левом серед дрібних звіряток» (Григор Тютюнник).

Але мало просто назвати дію. Українцям завжди потрібно описати її, висловити своє ставлення до того, як людина працює, відпочиває, йде, біжить, танцює тощо. І в цьому допомагає «численна група прислівникових фразеологізмів, тобто таких, що виконують у реченні функції обставини». Наприклад:

Бігти (як?) дуже швидко - аж у вухах вітер свистить, наче вихор, і конем не доженеш, полетіти стрілою.

Рухатися або робити щось (як?) дуже повільно - ледве переставляти ноги, мов черепаха, наче три дні не їв, тільки по смерть добре посилати, як слимак.

Діяти (як?) активно, наполегливо, рішуче – аж дим іде, аж кипить в руках.

Рухатися (як?) неправильно, безрезультативно – сізіфова праця, бочка Данаїд, блукати манівцями, воювати з вітряками.

Фразеологізми виникали протягом століть і відображають світогляд, побут, традиції народу та історичні обставини, за яких протікало життя людей. Тому не дивно, що джерелами виникнення фразеологізмів є фольклор, історія, побут, професійна діяльність, усна традиція, а пізніше – й художня література. Наведемо приклади деяких, згаданих вище.

Народна творчість, побут: гопки випинати, вискочити як Пилип з конопель.

Історичні події та обряди: викинути Ідола в Дніпро.

Християнство та церковна лексика: як чорт від ладану.

Запозичення з інших мов: як сарана (тюркська).

Цитати з книг та кінофільмів: воювати з вітряками.

Давньогрецькі міфи: бочка Данаїд.

«Професійні» фразеологізми: на всіх парах, хід конем...

**Висновки.** Фразеологізми – це мовна "сіль", родзинка, перлина, яка додає барв, емоційності та національного колориту розмові. Саме завдяки ним можна влучно дотепно охарактеризувати будь-які рухи людей, предметів, зміни природних та суспільних явищ.

Без знання фразеології неможливо оцінити яскравість і виразність мови, зрозуміти жарт, гру слів, а іноді просто і сенс всього висловлювання. Як відомо, фразеологізми виникають із вільного поєднання слів, яке вживається в



переносному значенні. Поступово переносність забувається, стирається, і поєднання стає стійким. Тому важливо також вивчати джерела появи фразеологізмів.

## ЯКІ РУХИ ПІДВЛАДНІ ДРАКОНАМ? (ЗА ПОВІСТЮ КАТЕРИНИ ШТАНКО «ДРАКОНИ, ВПЕРЕД!»)

Маляренко Є.І.

Науковий керівник: Бурлака О.О.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

krolikimorkovka@gmail.com

**Вступ.** Хтось сказав, що «чарівність – це краса в русі». І якщо це так, то найчарівнішими створіннями є дракони з повісті Катерини Штанко «Драconi, вперед!». Їхня краса найяскравіше проявляється в рухах цих загадкових істот. Письменниця показала, що за не дуже красивою (а іноді навіть жахливою) зовнішньою оболонкою може приховуватись добре серце. Адже саме вчинки розкривають сутність і людини, і дракона. Тому проаналізуємо, як рухаються герої повісті Катерини Штанко, як діють.

**Мета дослідження.** На прикладі повісті Катерини Штанко «Драconi, вперед!» дослідити трансформацію образу дракона від давніх міфів різних народів світу до сучасної української літератури для дітей та підлітків. Проаналізувати, які рухи й порухи душі успадкували дракони Катерини Штанко від своїх «предків», а яких навчилися завдяки майстерності авторки.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням та опрацюванням інтернет-ресурсів, різноманітних джерел інформації та сучасних наукових методів.

**Результати дослідження.** Дракон (фр.dragon, через лат.draco, від грецьк.; пов'язане з δέρκομαι, «бачити», та тлумачиться як «гострозорий»), казковий монстр, якого зазвичай уявляють як величезну крилату вогнедишну ящірку або змію. Вони поєднують в собі мінімум декілька стихій (часто воду та (або) вогонь і повітря), а також декілька світів (нижній — змії, верхній — птахи).

Перші образи істот, що нагадують драконів (гібриди змій, левів та птахів), з'явилися в Месопотамії (сучасний Ірак) ще у IV–III тисячоліттях до н. е. У вавилонському міфі про створення світу «Енума Еліш», драконоподібна богиня Тіамат набула вигляду потвори зі щелепами крокодила, лапами ящірки, орлиними кігтями, тілом змії та рогами бика.

Китайськи дракон Лун - це тварина, у якої голова коня, ріг оленя, тіло змії, луска коропа й ока сови, чотири тигрові лапи мають орлині пазурі. У Піднебесній

дракони у своїй більшості були істотами добрими і благодатними. За це їм надавалося безліч почесностей.

Для в'єтнамців, наприклад, дракони є символом життя, зростання, процвітання, дощу й вічної боротьби проти іноземних загарбників.

У давньогрецькій міфології одним з найвідоміших є Тифон — могутній, з сотнею драконових голів, потворний велетень, уособлення вогненних руйнівних сил землі та її випарів, якого переміг Зевс. Але були й миролюбні крилаті створіння. За одним з мітів Деметра (богиня родючості, хліборобства та шлюбу) подарувала Триптолему магичний віз, запряжений драконами, на якому той літав по світу і вчив людей орати та сіяти зерна пшениці.

Дракони у західній культурі — це монстри, що слугують символом хаосу, зла й випробувань. Зазвичай їх зображували повзучими отруйними істотами, які не мають крил і живуть у печерах, болотах.

Дракони в українській культурі — це міфічні істоти, які втілюють як руйнівну силу, так і роль охоронців природи. Жили вони, за легендами, у гірських печерах. Але не тільки. Деякі уподобали території сучасної Волині, Харківщини, Тернопільщини, Київщини. Український дракон, звісно, має дещо спільне зі своїми колегами з різних куточків світу. Однак і відрізняється значною мірою: він має багато голів, є зазвичай великим змієм. Наприклад, закарпатський шаркань — змії з крилами, або ж дракон, що охороняє скарби.

Коли ось так трохи занурюєшся у «драконографію», стає зрозумілим, що Катерина Штанко, створюючи Хому і Спайка, Хай-Тобі-Грець і Лихоманку, Скіпку й Скалку, Гарбузяного Пиха, надихалась різнокольоровими китайськими драконами. А події перенесла в Крим не тільки тому, що звідти родом, а й, напевно, знаючи історію про бахчисарайського дракона.

Один з головних героїв повісті – Хома – має голубу шкіру, шість лап та довгий хвіст, як у звичайних драконів, сам він є кровним братом головного героя, хлопчика Михася. Дракон рухається прудко й енергійно: «Той почав несамовито кружляти й гасати по стінах і по стелі. Він вільно пересувався будь-якою поверхнею, хоч горизонтальною, хоч вертикальною, а хоч і головою вниз». Справжній холерик, він постійно перебуває в русі: кудись біжить, вигадує якісь витівки й лише під час співу може бодай на мить затриматися на місці. Перед нами — затятий непосида, який усіма силами прагне привернути до себе увагу, демонструючи кожен свій талантик.

Спайк – справжній «крилатий ящур з чорною шкірою та чотирма лапами». Спайк може ставати непомітним, розчинятися у просторі. Тоді його рухи може помітити тільки хтось дуже уважний. Наприклад Михась: «хлопець помітив, як невиразна тінь перевалилася через гострі шпичаки, які під великою вагою загнулися донизу.



Примара глухо бухнулася донизу і зачалася в темному місці, було чутно тільки важке дихання». Він не такий енергійний, як Хома, але його рухи чіткі та впенені. Лихоманка, як і звичайні дракони, могла кружляти над самими дахами, чіпляючи хвостом димарі. Але перед нами не страшне чудовисько, а любляча «ненька». Її рухи плавні, обережні, нагадують звичні рухи матері, яка гойдає дитину: «Але з малюком теж було все добре: золота дракониця гойдала малого на кінчику хвоста, мелодійно примовляючи...» А згодом, сама того не сподіваючись, допомогла впіймати злочинців, бо сприйняла їхній джип за велетенського жука: «Бідненьке, воно плаче, мабуть, тому, що не може злетіти. Он як мчить по злітній смузі, а злетіти не виходить... Не плач, маленький, я тобі зараз допоможу! — пообіцяла джипові драконка і, акуратно підхопивши автомобіль під «животик», злетіла вгору, ще й підкинула «Брабуса» якомога вище». За рухами Лихоманки можна побачити добре, наївне створіння, яке готове допомогти незнайомцю, заспокоїти малюка. Вона ніжна й турботлива.

Що ж до його рухів дракона Хай-Тобі-Грець, він, як і інші мешканці драконарію, вмів танцювати, тупаючи ногами. Він міг не просто літати, а пронизати простір: «Хай-Тобі-Грець зі Спайком на спині потужно зринув угору. Він летів, летів, летів, прошиваючи хмари, ніби гігантська зелена голка, і, нарешті, пронизав наскрізь усі шари снігових хмар».

«На середину приміщення повагом вийшов червоний дракон... підняв морду вгору... Враз із пащеки вихопився потужний струмінь розжареного білого полум'я. Купол зім'явся, похилився і вибухнув цілим фонтаном вогняних краплин розплавленої криці та скла». Вогонь – ось що викликало захват у дракона. «І ось тепер, ширяючи над вогнем, серед іскор, попелу та задушливого чадного диму, почувався абсолютно щасливим. Він пильнував, щоб полум'я не згасло». Він навіть міг влаштовувати «вогняні танці». Так поводить себе Гарбузяний Пих.

Скалка та Скіпка – сестри - лимонки, які, мандруючи до Криму, не просто летять поряд, а весь час тримають одна одну за лапу. І коли сідають на гілку поспати, то «горнуться одна до одної, щоб було тепліше, і приготувалися чекати ранку».

**Висновки.** Отже, перед читачем постають не небезпечні істоти, а казкові створіння з новим «обличчям». Вони не шкодять людям і живуть на Місяці за власним кодексом честі: «не їж людину; не чини людині ніякого зла; рятуй людину від усілякого лиха; слухайся Навігатора; живи на Місяці, а Землю залиши людям». А головне: «Драконе — літай!» Але крім здатності літати, стрибати, кружляти, підпалювати, триматися за лапи, драконам Катерини Штанко підвладні також й душевні порухи – допомагати, переживати, співчувати, обурюватися й пробачати, радіти й лякатися... А головне – любити..

## РУХ В УСІХ ЙОГО ПОЯВАХ У ПОВІСТІ І. Я. ФРАНКА «ЗАХАР БЕРКУТ»

Панасовська К. І.

Науковий керівник: Бурлака О.О.

Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[katyushok2@gmail.com](mailto:katyushok2@gmail.com)

**Вступ.** Цікаво спостерігати рух навколо нас: як в небі пливуть хмари, як вітер колише листя, як мчить потяг, біжить стрілка секундоміра, як космічна ракета відривається від землі... А ще цікавіше дізнатися, як описують рух у всіх його проявах письменники, зокрема Іван Якович Франко в його історичній повісті «Захар Беркут».

**Мета дослідження.** Проаналізувати, як за допомогою художнього слова І. Я. Франко відтворює рух у всіх його проявах у повісті «Захар Беркут». Дослідити роль різних частин мови в передачі стрімкого та повільного руху, звернувшись до конкретних прикладів.

**Матеріали та методи.** Дослідження ґрунтується на комплексному теоретичному підході з використанням та опрацюванням інтернет-ресурсів, різноманітних джерел інформації та сучасних наукових методів.

**Результати дослідження.** Йдучи поруч із дружиною Тугара Вовка гірськими стежками вполювати ведмедя і раптом побачивши його перед собою, читач затамовує подих: «Хвилька тривожної мовчанки — свиснула стріла — і заревів звір, мов скажений кинувши собою взад». Автор за допомогою дієслів руху (свиснула, заревів, щез, не втихав), а також дієприслівників (кинувши, скрившись) та віддієслівного іменника (ревіт) описує стрімкий політ стріли. Спочатку ніби завмирання, а потім швидкі, скажені рухи і предмета (стріла), і тварини (ведмідь).

Ще одним прикладом опису руху в тексті є сцени, коли тухольці ведуть бій з монголами за допомогою метавок: «Але на сто кроків від вивозу стрінув їх убійчий град каміння, киданого метавками. Великі кам'яні кругляки, щербате каміння і річний піщаник — усе те валило в збиту громаду монголів, друхотало кості, розбивало голови». Письменник вживає такі дієслова: стрінув, валило, рухотало, розбивало, кидала, кермувала, наближалися, сприпіла, летіло. У передачі динамічності даної події важливу роль також відіграють прислівники способу дії, якісно-означальні та кількісно-означальні: пильно, ненастанно. Доречно підібрані й дієслова та описові конструкції, які вказують на швидкість і смертельність рухів метавок, а точніше метаного каміння, що створює напруженість.



Тепер роздивимось наступну сцену, у якій зображено повільні дії Максима: він намагається затягнути час, щоб дати можливість тухольцям підготуватися до зустрічі з ворогом: «Хоч до огорода його батька було ще далеко, то він кілька разів зупинявся, прилягав до землі, стукав, шпортав, а все позирав наперед себе, до потоку, відки мала прийти для нього поміч. Слимаковим ходом поступав відділ наперед, уже Бурунда почав нетерпитися». Використання великої кількості однорідних присудків, виражених дієсловами, у даному уривку ніби зупиняє час: йшов, обзирава, зупинявся, приглядава, стукав, шпоротава, позирава, поступав. Не останню роль у передачі повільності відіграють знову ж таки прислівники (повільно, оглядно, старанно, далеко, наперед).

Але не тільки рух, що можна бачити, а й душевні порухи героїв зображає Франко, розкриваючи читачу, про що турбувалися (думали, розмірковували) його герої, як і куди рухалося їхнє життя. У кінці твору ми бачимо поступові зміни, що відбуваються з Тугаром Вовком: «За що він ненавидів того чоловіка? За що накликав на його молоду голову таке страшне горе?...Отже ж тепер зрівнялися: оба вони невольники і — оба нещасливі. Тугар Вовк чув, що гнів його до Максима якось пригасає, мов пожежа, якій не стало вже дров... "Нехай б'ють!" — се було єдине слово, яке чув боярин із Максимових уст. Тільки ж диво, що й тоді вже те горде слово, що свідчило про твердість Максимової вдачі і його велику любов до свободи, не тільки не розгнівало боярина, але дуже сподобалось йому. Тепер же він чув виразно, що щось, мов крига тає, в його серці». Автор вживає такі дієслова: ненавидів, накликав, велів вбити, видав, випустять, навкучаться, тягти, заріжуть, покинув, зненавидів, урятував, полюбила, хотів зрівнятися, зрівнялися, б'ють, не розгнівало, сподобалось. Повільно течуть думки Тугара Вовка: його ненависть починає танути в ту мить, коли він відчуває себе таким же невольником, як і Максим. І на місце неприйняття приходять захоплення сміливістю, твердістю духу – всім тим, чого не вистачало самому марнославному боярину.

Зміни відбуваються не тільки в житті окремих людей, а і в житті громад, народів, націй. А стається це тоді, коли вони об'єднані спільною метою. І ця мета змушує рухатися. Тож головною ідеєю всього твору є показати, що «тухольці побідили ... громадським ладом,... згодою і дружністю». У цьому можна переконатися, читаючи, наприклад, такі рядки: « Їм [тухольцям] квапно діялося доконати ворога. В лісі повише потоку їх молодці рубали грубі ялиці, заострювали їх з обох кінців, мов палі, прив'язували до обрубаних із гілля пнів важке каміння, щоб ті новомодні стінолами плили попід водою, і, виждавши відповідну хвилю, ... почали долі потоком пускати ті пні». Злагоджена робота всієї громади передана за допомогою таких дієслів: не хотіли дождити, прибуде, витопити, діялося, доконати, рубали, загострювали, прив'язували, плили, зробилася, почали,

пускати, ударив, стояли, загуркотіло, розсунулося, попадали, напали, вчепилися, хопила, понесла, попала, закрутив, поставив, показувалися, метушилися, толочили, що передають і стрімкість руху, і злагоджену роботу, таку необхідну для рятунку.

Іван Франко олюдноє природу у своїй повісті. Вона так само, як і люди, може рухатися стрімко, шалено, може

- обурюватися: «Гнівню закрутилася виром на місці спинена вода, мов не розуміючи, пощо се спиняють її в бігу. Люто плюснула хвиля за хвилиною о величезний камінь, кинулась було підгризати спідні, на дні покладені плити, шукати між ними проходу».

- передчувати: «Тільки земля, не знати чому, глухо стугоніла і стогнала...: вили вовки, гавкали уриваним голосом лиси, ричали тури... Зловіще птаство б'ється в повітрі, розривається плахтами і кидається в різні боки, мов хмари, биті бурею».

- боротися: «Каламутним валом котилися від водопаду величезні хвилі; ціла поверхня широкого озера збентежилася, покрилася піною. Замість чистого, спокійного дзеркала бушували тепер люті води, крутилися з шипотом вири, гойдалося і билосся в кам'яних берегах розбурхане море».

Передати динаміку допомагають такі дієслова руху, як закрутилася, люто плюснула, кинулась, заклекотіла; стугоніла, стогнали, вили, гавкали, ричали; б'ється, розривається, кидається; хвилі котилися, збентежилася, покрилася, бушували води, крутилися вири, гойдалося й билосся море.

**Висновки.** В історичній повісті “Захар Беркут” Іван Франко часто вводить в текст речення, ускладнені однорідними присудками, що допомагає передати як спокійний, так і стрімкий рух подій, явищ, думок, почуттів тощо. Автор використовує дієслова руху, або переміщення, а також дієприслівники, віддієслівні іменники та якісно- й кількісно-означальні прислівники, що допомагає побачити читачу рух у всіх його проявах.

## **ПАЛОМНИЦТВО — ЧИ ЗАВЖДИ ЦЕ ШЛЯХ ДО БОГА? САТИРА НА ЦЕРКВУ В ПОВІСТІ ІВАНА НЕЧУЯ-ЛЕВИЦЬКОГО «КАЙДАШЕВА СІМ'Я»**

Ульянов Є.Д.

Науковий керівник: Іванова О.О.

Харківський приватний ліцей "Ангстрем", Харків, Україна

ulianovyelysei@gmail.com

**Вступ.** Образ шляху (дороги) в українській літературній традиції є фундаментальним символом, що втілює складність людського життя,



випробування та духовний пошук. У міфологічних та релігійних моделях світу шлях виступає зв'язком між різними точками простору — профанним (буденним) та сакральним (святим). Для українського селянства ХІХ століття паломництво (проща) було не лише релігійним актом, а й рідкісною можливістю вийти за межі замкненого сільського світу. У повісті Івана Нечуя-Левицького «Кайдашева сім'я» цей мотив набуває особливого значення, стаючи інструментом глибокої соціальної та психологічної характеристики персонажів.

**Актуальність теми.** Актуальність зумовлена необхідністю переосмислення того, чи завжди релігійний ритуал веде до справжнього духовного оновлення, або ж він стає лише формою втечі від нестерпної реальності.

**Мета дослідження.** Мета роботи полягає в комплексному аналізі семантики образу дороги та прощі Мелашки як засобу подолання деструктивної атмосфери сімейного деспотизму, а також у дослідженні авторської сатири на формальну релігійність через призму народних вірувань. У дослідженні розглядається елемент дороги та прощі, як частини фабульності повісті «Кайдашева сім'я».

Надмірна церковність є частиною архетипності персонажів, а втеча Мелашки до Києва — можливістю звільнитися від тиску сім'ї.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження є текст повісті І. Нечуя-Левицького «Кайдашева сім'я». У роботі застосовано комплексний підхід, що включає:

1. герменевтичний метод — для тлумачення символічних підтекстів образу Києва та дороги;
2. культурно-антропологічний аналіз — для вивчення феномену «народного православ'я» та побутових забобонів (на прикладі баби Палажки);
3. компаративний аналіз — для зіставлення біблійного архетипу «хресної дороги» з життєвим шляхом родини Кайдашів.

Отримані результати. Аналіз тексту засвідчує, що І. Нечуй-Левицький використовує концепт «дороги» у двох діаметрально протилежних значеннях.

Перше значення — це метафорична «хресна дорога» українського селянства пореформеної доби. Це шлях щоденних моральних страждань, зумовлений егоїзмом, індивідуалізмом та хаосом усередині родини. Кожна сварка за межу, грушу чи мотовило стає «гріхом» і розплатою, що веде до руйнації цілісності роду. Автор показує, як працьовиті та в основі своїй добрі люди під впливом дріб'язкового побуту втрачають людську подобу. Друге значення — це реальна дорога (проща) до Києва. Для Мелашки, молодої дружини Лавріна, ця подорож постає як єдиний шанс на порятунок від «побутового пекла», створеного свекрухою. Світ Семигорів для неї стає затісним і ворожим. Київ у повісті маркується як сакральний центр, «золотоверхий» простір гармонії, який протиставляється бруду та лайкам рідного села. Опис підйому на гору, із якої відкривається вид на Лавру, символізує духовне піднесення героїні. Проща

Мелашки з бабою Палажкою до Києва в повісті «Кайдашева сім'я» Івана Нечуя-Левицького є ключовим епізодом, що символізує втечу від побутового пекла та пошук духовного очищення. Цей момент аналізується як вияв народної релігійності, апокрифічних вірувань та трансформації свідомості героїні, яка вирішує залишитися в Києві.

Проща для Мелашки — це не лише молитва, а й втеча від нестерпних сварок зі свекрухою та індивідуалізму Кайдашів, що знаменує її дорослішання та бажання самостійного життя. Образ дороги можемо трактувати як прагнення життєвих змін, усвідомлення свого вибору, набуття нового досвіду.

Тому проща Мелашки є символом оновлення, а не приналежності до релігійного життя. Дорога до Києва була прагненням до позитивних змін, усамітнення та кращого гармонійного існування без фальші та конфліктів.

Автор вправно вводить у текст елементи гострої сатири. Образ баби Палажки Солов'їхи, «професійної» богомолки, демонструє викривлення релігійної ідеї. Для неї проща — це звичка («щороку ходила до Лаври їсти паски»), спосіб соціалізації та поширення чудернацьких забобонів (історія про «небесні листи»). Письменник наголошує на парадоксі: люди можуть роками ходити святими дорогами, але не ставати добрішими.

Трансформація Мелашки в Києві є ключовим моментом. Її рішення залишитися в місті — це не лише акт відчаю, а й вияв зрілості, прагнення до самостійного життя без фальші. Це духовне оновлення через усамітнення та працю в іншому, більш гармонійному середовищі. На прикладі Мелашки автор доводить, що справжній шлях до Бога лежить через внутрішню роботу над собою, через здатність любити і прощати, а не через формальне виконання обрядів.

**Висновки.** Дослідження показало, що паломництво в «Кайдашевій сім'ї» є багатозначним символом. Воно виступає засобом композиційного розв'язання конфлікту, дозволяючи героїні вийти за межі замкненого кола сварок. І. Нечуй-Левицький майстерно поєднує етнографічну точність описів народної віри з глибоким філософським підтекстом: шлях до храму має сенс лише тоді, коли він стає шляхом до власної душі.

Відсутність у повісті згадок про національну культуру чи спільні обряди серед Кайдашів підкреслює духовну пустку, яку Мелашка намагається заповнити через прощу. Таким чином, образ дороги у творі є заклик до пробудження національної та особистісної свідомості українців, застереженням проти деградації духовних основ народу.

МЕТА ANGSTREM

# СЕКЦІЯ №6

НАУКА – РУШІЙ ПРОГРЕСУ

біологія, хімія, фізика,  
інформатика, астрономія



## АНОМАЛЬНА ПОВЕДІНКА ВОДИ ПРИ ЗАМЕРЗАННІ ЯК ОСНОВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Боровик С.М., Шейкіна Н.В.

Науковий керівник: Шейкіна Н.В.

Харківський приватний ліцей “Ангстрем”, Харків, Україна

email: stacy.borovik@gmail.com

**Вступ.** Вода є однією з найважливіших речовин на Землі, яка має унікальні фізичні властивості. Однією з них є аномальна зміна щільності при охолодженні та замерзанні. На відміну від більшості речовин, вода при переході у твердий стан не стискається, а розширюється приблизно на 9%. Це явище зумовлене особливостями будови молекули  $H_2O$  та водневими зв'язками між молекулами. Дана властивість має велике значення не лише у фізиці, а й у біології, оскільки впливає на існування життя у водоймах.

**Мета дослідження** – дослідити зміну об'єму та щільності води при замерзанні, пояснити це явище з точки зору молекулярної будови та визначити його значення для живих організмів і природних процесів.

**Матеріали та методи.** У роботі використано теоретичний аналіз наукових джерел та проведено експериментальне дослідження.

Експеримент 1: визначення зміни об'єму води при замерзанні. Воду наливали у пластикову ємність об'ємом 0.4 л, позначали рівень і заморожували.



Рис.1 Ліворуч – Рівень води в пляшці до заморозки, праворуч – Рівень води після заморозки

Експеримент 2: спостереження за впливом замерзання води на форму ємності та оцінка розширення. Результати фіксувалися за допомогою візуального спостереження та порівняння рівнів води до і після замерзання.



Рис.2 Зліва направо: 1. Початкова стадія води до морозилки. 2 і 3. Перша щільна та тверда крига. 4. Остання стадія коли крига міцна та замерзла декількома шарами, завдяки чому й було доведено експеримент.

**Результати дослідження.** Встановлено, що при замерзанні вода дійсно збільшує об'єм, що підтверджується підвищенням рівня льоду у ємності. Це пояснюється тим, що при охолодженні молекули води впорядковуються у гексагональну кристалічну решітку, в якій відстані між молекулами більші, ніж у рідкому стані. Також було підтверджено, що найбільшу щільність вода має при температурі  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , після чого при подальшому охолодженні починає розширюватися.

З біологічної точки зору встановлено, що завдяки меншій щільності льоду він залишається на поверхні водойм і утворює теплоізоляційний шар. Це запобігає повному промерзанню води та забезпечує виживання водних організмів узимку. Аналіз сучасних даних показує, що у 2025–2026 роках спостерігається зменшення площі морського льоду в Арктиці та Антарктиді. Це впливає на кліматичні процеси, оскільки зменшення льодового покриву призводить до більшого поглинання тепла океанами.

#### **Висновки.**

Вода має аномальну властивість розширюватися при замерзанні, що зумовлено водневими зв'язками між молекулами.

Лід має меншу щільність, ніж рідка вода, тому плаває на її поверхні.

Ця властивість є критично важливою для існування життя у водоймах.

Експериментально підтверджено збільшення об'єму води при замерзанні.

Зміни льодового покриву Землі у 2025–2026 роках свідчать про вплив аномальних властивостей води на глобальні кліматичні процеси.

## КІБЕРНЕТИКА

Боровик С.М.

Науковий керівник: Ковальова Я.Ю.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[stacy.borovik@gmail.com](mailto:stacy.borovik@gmail.com)

**Вступ.** Кібернетика — це наука про керування рухом і процесами. У сучасному світі вона відіграє важливу роль у керуванні складними системами та процесами. Вона є основою для створення робототехніки, штучного інтелекту, автоматизованих систем керування та комп'ютерних технологій.

З кожним роком зростає потреба у точному та ефективному керуванні процесами в різних галузях — від промисловості до медицини та транспорту. Кібернетичні підходи дозволяють оптимізувати роботу систем, підвищити їхню продуктивність і надійність.

Таким чином, вивчення кібернетики є надзвичайно актуальним, оскільки вона сприяє розвитку сучасного суспільства та впливає на всі сфери діяльності людини.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є вивчення основ кібернетики як науки про керування рухом і процесами, а також аналіз принципів роботи кібернетичних систем.

У роботі розглядається роль інформації в процесах керування, досліджується вплив зворотного зв'язку на стабільність систем, визначається значення кібернетики у сучасному світі. Також розглядаються приклади застосування цієї науки та аналізується роль моделювання і комп'ютерних технологій.

У процесі дослідження визначається роль керування у складних системах, вивчаються методи їх аналізу, досліджується взаємозв'язок між інформацією та дією. Окрему увагу приділено значенню автоматизації та ефективності кібернетичних методів у різних сферах діяльності.

**Матеріали і методи.** У дослідженні використано теоретичні матеріали з теми кібернетики. Основним методом є аналіз інформації. Було застосовано порівняльний метод та узагальнення отриманих даних. Для пояснення використовувалися приклади з реального життя та сучасні технології, а також аналізувалися принципи роботи систем.

У роботі застосовано логічні методи дослідження, проведено системний аналіз, використано метод моделювання та описовий метод. Розглянуто приклади автоматизованих систем, використано наочні матеріали та проведено узагальнення результатів.

**Результати дослідження.** У результаті дослідження встановлено, що кібернетика є універсальною наукою про керування, яка застосовується у



багатьох сферах діяльності. Основою кібернетики є інформація, а ключовим елементом — зворотний зв'язок, що забезпечує стабільність систем. Також встановлено, що системи здатні адаптуватися до змін умов.

Дослідження показало, що кібернетика широко використовується в сучасних технологіях і лежить в основі робототехніки та автоматизації. Визначено важливість моделювання та підтверджено роль комп'ютерів у керуванні складними системами. Отримані результати свідчать про ефективність кібернетичних підходів.

У ході роботи було створено 3-D модель робота в програмі Onshape, що підтверджує практичне застосування кібернетичних принципів у моделюванні та керуванні рухом.

**Висновки.** У ході виконання роботи було розглянуто основи кібернетики як науки про керування складними системами та процесами. Встановлено, що кібернетика базується на обробці інформації, використанні зворотного зв'язку та здатності систем адаптуватися до змін умов.

У процесі дослідження проаналізовано основні принципи кібернетики та визначено їх значення для забезпечення стабільної й ефективної роботи систем. З'ясовано, що саме завдяки кібернетичним підходам можливе точне керування рухом, процесами та інформаційними потоками.

Практична частина роботи, зокрема створення 3-D моделі робота в середовищі Onshape, підтвердила можливість застосування теоретичних знань на практиці та сприяла кращому розумінню принципів роботи сучасних автоматизованих систем.

Отже, кібернетика є важливою складовою розвитку сучасних технологій, оскільки забезпечує ефективне керування складними системами та сприяє створенню інноваційних рішень у різних сферах діяльності людини.

## АХІЛЛЕС І ЧЕРЕПАХА

Бувайло М. О.

Науковий керівник: Гальперіна А.Р.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

buvailo.mari@gmail.com

**Вступ.** Парадокс Ахіллеса та черепахи, сформульований Зеноном Елейським близько 450 року до н. е., упродовж понад двох тисяч років викликав філософські суперечки про природу руху, часу та нескінченності. Він ставить під сумнів можливість завершити нескінченну кількість етапів за скінченний час, що суперечить здоровому глузду.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз парадоксу Ахіллеса, пояснення його розв'язання за допомогою теорії збіжних нескінченних рядів та визначення впливу цього парадоксу на розвиток математики й філософії.

**Матеріали та методи.** У роботі використано історико-філософські джерела, математичні праці з теорії рядів, популярні наукові публікації, а також методи аналізу, синтезу, математичного моделювання та узагальнення.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що парадокс Ахіллеса має строге математичне розв'язання через збіжний геометричний ряд. На прикладі числових значень (фора 100 м, швидкість Ахіллеса в 10 разів більша) сума нескінченних часових інтервалів  $10 + 1 + 0,1 + 0,01 + \dots$  дорівнює скінченному числу  $\approx 11,11$  секунди. Це означає, що Ахіллес наздоганяє черепаху, а рух не є ілюзією. Парадокс стимулював розвиток математичного аналізу (Ньютон, Лейбніц) та змінив ставлення до нескінченності в науці.

**Висновки.** Отже, парадокс Ахіллеса та черепахи не спростовує рух, а демонструє необхідність зміни мови опису: філософська проблема отримує розв'язання засобами математики. Нескінченна кількість кроків може вкладатися в скінченний час за умови збіжності ряду. Цей висновок став основою для сучасного розуміння неперервності, границь та математичного аналізу.

## БІОХІМІЯ

Вербицька О.В.

Науковий керівник: Яковлева Л.М.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[viktorrozuk0@gmail.com](mailto:viktorrozuk0@gmail.com)

**Вступ.** Рух і розвиток науки призводять до утворення її нових напрямів, галузей, дисциплін. На стику біології та хімії сформувалася одна з найважливіших і найцікавіших наук про природу – біохімія (також біологічна або фізіологічна хімія). Вона вивчає властивості й будову речовин, які є складовими живих організмів, і перетворення, що відбуваються з цими речовинами в процесах життєдіяльності мікроорганізмів, рослин, тварин і людини. Саме завдяки біохімії людство отримало можливість не лише розуміти, як функціонує життя на молекулярному рівні, а й змінювати його на краще. Тобто це наука про хімію життя, яке сповнене різноманітними процесами руху та взаємодії.

**Мета дослідження.** Метою роботи є концептуальний огляд біохімії, дослідження витоків і становлення цієї науки, висвітлення її історії та розвитку, визначення основних напрямів і прикладного значення, аналіз ролі біохімії як рушія сучасних технологій і суспільних змін.



**Матеріали та методи.** Матеріальна база роботи охоплює текстовий та фактологічний масив даних, отриманий із різноманітних освітніх ресурсів, публікацій наукового й науково-популярного характеру та сучасної наукової періодики. У роботі застосовано методи історико-генетичного та ретроспективного аналізу, порівняльно-описовий, історико-теоретичний, аналітичний і біографічний методи, а також метод періодизації.

**Результати дослідження.** У ході роботи з'ясовано, що витoki біохімічних знань сягають давнини, коли мислителі намагалися пояснити явища життя через властивості речовин. Встановлено, що поступове накопичення знань у медицині, алхімії та природознавстві створило підґрунтя для формування біохімії як окремої науки у ХІХ–ХХ ст. Розкрито, що вирішальну роль у становленні біохімії відіграли відкриття Ф. Велера, А. Паєна, Дж. Вотсона та Ф. Крика, а в Україні — праці В. Вернадського та О. Палладіна. Виявлено, що сучасна біохімія охоплює різні напрями: медичний, харчовий, екологічний, біотехнологічний і космічний. Доведено, що її прикладне значення простежується у фармакології, сільському господарстві, харчовій промисловості та медицині. Зафіксовано, що біохімічні знання стали основою багатьох новітніх технологій, серед яких — CRISPR/Cas9, біочіпи, культивоване м'ясо та біоремедіація, які активно змінюють сучасне суспільство.

**Висновки.** Біохімія, як фундаментальна й прикладна природнича наука, допомагає людству наблизитися до розуміння сутності життя. Вона разом із генетикою та кібернетикою визначають сучасний науково-технічний прогрес, а її теперішній розвиток свідчить про стрімке проникнення біохімічних знань у нові галузі науки і практики. Біохімія – історія безперервного руху та змін. Сьогодні ця наука розвивається швидше, ніж будь-коли, і цей рух формує майбутнє.

## РУХ ВІД АЛХІМІЇ ДО РОЗУМІННЯ ДИНАМІКИ МОЛЕКУЛЯРНИХ ПРОЦЕСІВ

Желем М. А., Яковлева Л. М., Зубкова М.К.

Науковий керівник: Яковлева Л. М.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

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

**Вступ.** Ще з часів алхімії(середньовічного містичного вчення та системи трансформації, яка поєднувала ранні хімічні експерименти з філософією та астрологією) люди, рухаючись уперед, відкривали нові речовини та їхні зв'язки. Згодом хімія почала існувати вже не як езотерична алхімія, а як самостійна наука завдяки кільком ученим, які заклали її основи: Антуану Лавуазьє, Роберту Бойлю, Джону Дальтону та Йонсу Якобу Берцеліусу. Хімія стала більш точною наукою

порівняно зі своїм попередником завдяки експериментальному методу Роберта Бойля. Світ рухається вперед, і технології разом із хімією також не стоять на місці. З появою комп'ютерів вчені змогли створити першу модель молекули води, що стало неймовірним проривом у науці.

**Мета досліджень.** Метою роботи є огляд і розуміння витоків та ключових відкриттів у періоді від алхімії до становлення сучасної хімії та розуміння динаміки молекулярних процесів. Також розглядаються історичні погляди вчених тих епох і висвітлюються їхні відкриття.

**Матеріали та методи.** Матеріали цієї роботи були зібрані з різноманітних інтернет-ресурсів, наукових та новинних публікацій. У дослідженні застосовано методи ретроспективного аналізу, порівняльно-описовий, історико-теоретичний, аналітичний і біографічний методи, а також метод періодизації.

**Результати дослідження.** У ході роботи з'ясовано, що витoki алхімічних знань сягають давнини, коли алхіміки намагалися отримати «еліксир життя» через властивості та поєднання речовин. Встановлено, що тривале накопичення знань алхіміків і нові погляди вчених привели до формування фундаменту хімії у другій половині XVII — наприкінці XVIII століття. Відомо, що вирішальну роль у становленні хімії відіграли: Роберт Бойль (експериментальний метод), Антуан Лавуазьє (закон збереження маси, теорія горіння), Джон Дальтон (атомна теорія), Йонс Якоб Берцеліус (хімічні символи). Сучасна хімія охоплює практично всі сфери життя — від медицини до промисловості. Вона вже давно стала невід'ємною частиною суспільства і постійно розвивається, даруючи нові відкриття, які змінюють світ і світогляд.

**Висновки.** Рух від алхімії до розуміння динаміки молекулярних процесів як досвід і спосіб пізнати світогляд вчених, які так чи інакше змінили наш світ, є невід'ємною частиною суспільства та подальших наукових відкриттів. Досвід минулих часів дає нам змогу рухатися вперед, використовуючи їхні дослідження, доповнюючи їх і створюючи підґрунтя для дискусій.

## КВАНТОВІ СТРИБКИ І ТУНЕЛЮВАННЯ — РУХ У СВІТІ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК

Комаха М.В.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна  
explorejapan341@gmail.com

**Вступ.** Рух є однією з фундаментальних властивостей Всесвіту. У класичній фізиці він описується траєкторією, швидкістю та прискоренням. На рівні атомів і елементарних частинок ці уявлення змінюються. У квантовій фізиці рух – це еволюцією хвильової функції. Стан мікрочастинки описується хвильовою



функцією  $\psi(r, t)$ , квадрат модуля якої визначає ймовірність виявлення частинки в певній області простору. Хвильові пакети змінюють своє положення та форму, що і є проявом квантового руху. Проте переходи між енергетичними рівнями відбуваються майже миттєво. Такі переходи називають квантовими стрибками. Вони розглядаються, як окремий тип зміни енергетичного стану, у яких відсутні аналогії в класичному розумінні руху.

**Мета дослідження** – узагальнення теоретичних відомостей про квантові стрибки та квантове тунелювання, аналітичний розгляд одномірного прямокутного потенціального бар'єра, виконання комп'ютерного моделювання процесу тунелювання та аналіз прикладного значення цих квантових явищ.

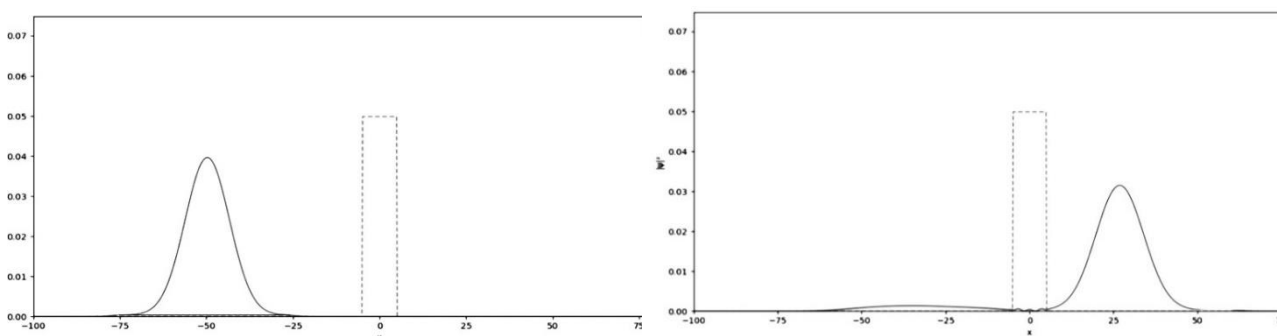
**Метод дослідження** – математичне моделювання еволюції енергетичних станів. Еволюцію енергетичних станів частинок мікросвіту можна дослідити за допомогою нестационарного рівняння Шредінгера. Розглянуто еволюція одномірного гаусового хвильового пакету.

$$i\hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} - V(x)\psi(x, t) = 0,$$

$\psi(x, 0) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-b)^2/2\sigma^2}$ , де  $\psi$  – хвильова функція,  $m$  – маса частинки,  $\hbar$  – стала Дірака,  $V(x)$  – потенціальний бар'єр. Числовий розв'язок виконано в Python з використанням бібліотек NumPy та Matplotlib. Простір і час було дискретизовано з рівномірними кроками  $\Delta x$  та  $\Delta t$ . Початковий стан задано у вигляді локалізованого хвильового пакета, що рухається у напрямку прямокутного потенціального бар'єра висоти  $V_0$  і ширини  $a$ .

Еволюція хвильової функції обчислювалася покроково в часі з контролем нормування, що забезпечує збереження повної ймовірності. Побудовані графіки залежності  $\psi^2(x, t)$  від координати дозволили наочно спостерігати відбиття та тунелювання хвильового пакета.

**Результати дослідження.** На малюнку результату моделювання процесу еволюції хвильового пакету видно, що існує ймовірність проникнення квантової частинки скрізь бар'єр навіть, якщо її енергія менше висоти бар'єру. У результаті моделювання наочно продемонстровано експоненційне згасання хвильової функції всередині бар'єра та появу трансмісованої частини за ним



Квантове тунелювання полягає в тому, що частинка може пройти крізь потенціальний бар'єр навіть за умови  $E < V_0$ , що неможливо з точки зору класичної фізики. Моделювання показало експоненційне згасання хвильової функції всередині бар'єра та появу трансмісованої частини за ним. Рух у квантових системах описується еволюцією хвильової функції, а переходи між енергетичними рівнями є лише одним із можливих типів зміни стану.

Квантові стрибки являють собою дискретні переходи системи між енергетичними станами, наприклад під час поглинання або випромінювання фотона електроном. Вони відбуваються дуже швидко та не є неперервними.

Розглянуті явища лежать в основі сучасних технологій, зокрема роботи тунельних (діодів Есакі), а також відіграють важливу роль у біофізичних процесах, таких як перенесення електронів у фотосинтезі. Хвильовий опис мікросвіту, запропонований Ервін Шредінгер, є фундаментом сучасної квантової механіки.

**Висновки.** У квантовій фізиці рух має ймовірнісний характер і описується хвильовою функцією, а не класичною траєкторією. Квантові стрибки демонструють дискретність зміни станів, тоді як квантове тунелювання показує можливість проходження частинок крізь потенціальні бар'єри.

Комп'ютерне моделювання підтвердило теоретичні висновки та наочно продемонструвало залежність ймовірності тунелювання від енергії частинки, її маси та параметрів бар'єра. Отримані результати узгоджуються з аналітичними розрахунками і підкреслюють важливість хвильової природи матерії.

## ЕВОЛЮЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ФІЗИКИ: ВІД ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ДО КВАНТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Магера Р.

Науковий керівник: Немченко К.Е.

Харківський ліцей 105, Харків, Україна

Rostmagera@gmail.com

**Вступ.** Обчислювальна фізика як самостійний науковий напрям, що виник на стику теоретичної фізики, прикладної математики та інформаційних технологій. Вона відображає фундаментальну трансформацію наукового методу: перехід від суто аналітичного опису природи до чисельного моделювання складних систем. Історично цей напрям був зумовлений кризою класичних методів, коли рівняння ставали занадто складними для аналітичного розв'язання, а поява ЕОМ (таких як ENIAC) у середині ХХ століття дала необхідний інструментарій для практичної реалізації накопичених математичних ідей.



**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз еволюції обчислювальної фізики як «третього стовпа» пізнання природи (разом із теорією та експериментом), дослідження її ключових методологічних підходів — від класичних чисельних алгоритмів до сучасних квантових обчислень — та оцінка перспектив їх застосування у 2025–2026 роках.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі фундаментальних обчислювальних методів:

Методи Монте-Карло: використання випадкових величин для інтегрування та моделювання систем із багатьма ступенями свободи.

Методи скінченних різниць: розв’язання диференціальних рівнянь за допомогою алгоритмів Ейлера, Рунге-Кутти (зокрема RK4) та Дорманда-Прінса.

Квантовий формалізм: використання концепції кубіта як одиничного вектора в Гільбертовому просторі, застосування унітарних операторів (гейтів CNOT, Адамара) та принципів квантової сплутаності (стані Белла).

Технологічна база: використання сучасних NISQ-пристроїв та хмарних платформ (IBM Quantum, Qiskit) для експериментальних розрахунків.

**Результати дослідження.**

1. Роль чисельного експерименту: на прикладі парадоксу Фермі-Паста-Улама доведено, що комп’ютерне моделювання здатне приводити до якісно нових відкриттів, таких як виявлення солітонів у нелінійних середовищах.
2. Оптимізація обчислень: встановлено, що метод Рунге-Кутти четвертого порядку (RK4) є найуживанішим завдяки оптимальному балансу між точністю (четвертий порядок апроксимації) та швидкістю.
3. Квантовий прорив: обґрунтовано механізм квантової телепортації, яка дозволяє передавати стан об’єкта через сплутані кубіти без фізичного переміщення матерії.
4. Практичні застосування (2025–2026 рр.): квантові технології демонструють потенціал у постквантовій криптографії (захист від алгоритму Шора), моделюванні ліків, матеріалознавстві та оптимізації логістичних маршрутів за допомогою гібридних алгоритмів.

**Висновки.** Обчислювальна фізика сьогодні є динамічною складовою науки, яка стирає межу між «неможливим» і «ще не відкритим». Сучасний етап розвитку характеризується інтеграцією з машинним навчанням та переходом квантових обчислень від теоретичних моделей до реальних практичних застосувань. Комп’ютерне моделювання остаточно утвердилося як самостійний і незамінний спосіб дослідження реальності, що визначає обличчя науки XXI століття.

## ТЕОРІЯ ХАОСУ ТА НАУКА ПРО СКЛАДНІ СИСТЕМИ

Ретунська Є.О.<sup>1</sup>, Стороженко І.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Харківський приватний ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

<sup>2</sup>Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

usanovaelizaveta55@gmail.com

**Вступ.** Поняття «хаос» асоціюється з безладом і відсутністю структури. Проте в сучасній математиці та фізиці цей термін має чітко визначене значення. Теорія хаосу вивчає детерміновані динамічні системи, які описуються точними математичними законами, але демонструють довгострокову непередбачуваність унаслідок надзвичайної чутливості до початкових умов. Хаос являє собою особливий тип упорядкованої, але складної динаміки.

Теорія хаосу сформувалася як складова науки про складні системи. Остання досліджує системи, що складаються з великої кількості взаємодіючих елементів і здатні до самоорганізації, нелінійної поведінки та виникнення емерджентних властивостей. До таких систем належать атмосферні процеси, екосистеми, біологічні мережі, нейронна активність мозку, фінансові ринки та багато інших природних і соціально-технічних об'єктів.

Історично передумови формування теорії хаосу пов'язані з роботами Анрі Пуанкаре наприкінці XIX століття. Досліджуючи класичну задачу трьох тіл, він виявив складну структуру розв'язків і показав, що навіть малі зміни початкових умов можуть суттєво змінювати подальшу еволюцію системи. Ці результати стали першим науковим свідченням існування складної детермінованої динаміки, яку неможливо звести до простих аналітичних формул.

Подальший розвиток теорія отримала у 1960-х роках завдяки роботам Едварда Лоренца, який досліджував спрощену модель атмосферної конвекції. Він виявив, що незначне округлення початкових даних у чисельних розрахунках призводить до радикально різних прогнозів. Це явище отримало назву «ефект метелика» і стало символом чутливості до початкових умов. Побудований Лоренцом дивний атрактор продемонстрував, що хаотична система може мати внутрішню геометричну структуру.

У 1970–1980-х роках значний внесок у розвиток теорії хаосу зробив Бенуа Мандельброт, який сформулював основи фрактальної геометрії. Фрактали — це структури з властивістю самоподібності та дробовою розмірністю, які часто виникають у хаотичних динамічних системах. У подальших дослідженнях Стівен Строгац та інші вчені систематизували математичні підходи до аналізу нелінійних режимів у фізиці, біології та технічних системах.

**Метою даної роботи** є систематизація теоретичних положень теорії хаосу та науки про складні системи, уточнення ключових понять і критеріїв хаотичності,



а також визначення методів розрізнення детермінованого хаосу та складної, але нехаотичної динаміки. Окремим завданням є окреслення можливостей прогнозування в умовах хаотичних режимів та аналіз сфер застосування відповідних моделей..

**Метод дослідження** – аналіз наукових джерел з теорії нелінійної динаміки, синергетики та теорії складних систем. Використано порівняльний підхід для зіставлення детермінованих і стохастичних моделей, а також структурно-логічний аналіз для уточнення базових понять: фазового простору, атрактора, дивного атрактора, фрактальної розмірності, показника Ляпунова та інших характеристик хаотичних систем.

**Результати дослідження.** Однією з фундаментальних ідей теорії хаосу є відмінність між детермінованими та стохастичними системами. У стохастичних процесах еволюція системи містить випадкові складові й описується ймовірнісними законами. У детермінованих системах майбутній стан повністю визначається початковими умовами та рівняннями руху. Проте деякі детерміновані системи можуть бути непередбачуваними в довгостроковій перспективі через експоненціальне зростання малих похибок. Саме такі системи називають хаотичними.

Ключовим поняттям є фазовий простір — багатовимірний простір, у якому кожна точка відповідає повному стану системи. Еволюція системи описується траєкторією в цьому просторі. З часом траєкторії можуть наближатися до певних множин, що називаються атракторами. Розрізняють кілька основних типів атракторів: точкові (стаціонарні стани), циклічні (граничні цикли), квазіперіодичні (тороїдальні структури) та дивні атрактори, характерні для хаотичних систем. Дивний атрактор має фрактальну структуру і дробову розмірність.

Фрактальна розмірність є важливою характеристикою хаотичної динаміки. На відміну від цілих топологічних розмірностей, фрактальна розмірність може набувати дробових значень і відображає складність геометричної структури атрактора. Самоподібність, притаманна фракталам, означає, що структура зберігає подібні риси на різних масштабах.

Головним формальним критерієм хаотичності є додатний максимальний показник Ляпунова. Якщо для системи максимальний показник Ляпунова  $\lambda > 0$ , це означає, що траєкторії, які стартують із близьких початкових умов, розходяться експоненційно. Така система демонструє чутливість до початкових умов і є детерміновано хаотичною. Якщо  $\lambda \leq 0$ , хаосу немає, і динаміка є регулярною або квазіперіодичною.

Додатковими ознаками хаосу є відсутність періодичності, складна структура атрактора та широкосмуговий спектр сигналу. Водночас лише спектрального аналізу недостатньо для відокремлення хаосу від випадкового шуму. Для

коректної діагностики використовують методи відновлення фазового простору на основі теореми Такенса, що дозволяє реконструювати атрактор за часовим рядом, а також статистичні тести, зокрема BDS-тест та метод сурогатних даних, які дають змогу перевірити гіпотезу про лінійність і випадковість процесу.

Особливу увагу заслуговує питання прогнозування. У хаотичних системах існує обмежений горизонт передбачуваності, який визначається величиною показника Ляпунова. Чим більший цей показник, тим швидше зростає похибка і тим коротший інтервал достовірного прогнозу. Водночас навіть за наявності хаосу можливо оцінювати статистичні характеристики, ймовірні діапазони станів та глобальні тенденції. Це пояснює, чому довгостроковий точний прогноз погоди неможливий, тоді як кліматичні тенденції можуть бути змодельовані з достатньою достовірністю.

Хаотичні режими спостерігаються в багатьох галузях. У фізиці це турбулентність та гравітаційна динаміка багатотілових систем. У біології — нелінійна регуляція популяцій та складна динаміка нейронних мереж. У медицині серцевий ритм здорової людини демонструє ознаки нелінійної та частково хаотичної динаміки, що свідчить про адаптивність регуляторних механізмів. У соціально-економічних системах спостерігаються складні нелінійні коливання, які іноді мають хаотичні властивості.

Теорія хаосу дозволяє по-новому інтерпретувати взаємозв'язок порядку та непередбачуваності. Хаос є не запереченням закономірності, а її особливою формою, в якій детермінізм поєднується з обмеженою передбачуваністю.

**Висновки.** Теорія хаосу та наука про складні системи створюють універсальну міждисциплінарну рамку для аналізу процесів різної природи та забезпечують інструменти для оцінювання меж передбачуваності й розробки стратегій керування в умовах нелінійної динаміки.

## **БІОФІЗИКА РУХУ: ВІД МОЛЕКУЛЯРНОГО ТРАНСПОРТУ ДО НЕЙРОДИНАМІКИ КОГНІТИВНИХ ПРОЦЕСІВ**

Сікорський Я.Є., Шейкіна Н.В.

Науковий керівник: Шейкіна Н.В.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

sikorskijaroslav51@gmail.com

**Вступ.** Біофізика виступає інтегративним містом між біологією та фізикою, пояснюючи механізми життєдіяльності через фундаментальні фізичні закони. Життя розглядається як безперервний рух енергії, речовини та інформації, що охоплює рівні від внутрішньоклітинного транспорту до вищих когнітивних функцій.

**Мета дослідження** – проаналізувати біофізичні механізми руху на різних рівнях організації живої матерії та вивчити роль трансформації енергії аденозинтрифосфату (АТФ) у забезпеченні біологічних функцій.

**Матеріали та методи.** Проведено теоретичний аналіз та синтез біофізичних моделей, зокрема моделі ковзаючих ниток, фізико-хімічної теорії збудження та системного підходу до біосфери. Об'єктами дослідження є молекулярні мотори, іонні канали мембран, міоцити та нейронні ансамблі.

## КІНЕЗИН

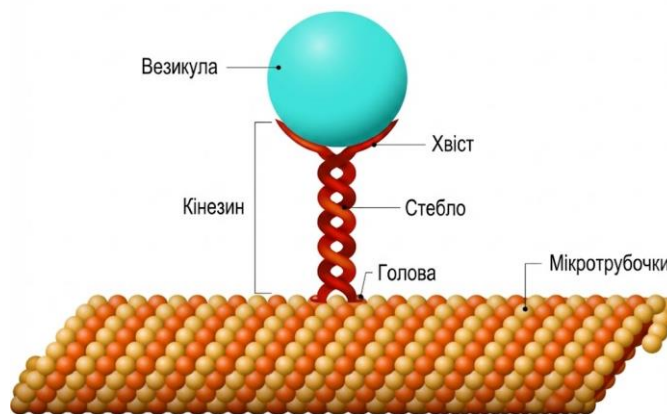


Рис.1 Кінезин як молекулярний двигун

**Отримані результати.** Досліджено функціонування моторних білків (кінезинів), які перетворюють хімічну енергію гідролізу АТФ на механічний рух вздовж мікротрубочок.

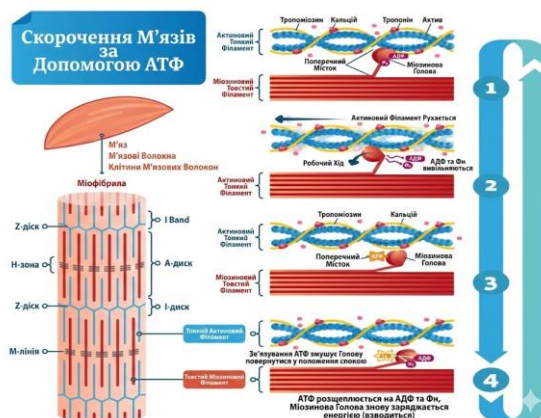


Рис.2 Модель ковзання ниток. Перетворення хімічної енергії АТФ на механічну силу м'язового скорочення

У біофізиці м'язів встановлено, що механічна робота ( $A$ ) визначається як добуток сили ( $F$ ) на відстань ( $S$ ):  $A=F*S$ . Скорочення відбувається через ковзання актинових та міозинових філаментів, де іони Кальцію ( $Ca$ ) виконують роль тригера, змінюючи конформацію тропонін-тропоміозинового комплексу.

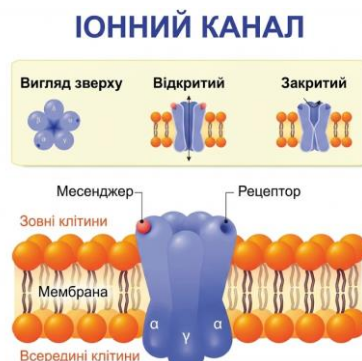


Рис.3 Схеми роботи іонного каналу. Трансмембранний іонний канал у відкритому та закритому стані



На рівні мембранної біофізики нервовий імпульс визначено як електрохімічне явище. Потенціал спокою нейрона складає приблизно  $-70.0$  мВ. Генерація потенціалу дії (ПД) базується на швидкій деполяризації

через відкриття натрієвих каналів. Встановлено, що мозок споживає до 20% енергії організму, переважно на роботу натрій-калієвого насоса, ефективність якого становить 30-40%.

Важливою складовою є "Модель Франка", яка базується на принципі єдності фізичних, хімічних та біологічних параметрів, а також на здатності систем до саморегуляції та стійкості. Мислення визначено як динамічний фізичний процес синхронізованої активності нейронів, де швидкість проведення імпульсу в мієлінізованих волокнах сягає 120 м/с.

**Висновки.** Біологічні функції ґрунтуються на законах термодинаміки та електродинаміки. Основним механізмом руху є конвертація енергії АТФ у механічну роботу або біоелектричні сигнали. Розуміння цих процесів є фундаментом для розвитку нанобіофізики, персоналізованої медицини та нейротехнологій.



## АХІЛЛЕС І ЧЕРЕПАХА. ВІД ФІЛОСОФСЬКИХ ГОЛОВОЛОМОК ПРО РУХ ДО МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Чайкін Н.О.

Науковий керівник: Гальперіна А.Р.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[nikita.chaykin10@gmail.com](mailto:nikita.chaykin10@gmail.com)

**Вступ.** Парадокс “Ахіллес та черепаха” це дуже відомий парадокс, створений античним філософом Зеноном Елейським, думка цього парадоксу - швидконогий Ахіллес ніколи не зможе наздогнати черепаха, попри те що він швидше за неї, тому що їх розділяє початкова відстань, поки Ахіллес пробіжить її, черепаха встигне відповзти від нього на ще меншу відань. Коли Ахіллес пробіжить і цей проміжок, черепаха відповзе на відстань ще меншу, і так далі, отже Ахіллес ніколи не наздожене черепаха, атже між ними завжди буде якась дистанція.

**Мета дослідження.** Провести математичний аналіз парадоксу “Ахіллес та черепаха”, та дати відповідь на питання “Чи зможе ахіллес наздогнати черепаха?”.

**Матеріали та методи.** Для цього дослідження було використано різні джерела, інтернет-ресурси та математичні методи.

**Результати дослідження.** Розглянемо парадокс математично, Ахіллес рухається зі швидкістю  $V_A$ , черепаха із  $V_C$  ( $V_A > V_C$ ), черепаха на відстані  $S$  попереду,

Ахіллес проходить  $S$ , черепаха, у свою чергу -  $S_1 = \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S$ , Ахіллес проходить  $S_1$ ,

черепаха, у свою чергу  $S_2 = \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S_1$ , і тд. Загальний час  $T$ , за який він наздожене-

сума усіх часів що були витрачені на кожен етап, а весь шлях -  $S_g$ ,  $S_g = S +$

$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + \dots = S + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot$

$S_4 + \dots = S + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot \left(\frac{V_C}{V_A}\right) \cdot S$

$+ \dots = S \cdot \left(1 + \left(\frac{V_C}{V_A}\right) + \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^3 + \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^4 \dots\right)$ , оскільки  $V_A > V_C$ , то  $\left(\frac{V_C}{V_A}\right) < 1$ ,

маємо геометричну прогресію із нескінченним числом членів, та кроком у  $\left(\frac{V_C}{V_A}\right)$

(що менше за 1). За ознакою Даламбера, якщо  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{(n+1)}}{a_{(n)}} \right| < q, q < 1$ , ряд збігається,

якщо  $q > 1$  то ряд расходиться.  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\left(\frac{V_C}{V_A}\right)^{(n+1)}}{\left(\frac{V_C}{V_A}\right)^{(n)}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{V_C}{V_A}\right) < 1$ , ряд збігається, отже

сума в дужках - кінцеве число  $P$ ,  $S_g = S \cdot P$ , тоді  $T = \frac{S_g}{V_A - V_C} = \frac{(S \cdot P)}{(V_A - V_C)}, V_A - V_C > 0, S -$

початкова відстань,  $P$  - число, тому  $T$  кінцеве число, а Ахіллес наздожене черепаху.

**Висновки.** Парадокс “Ахіллес та черепаха” має велику цінність для філософії та науки, а його автор лежить у основі Елейської школи. Проте, століття уперед, із прогресом наук, з'явилася можливість проаналізувати парадокс з математичної точки зору, та сказати, що парадокс “Ахіллес та черепаха” має чітке рішення.

## **П'ЯТИРІЧНА ПОДОРОЖ ЧАРЛЬЗА ДАРВІНА НА КОРАБЛІ «БІГЛЬ» (1831-1836 рр.)**

Шевченко-Щербина А.С., Шевченко-Щербина А.С.

Науковий керівник: Каліновська К.М.

Харківський приватний Ліцей «Ангстрем», Харків, Україна

[hohenroda@ukr.net](mailto:hohenroda@ukr.net)

**Вступ.** На початку ХІХ століття в науці домінувала ідея незмінності видів, однак геологічні дослідження вже свідчили про поступові зміни Землі. Це створювало суперечність у наукових уявленнях. Подорож Чарльза Дарвіна на кораблі «Бігль» стала важливим етапом розвитку природничих наук і дала нові факти про різноманітність та змінність живої природи, що дозволив інтегрувати ці суперечливі факти в єдину наукову систему

**Мета дослідження.** Проаналізувати перебіг експедиції корабля «Бігль» та визначити її значення для формування еволюційних поглядів Чарльза Дарвіна. Аналіз наукових результатів експедиції, дослідження взаємозв'язку між польовими спостереженнями натураліста та формуванням теорії природного добору, а також оцінка історичного значення цієї подорожі для сучасної науки.

**Матеріали та методи.** У роботі використано історичні джерела, наукові праці та польові записи Ч.Дарвіна. Застосовано методи аналізу, порівняння та узагальнення отриманих даних.

**Результати дослідження.** Під час експедиції (1831–1836) Дарвін дослідив різні регіони світу. У Південній Америці він виявив скам'янілості вимерлих тварин, подібних до сучасних видів, що свідчило про їхню спорідненість. Геологічні спостереження, зокрема землетрус у Чилі та знахідки морських решток у горах, підтвердили поступовість змін Землі. Найважливішими стали дослідження Галапагоських островів, де Дарвін встановив зв'язок між умовами середовища та особливостями організмів, що вказувало на їхню адаптацію та змінність. Зокрема дослідження морфологічних особливостей в'юрків та черепах виявило роль географічної ізоляції та адаптації до середовища у виникненні нових видів. Після повернення до Англії Ч.Дарвіном було сформульовано принципи природного добору, де виживання краще пристосованих особин веде до еволюції.



**Висновки.** Експедиція на кораблі «Бігль» відіграла ключову роль у формуванні теорії природного добору. Узагальнення отриманих даних дозволило Дарвіну довести, що види змінюються з часом і пристосовуються до умов середовища, а природа не є статичною, види змінюються під впливом природних механізмів адаптації. Публікація праці «Походження видів» (1859) стала результатом цієї експедиції та замінила надприродні пояснення життя науково обґрунтованою моделлю. Це відкриття стало основою сучасної біології.

## **ВИНИКНЕННЯ НАУКИ ПРО РУХ: ВІД ЕМПІРИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ДО МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ**

Шейкіна Н.В.

Національний фармацевтичний університет

м. Харків, Україна

[sheykina@ukr.net](mailto:sheykina@ukr.net)

**Вступ.** Механіка як наука про рух є однією з найдавніших галузей природознавства. Її витoki сягають глибокої давнини і нерозривно пов'язані з практичними потребами людини: орієнтацією у просторі й часі, землеробством, будівництвом та навігацією. Формування наукових уявлень про рух відбувалося поступово — від донаукових спостережень за небесними тілами до створення строгого математичного апарату класичної механіки та подальшого переосмислення її основ у фізиці ХХ століття. Простеження цього шляху дозволяє зрозуміти логіку розвитку природознавства загалом і виявити ключові точки концептуальних зрушень, що визначили обличчя сучасної науки.

**Мета дослідження.** Мета роботи — здійснити історико-науковий аналіз становлення наукових уявлень про рух від античності до ХХ століття, виявити ключові етапи переходу від натурфілософського до експериментально-математичного підходу та простежити, як зміна методологічних засад вплинула на формування сучасної фізичної картини світу.

**Матеріали та методи.** Матеріалом дослідження слугують першоджерела та науково-популярні тексти з історії фізики, що охоплюють період від античності до ХХ століття, зокрема відомості про наукову діяльність Аристотеля, Галілея, Ньютона, Ейнштейна та їхніх попередників.

У роботі застосовано наступні методи: історико-хронологічний — для послідовного розгляду етапів розвитку науки про рух; порівняльний аналіз — для зіставлення натурфілософського та експериментального підходів до вивчення руху; метод наукової реконструкції — для відтворення логіки концептуальних переходів від однієї парадигми до іншої.

**Отримані результати.** Аналіз розвитку науки про рух дозволив виділити чотири принципових етапи.

*Перший етап* — донауковий (до IV ст. до н. е.) характеризується накопиченням емпіричних спостережень без їх теоретичного узагальнення. Стародавні вавилоняни та єгиптяни систематично фіксували переміщення небесних тіл, керуючись суто практичними потребами — складанням календарів для організації землеробства. Принциповим досягненням цього етапу стало усвідомлення передбачуваності руху небесних тіл, що заклало основу для його подальшого пізнання.

*Другий етап* — натурфілософський (IV ст. до н. е. — XVI ст.) пов'язаний насамперед з ученням Аристотеля, який запропонував першу систематичну теорію руху. Відповідно до неї, кожне тіло прагне зайняти своє «природне місце»: важкі тіла опускаються вниз, легкі — піднімаються вгору. Рух у такій системі потребує постійно діючої причини. Незважаючи на принципову хибність цих положень з точки зору сучасної фізики, аристотелівська постановка питання «чому тіла рухаються?» стала відправною точкою наукової дискусії, що тривала понад тисячоліття.

*Третій етап* — становлення класичної механіки (XVII ст.) є переломним. Галілео Галілей здійснив методологічну революцію: замість умоглядних міркувань він застосував експеримент і вимірювання. Досліди з похилою площиною дозволили кількісно описати рівноприскорений рух, встановити незалежність часу падіння від маси тіла та сформулювати принцип інерції. Принципово новим стало твердження: для підтримання рівномірного руху сила не потрібна — сила потрібна для його зміни. Ісаак Ньютон завершив цей етап, сформулювавши у праці «Математичні начала натуральної філософії» (1687) три закони механіки та закон всесвітнього тяжіння, що дало змогу описати рух тіл від падаючого каменя до планет Сонячної системи єдиним математичним апаратом.

*Четвертий етап* — релятивістська та квантова революція (XX ст.) ознаменувався докорінним переглядом класичних уявлень. Теорія відносності Ейнштейна показала, що простір і час не є абсолютними величинами, а залежать від швидкості руху спостерігача. Квантова механіка виявила, що поведінка мікрооб'єктів — електронів, протонів та інших частинок — принципово відрізняється від класичної і не може бути описана в рамках ньютонівської парадигми. Обидві теорії розширили межі науки про рух до космологічних і субатомних масштабів.

**Висновки.** Наука про рух пройшла послідовний шлях від донаукових спостережень до строгого математичного опису, що охопив понад двадцять п'ять століть. Ключовим методологічним переломом стала наукова революція XVII століття, коли умоглядна натурфілософія поступилася місцем експериментально-



математичному методу. Саме Галілей і Ньютон здійснили перехід від питання «чому?» до питання «як саме і з якими числовими характеристиками?». Кожен концептуальний переворот у науці про рух — від Аристотеля до Ейнштейна — не скасовував попереднього знання повністю, а визначав межі його застосовності та розширював загальну картину.

Сучасне вивчення руху охоплює діапазон від субатомних частинок у прискорювачах до галактик на межі видимого Всесвіту, що свідчить про універсальність фундаментальних фізичних законів. Історія науки про рух демонструє, що прогрес знання визначається не лише новими спостереженнями, а й зміною способу мислення — готовністю поставити під сумнів усталені уявлення.

## ОБ'ЄДНАННЯ НАУК У XX СТОЛІТТІ ТА ВИНИКНЕННЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ НАПРЯМІВ

Шейкіна Н.В.

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

[sheykina@ukr.net](mailto:sheykina@ukr.net)

**Вступ.** XX століття стало переломним етапом у розвитку науки, що характеризується не лише накопиченням нових знань, а й кардинальною зміною підходів до їх організації. Традиційний поділ наук на окремі дисципліни поступово втратив свою чіткість, оскільки дослідники дедалі частіше стикалися з явищами, які неможливо пояснити в межах однієї галузі. Виявилось, що фундаментальні процеси, такі як рух, є універсальними та лежать в основі як фізичних, так і біологічних, хімічних і інформаційних систем.

Унаслідок цього виникла тенденція до інтеграції наук, що призвело до формування нових міждисциплінарних напрямів. Ці процеси не лише розширили межі наукового пізнання, але й змінили сам спосіб мислення вчених, зробивши його більш системним і комплексним.

**Мета дослідження.** Метою роботи є аналіз процесу об'єднання наук у XX столітті, виявлення ролі поняття руху як універсального принципу пізнання, а також характеристика нових міждисциплінарних наукових напрямів, що виникли внаслідок інтеграції різних галузей знань.

**Матеріали та методи.** Матеріалом дослідження є узагальнені наукові відомості про ключові відкриття XX століття в галузі фізики, хімії, біології та інформаційних наук, зокрема: розвиток квантової механіки; пояснення броунівського руху; становлення кібернетики; формування синергетики; виникнення нових міждисциплінарних наук.

У процесі дослідження використано такі методи: аналіз наукових концепцій і відкриттів; синтез для узагальнення міждисциплінарних зв'язків; порівняння різних наукових підходів; системний метод, що дозволяє розглядати науку як цілісну структуру.

**Отримані результати.** Аналіз розвитку науки у ХХ столітті показав, що ключовим фактором її трансформації стало усвідомлення універсальності руху як базового принципу функціонування всіх природних і штучних систем.

Одним із важливих етапів стало формування квантової механіки. Опис руху електронів за допомогою математичних рівнянь дозволив пояснити природу хімічних зв'язків, що призвело до виникнення квантової хімії — науки на стику фізики та хімії. Це стало прикладом ефективної інтеграції різних галузей знань. Важливим доказом універсальності законів руху стало пояснення броунівського руху, яке підтвердило існування атомів і показало, що однакові фізичні закономірності діють як на макро-, так і на мікрорівні.

Подальший розвиток науки продемонстрував, що рух притаманний не лише матеріальним об'єктам, але й інформації. Це стало основою для виникнення кібернетики — науки про управління та передачу інформації. Було встановлено, що процеси передачі сигналів у технічних системах, живих організмах і соціальних структурах мають спільні закономірності.

Ще одним важливим досягненням стало формування синергетики — науки про самоорганізацію складних систем. Було доведено, що хаотичні процеси на мікрорівні можуть призводити до виникнення впорядкованих структур на макрорівні. Це відкриття суттєво змінило уявлення про співвідношення порядку і хаосу в природі.

У результаті інтеграції наук у ХХ столітті виникли нові міждисциплінарні напрями, серед яких: біомеханіка, що досліджує рух живих організмів; молекулярна біологія, яка вивчає рух і взаємодію молекул життя; астрофізика, що аналізує рух космічних об'єктів; теорія хаосу, яка пояснює нелінійні процеси та їх наслідки.

Таким чином, рух став не лише об'єктом дослідження, а й універсальним інструментом наукового мислення.

**Висновки.** ХХ століття характеризується переходом від ізольованого розвитку наук до їх активної інтеграції та взаємодії. Універсальність поняття руху стала ключовим фактором, що об'єднав різні наукові дисципліни в єдину систему знань.

Відкриття у фізиці, хімії та біології довели, що однакові закономірності діють на всіх рівнях організації матерії. Виникнення кібернетики та синергетики розширило розуміння руху, включивши в нього інформаційні та самоорганізаційні процеси.



Формування міждисциплінарних наук стало закономірним результатом розвитку наукового пізнання та сприяло створенню цілісної картини світу. Сучасна наука розглядає рух як універсальний принцип, що лежить в основі всіх природних і соціальних явищ.

## БІОІНФОРМАТИКА ЯК МІЖДИСЦИПЛІНАРНА НАУКА ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Шейкіна Н.В.

Національний фармацевтичний університет

м. Харків, Україна

[sheykina@ukr.net](mailto:sheykina@ukr.net)

**Вступ.** Біоінформатика є сучасною міждисциплінарною галуззю науки, що поєднує біологію, інформатику, математику та статистику для аналізу великих обсягів біологічної інформації. Її розвиток зумовлений стрімким накопиченням даних про геноми, білки та клітинні процеси, що стало можливим завдяки прогресу цифрових технологій. Особливо важливим етапом становлення біоінформатики став міжнародний проєкт «Геном людини», який сприяв появі нових алгоритмів для обробки генетичних послідовностей.

Сучасна біоінформатика дозволяє досліджувати структуру та функції молекул життя, прогнозувати їх властивості та застосовувати отримані результати у медицині, фармації, генетиці та еволюційній біології. Таким чином, вона є важливим інструментом для розуміння фундаментальних механізмів функціонування живих систем.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз особливостей біоінформатики як міждисциплінарної науки, визначення її основних напрямів, методів дослідження та ролі у розвитку сучасної науки і медицини, а також узагальнення її значення для аналізу генетичних даних і прогнозування біологічних процесів.

**Матеріали та методи.** Матеріалами дослідження є сучасні теоретичні відомості про розвиток біоінформатики, її методи та напрями застосування. Основними напрямами досліджень у біоінформатиці є геноміка, протеоміка, філогенетика та структурна біоінформатика, які вивчають будову та функції геному, білків і еволюційні взаємозв'язки між організмами.

У процесі дослідження використано такі загальнонаукові методи: аналіз наукових концепцій, синтез для узагальнення міждисциплінарних зв'язків, порівняння різних наукових підходів, а також системний метод, який дозволяє розглядати біоінформатику як цілісну наукову систему.

Серед спеціалізованих методів біоінформатики важливе місце займають алгоритми вирівнювання послідовностей ДНК, зокрема BLAST, методи

прогнозування структури білків (AlphaFold), машинне навчання та побудова філогенетичних дерев. Використання баз даних GenBank, UniProt та Protein Data Bank забезпечує зберігання і доступ до значних обсягів біологічної інформації. Крім того, застосовуються методи математичного моделювання, статистичного аналізу та інструменти штучного інтелекту, які дозволяють виявляти закономірності у складних біологічних даних..

**Отримані результати.** Аналіз показав, що біоінформатика відіграє ключову роль у розвитку сучасної науки, зокрема у дослідженні генетичних механізмів функціонування організмів. Завдяки використанню обчислювальних методів стало можливим швидке секвенування геномів, порівняння біологічних послідовностей та прогнозування структури білків.

Одним із важливих досягнень біоінформатики є створення алгоритмів, що дозволяють прогнозувати тривимірну структуру білків на основі їх амінокислотної послідовності. Також біоінформатика сприяла швидкому розшифруванню геному вірусу COVID-19, що стало важливим кроком у розробці вакцин.

Встановлено, що біоінформатика активно використовується у медицині для діагностики спадкових захворювань, розробки нових лікарських препаратів, персоналізованої медицини та фармакогеноміки. Це дозволяє враховувати індивідуальні генетичні особливості пацієнтів при виборі лікування.

Крім того, біоінформатика має важливе значення для дослідження еволюційних процесів, створення нових антибіотиків та розвитку синтетичної біології.

**Висновки.** Біоінформатика є важливою міждисциплінарною галуззю науки, яка забезпечує ефективний аналіз великих обсягів біологічних даних та сприяє розвитку генетики, медицини і фармації. Використання алгоритмів, математичних моделей та методів штучного інтелекту дозволяє здійснювати прогнозування структури біомолекул, аналіз еволюційних процесів і розробку нових лікарських засобів.

Перспективи розвитку біоінформатики пов'язані з використанням нейромереж, квантових обчислень та методів синтетичної біології, що дозволить значно розширити можливості дослідження живих систем. Отже, біоінформатика є одним із ключових напрямів сучасної науки, який забезпечує перехід від накопичення даних до отримання нових знань і практичних рішень.



Наукове видання

Тези доповідей V Міжнародної науково-практичної учнівської інтернет-конференції  
«Міжпредметний проєкт MetaAngstrem 2026: Рух»

16 квітня 2026 р.

м. Харків, Україна