

Готуючи сьогоднішніх студентів до професійної діяльності, університет повинен навчити їх зазирати у майбутнє, адже їм належить жити і діяти у новому, повному змін світі.

Перед читачем – дивовижна книга. Хіба залишить Вас байдужим те, що зараз ми живемо в епіцентрі технологічного вибуху? І це – не фантастика і не перебільшення. Світ навколо нас змінюється з приголомшливою швидкістю! Чи мислимо, що багато показників нашого життя змінюються за рік навіть не на десятки відсотків, а в рази: кількість електромобілів, роботів, 3D-принтерів, сонячних електростанцій, «розумних» заводів та міст?! Мало хто замислюється над тим, що вже через десять років нам доведеться жити в зовсім іншому світі: займатися іншими справами, їсти іншу їжу, їздити на іншому транспорті, говорити іншою мовою (нехай вона і буде називатися, як і раніше). А причиною цього соціального вихору є Третя і Четверта промислові революції, що відбуваються майже одночасно.

Енергія – безпосередньо з повітря, водії-автопілоти, роботи-домогосподарки, вертикальні грядки – на житлових балконах, «надрукований» за добу будинок або автомобіль, посилки – по Інтернету, потяги – зі швидкістю звуку, керуючий заводом штучний інтелект, глобальна система пам'яті, що на наших очах перетворюється на всепланетний розум. Хіба це не вигадки фантастів? У тому і справа, що ні! Автор книги переконливо доводить це, конструюючи панораму вже найближчого майбутнього. Ця картина – із сотень деталей та епізодів, зібраних з воістину «Монблану» публікаційної «руди». Вражає список використаної літератури. У ньому – майже 650 літературних джерел.

Цю книгу по праву можна було б назвати «На порозі майбутнього». Створивши картину світу, що наближається, автор ніби запрошує поглянути на нього з його порогу,.. не нав'язуючи свої думки. Нехай кожен побачить своє...

І. К. Бистряков, д.е.н.,
професор

Леонід Мельник

«Зелена» економіка

**(Досвід ЄС та практика України
у світлі III і IV промислових революцій)**

Підручник

Суми
«Університетська книга»
2018

Leonid Melnyk

Green Economy

**(EU experience and practice of the Ukraine in the
light of the Industries 3.0 and 4.0)**

The textbook

Суми
«Університетська книга»
2018

УДК 330.342.24
ББК 65.013я73
М 48

Затверджено Вченою радою Сумського державного університету як підручник для студентів вищих навчальних закладів.

Протокол № 10 від 20 квітня 2017 року.

Рецензенти:

І. К. Бистряков, доктор економічних наук, професор, заступник директора, завідувач відділом комплексної оцінки та управління природними ресурсами Інституту економіки природокористування та сталого розвитку НАН України, м. Київ.

Т. І. Лепейко, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту і бізнесу Харківського національного економічного університету ім. С. Кузнеця, м. Харків.

В. М. Тарасевич, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної теорії Національної металургійної академії, м. Дніпро.

Підготовлено в рамках гранту ЄС Жана Моне «Using best EU practices for sustainable economy forming in Ukraine» (UBEUP) 553185-EPP-1-2014-1-UA-EPPJMO-MODULE

Л.Г. Мельник

М 48 «Зелена» економіка (досвід ЄС і практика України у світлі III і IV промислових революцій): підручник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2018. 463 с.

ISBN 978-966-680-841-0

Характеризується змістовна основа понять «сестейновий розвиток» і «сестейнова економіка». Розкривається роль Третьої та Четвертої промислових революцій у формуванні передумов сестейнового розвитку. Вивчаються напрямки та базовий інструментарій формування сестейнової економіки в ключових секторах господарства (енергетика, транспорт, будівництво, агропромисловість). Порівнюються особливості «бурої» (традиційної) та «зеленої» (сестейнової) економік. Аналізується досвід ЄС і передумови розвитку сестейнової економіки в Україні.

Для викладачів і студентів вищих навчальних закладів. Може бути корисним для фахівців підприємств та органів виконавчої влади.

УДК 330.342.24
ББК 65.013я73

ISBN 978-966-680-841-0

© Мельник Л. Г., 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА від автора	8
FOREWORD from the author	11
ПЕРЕДМОВА від проектного менеджера програми Жана Моне	13
FOREWORD from the Jean Monnet Project Officer	14
ВСТУП.....	15

Розділ 1 «ЗЕЛЕНА» ЕКОНОМІКА ЯК ОСНОВА ПЕРЕХОДУ ДО СЕСТЕЙНОВОГО РОЗВИТКУ	21
1.1. Віхи переходу до сестейнового розвитку і «зеленої» економіки	21
1.2. Екологічні та соціальні аспекти переходу до сестейнового розвитку.....	24
1.3. Зміст і особливості «зеленої» економіки	33
1.4. Людина в «зеленій» економіці	36
1.5. Складові розвитку «зеленої» економіки	45
Питання до розділу 1	48

Розділ 2 ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕСТЕЙНОВОГО РОЗВИТКУ І ФОРМУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ.....	50
2.1. Базові поняття	50
2.2. Наукові основи забезпечення сестейнового розвитку	56
2.3. Принципи забезпечення сестейнового розвитку і формування «зеленої» економіки	59
2.4. Механізм відтворення компонентів «зеленої» економіки	70
2.5. Проблеми і методи управління сестейновим розвитком.....	76
2.6. Мотиваційні інструменти сестейнізації економіки	78
Питання до розділу 2	83

Розділ 3 ІНДУСТРІЇ 3.0 І 4.0 ЯК ТРАНСФОРМАЦІЙНА ОСНОВА ФОРМУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ	85
3.1. Об'єктивні передумови виникнення Третьої і Четвертої промислових революцій	85
3.2. Основні завдання Третьої промислової революції	86
3.3. Передумови реалізації Третьої промислової революції	93
3.4. Ресурсно-технологічні виклики	95
3.5. Економічні виклики	98
3.6. Організаційні та структурні виклики	100
3.7. Контури Четвертої промислової революції	105
Питання до розділу 3	112

Розділ 4 ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНОВИ І НОВЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО	114
4.1. Адитивні технології як основа сестейнового виробництва	114
4.2. Самовідтворювальні виробничі системи	121
4.3. Революція в матеріалознавстві.....	124
4.4. Конвергенція та мініатюризація у виробництві та споживанні.....	135
4.5. Дематеріалізація як основа «зеленого» виробництва	137
4.6. Інноваційний вектор технологій	139
Питання до розділу 4	141
Розділ 5 «ЗЕЛЕНА» ЕНЕРГЕТИКА ЯК ПРОВІДНА ЛАНКА «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ	143
5.1. Сестейнізація енергетики як ключова передумова сестейнізації економіки	143
5.2. Витоки розвитку «зеленої» енергетики.....	147
5.3. Практичні кроки з розвитку альтернативної енергетики	151
5.4. Розвиток альтернативної енергетики в Україні	160
5.5. Інноваційний вектор розвитку «зеленої» енергетики	166
5.6. Ефективне акумулювання енергії	174
5.7. Формування інфраструктури та мереж «зеленої» енергетики.....	177
Питання до розділу 5	180
Розділ 6 СЕСТЕЙНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	182
6.1. Базові основи «зелених» трансформацій транспорту.....	182
6.2. Електрифікація автодорожнього транспорту	185
6.3. Електрифікація агротехніки	197
6.4. Електрифікація авіації.....	199
6.5. Електрифікація водного транспорту	210
6.6. Перехід транспорту на водень	215
6.7. Інші альтернативні джерела енергії на транспорті	226
Питання до розділу 6	230
Розділ 7 НОВІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ	232
7.1. Наземний швидкісний транспорт	232
7.2. Гібриди наземного та повітряного транспорту	243
7.3. Нові види індивідуального транспорту.....	248
7.4. Суборбітальна авіація	253
7.5. Гіперзвукова авіація нового покоління	259
7.6. Горизонти безпілотного транспорту	261
7.7. Стратегічні питання розвитку транспорту.....	276
Питання до розділу 7	284
Розділ 8 ФОРМУВАННЯ СЕСТЕЙНОВИХ ПОСЕЛЕНЬ.....	286
8.1. Завдання формування сестейнових поселень.....	286
8.2. Методологічні підходи до формування сестейнових поселень.....	288

8.3. Екологічна складова при формуванні сестейнових поселень.....	289
8.4. Сестейнове поселення як основа особистісного розвитку людини ...	293
8.5. Досвід формування сестейнового поселення вікової давнини (на прикладі Хрестовоздвиженського трудового Братства, заснованого М. М. Неплюєвим)	305
8.6. «Зелена» економіка як основа розвитку сестейнових поселень	307
Питання до розділу 8	311
Розділ 9 СЕСТЕЙНОВЕ БУДІВНИЦТВО.....	313
9.1. Основи сестейнового будівництва.....	313
9.2. Оцінка сестейнового будівництва	316
9.3. Формування зелених дахів та фасадів.....	318
9.4. Реалії сестейнового будівництва	322
9.5. Сестейнове будівництво економ-класу.....	328
9.6. Перспективи сестейнового будівництва в Україні	333
9.7. Формування сестейнових містобудівних комплексів.....	340
Питання до розділу 9	346
Розділ 10 СЕСТЕЙНОВЕ АГРОВИРОБНИЦТВО	347
10.1. Поняття про сестейнове агровиробництво	347
10.2. Передумови сестейнізації агровиробництва.....	348
10.3. Основи сестейнового агровиробництва	351
10.4. Індустріалізований напрямок сестейнізації агровиробництва	356
10.5. Органічне агровиробництво	360
10.6. Екологічна сертифікація та маркування в сфері екологічного землеробства.....	365
Питання до розділу 10	374
ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ.....	376
Зустрілися якось «Бура» і «Зелена» Економіки	376
Вітровий генератор	382
Сонячна панель.....	383
Акумулятор	386
Не в розмірах велич	389
Три D-принтер	393
Як речі свій Інтернет створили	394
Мудре дзеркало	398
Фазовий перехід	400
П'ятий вимір	403
ВИСНОВКИ	408
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	411
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	413
CONTENTS	459

ПЕРЕДМОВА від автора

Цей підручник підготовлено в рамках гранту Єврокомісії. Він названий на честь Жана Моне (Jean Omer Marie Gabriel Monnet) – французького державного діяча, який вважається одним із засновників Європейського Союзу.

Можливо, найбільш вагомою заслугою Жана Моне є те, що він одним із перших заклав у політику європейських країн вектор їх зближення та інтеграції. Чи варто зайвий раз говорити про ту обстановку недовіри, в якій після Другої світової війни перебували європейські країни. Лише за тридцятирічний період вони змушені були пережити дві кровопролитні руйнівні війни, які до того ж спопеляли сусідні країни ненавистю одна до одної. В подібних умовах важко було навіть уявити розмови про будь-які інтеграційні програми між недавніми ворогами. Одним із перших це не побоявся зробити саме Жан Моне.

У 1946–1950 роках Моне був керівником французької генеральної комісії з планування і розробляв програми модернізації французької економіки. Наприкінці 1940 років між Францією та Німеччиною виникли надзвичайно напружені відносини. Громадськість Німеччини, яка в черговий раз втратила індустриальні райони (Ельзас, Лотарингію, Саар), не могла змиритися з цим. У країні знову почали підігріватися реваншистські настрої. Громадськість Франції, до якої відійшли спірні території, вважала, що їх країна повинна володіти ними на правах переможця.

У таких умовах Жан Моне запропонував несподіване рішення: відкласти політичне вирішення питання про належність територій, а почати спільне використання на рівних їх природних ресурсів. Його ідея полягала в тому, щоб залучити в західноєвропейську гірничодобувну промисловість колишнього ворога – Німеччину. Вихід, запропонований Моне, полягав у створенні міжнародної організації, яка б взяла під свій контроль все європейське виробництво вугілля та сталі. Тим самим, з одного боку, забезпечувався б загальний ринок цих товарів, що сприяло б господарському відродженню Європи, а з іншого – жодна держава не змогла б таємно використовувати ці ресурси для військових цілей.

Після отримання згоди від канцлера ФРН Конрада Аденауера міністр закордонних справ Франції Робер Шуман озвучив ідею Моне, що стала відомою пізніше в урядовій заяві від 9 травня 1950 року як «план Шумана». Моне став першим головою створеного за участі кількох країн «Європейського об'єднання вугілля і сталі» (ЄОВС, англ. – ECSC). Об'єднання почало свою роботу в Люксембурзі 10 серпня 1952 року і стало попередником Європейської комісії.

У 1955 Моне заснував Дійсний комітет Об'єднаних держав Європи. Цей комітет, підтриманий низкою політичних партій та профспілками, став рушійною силою формування майбутнього Союзу європейських держав, включаючи створення Спільного ринку, загальноєвропейської грошово-кредитної системи та Ради Європи, а також проведення виборів до Європейського парламенту на основі загального виборчого права.

Проте успіхи інтеграційних процесів в Європі змушують замислитися про долю відтворювального механізму розвитку цих процесів у майбутньому. Суспільство здатне конструювати програми свого розвитку лише на основі тих стандартів, які закладені в його пам'яті, тобто системи накопичення, закріплення і відтворення інформації. Відповідно будь-які трансформації в суспільстві повинні починатися з коригування алгоритмів соціальної пам'яті.

Найбільш активними носіями соціальної пам'яті є самі люди. Ставши дорослими, вони реалізують ті уявлення про життєві ідеали, які засвоїли в дитинстві та юності. Саме тому так важливо, щоб молодь своєчасно сформувала багаж світогляду знань і навичок, адекватний існуючим викликам часу. Можливо, не випадково, що Європейська рада університетів заснувала програму грантів імені Жана Моне для університетів та викладачів усіх країн світу з метою навчання й досліджень у сфері європейської інтеграції.

У сучасних умовах перед людством постала одна з найбільш нагальних проблем пошуку нових підходів до вирішення колективного завдання використання єдиного природно-ресурсного потенціалу Землі. Упродовж попереднього історичного періоду це завдання вирішувалося головним чином шляхом природного добору на користь найбільш сильних у даних історичних умовах спільнот, етносів, країн.

Еволюційна тріада: мінливість, спадковість, відбір – є універсальним принципом, чинним на всіх рівнях світобудови. Функціонує він і сьогодні. У майбутнє природою відбираються лише найбільш ефективні форми систем (зокрема і громадські), тобто ті, що дозволяють домогтися мінімального виробництва ентропії в даний час і в даному просторі.

Зростання населення планети і прискорення темпів економічних процесів неухильно ведуть до своєрідного «стиснення» простору і часу людського буття. У цих умовах починають змінюватися форми економічних відносин та характер процесів, в яких відбувається відбір громадських структур. Технічний прогрес і нові форми комунікацій формують нові можливості існування і розвитку соціально-економічних систем. Сьогодні ми є свідками виникнення нової реальності. Синергетичні ефекти від спільної економічної і соціальної діяльності різних спільнот виявляються значно вищими від витрат конкурентної боротьби і потенційних вигод, що можуть отримуватися від можливих вигравів у конфліктах.

Саме цю істину (своєрідний закон) відкрив (можливо, сам того не підозрюючи) видатний діяч сучасності Жан Моне понад півстоліття тому. Подальший розвиток подій на європейському просторі довів і продовжує доводити його правоту.

Тема гранту, в рамках якого було підготовлено зазначений підручник, стосується однієї з найбільш гострих проблем людства, а саме – формування передумов сестейнового розвитку. Надзвичайно важливо, щоб до вирішення цієї проблеми залучалися ті, хто сьогодні займають місця в студентських аудиторіях. Саме їм належить в недалекому майбутньому знаходити відповіді на питання, у якому майбутньому їм доведеться жити завтра. Інтеграція й солідарність у поєднанні з конкуренцією є саме тим інструментарієм, який може ефективно вирішувати найбільш злободенні економічні, соціальні та екологічні проблеми соціально-економічного розвитку.

FOREWORD

from the author

This book was prepared within the framework of the European Commission grant. It is named after Jean Monnet (Jean Omer Marie Gabriel Monnet), a French statesman who is considered as one of the founding fathers of the European Union.

Perhaps the most significant Jean Monnet achievement is that he was one of the first makers who stated the rapprochement and integration in the policies of European countries. In the first thirty years of XX century Europe lived through two bloody and destructive wars, which withered neighboring countries with hatred for each other. Back then it was difficult even to imagine conversations about any integration programmes between recent enemies. It was Jean Monnet who was one of the first not afraid to do it.

In 1946-1950 Monnet was the head of the French general planning commission and worked out programmes for French economy modernization. In the late 1940s, extremely tense relations arose between France and Germany. German community, which once again lost their industrial regions (Alsace-Lorraine, Saar), could not accept such a loss. Revanchist moods began to appear in the country again. French population believed that withdrawn disputed territories should belong to their country, as France was one of the winners.

Jean Monnet proposed an unexpected decision: to postpone the political decision on the issue of the ownership of the territories, but to start equal sharing of natural resources. His idea was to attract the former enemy, Germany, to the West European mining industry. The way out, proposed by Monnet, was to create an international organization that would control all European coal and steel production. Thus, on the one hand, a common market for these goods would be provided, which would contribute to the economic revival of Europe, and on the other hand, no state could secretly use these resources for military purposes.

After FRG Chancellor Conrad Adenauer's consent, the Minister of Foreign Affairs of France Robert Schumann in the governmental statement of May 9, 1950 spoke Monnet idea, which became known later as the Schumann Plan. Monnet became the first chairman of an established European Coal and Steel Community (ECSC) in which several countries participated. The union began its work in Luxemburg on August 10, 1952 and became the predecessor of the European Commission.

In 1955, Monnet founded the Virtual Committee of the United States of Europe. This committee, supported by a number of political parties and trade unions, became the driving force for the formation of the future Union of European States, including the creation of the Common Market, the pan-European monetary system and the Council of Europe, as well as elections to the European Parliament on the basis of universal suffrage.

The successes of integration processes in Europe, however, make one think about the fate of the reproductive development mechanism of these processes in

future. The society is able to construct programmes of its development only on the basis of the standards that are in its memory, i.e. the system of accumulation, fixation and reproduction of information. Respectively, any transformation in society should begin with the correction of social memory algorithms.

The most active carriers of social memory are the people themselves. As adults they realize those ideas about life ideals, which they learned in childhood and adolescence. Therefore it is so important for young people to timely create a baggage of outlook, knowledge and skills adequate to the existing challenges. Perhaps it is not by chance that the European Council of Universities established a Jean Monnet grant programme for training and research in the field of European integration to universities and teachers of all countries of the world.

In modern conditions, humanity faces one of the most pressing problems of searching for new approaches to solving the collective task of using the Earth's common natural and resource potential. During the previous historical period, this task was solved mainly through natural selection in favor of the most powerful communities in the given historical conditions, ethnos, countries.

The evolutionary triad: variability, heredity, selection – is a universal principle that operates at all levels of the world. It still functions today. Nature selects to future only the most efficient forms of systems (including public), i.e. those that make it possible to achieve a minimum production of entropy at a given time and in a given space.

The growth of the world's population and the accelerating pace of economic processes are steadily leading to a kind of space and time 'squeezing' of human existence. Under these conditions, the forms of economic relations and the nature of the processes in which the selection of public structures take place are beginning to change. Technical progress and new forms of communication form new opportunities for the existence and development of socio-economic systems. Today we witness the emergence of a new reality. Synergetic effects from the joint economic and social activities of different communities are significantly higher than the costs of competitive struggle and the potential benefits obtained in the case of possible victories in conflicts.

It was this truth (a kind of a nature law), that an outstanding Jean Monnet discovered (perhaps without knowing it himself) more than half a century ago. The subsequent development in European community has proved and continues to prove this truth.

The theme of the grant for given textbook touches one of the most burning problems of mankind – the formation of sustainable development prerequisites. It is extremely important to involve students in solving this problem. In the nearest future they will have to find answers to the question, in which future they will live tomorrow. Integration and solidarity in combination with competition are these very instrument that can efficiently solve the most urgent economic, social and environmental problems of social and economic development.

ПЕРЕДМОВА

від проектного менеджера програми Жана Моне

Зовсім не випадково, що в 1989 році в контексті стрімкого розвитку процесу європейського будівництва, з появою Закону про єдину Європу і єдиного ринку, Європейська комісія започаткувала програму Жана Моне «Європейська інтеграція в університетській освіті», ініційовану європейськими університетами. Вона працює вже багато років і стала складовою програми Erasmus + 2014–2020. У рамках цієї програми отримали фінансування тисячі дослідницьких та освітніх проектів, що реалізуються всією мережею університетів та інших установ, що займаються дослідженнями проблем європейської інтеграції.

Підручник «Зелена» економіка: досвід ЄС та практика України у світлі III і IV промислових революцій» публікується в рамках модуля Жана Моне, реалізованого в Сумському державному університеті в Україні в 2014–2017 роках.

У передмові до підручника професор Леонід Мельник звертає увагу на значний внесок Жана Моне в процес європейської інтеграції. У книзі представлено економічний та соціальний розвиток об'єднаної Європи, ініційований понад 70 років тому одним із батьків-засновників ЄС. Книга буде корисною молодому поколінню студентів ЄС і близького зарубіжжя у вирішенні економічних, соціальних та екологічних проблем світового масштабу.

Необхідно додати, що цей проект демонструє дуже високий інтерес до досліджень проблем європейської інтеграції в Україні, що супроводжує і підтримує Виконавче агентство, відповідальне за програми Жана Моне в рамках програми Erasmus +.

Іоанна Пеш-Конопка,
проектний менеджер програми Жана Моне



Європейська комісія
Виконавче агентство з освіти, аудіовізуальних засобів та культури (ЕАСЕА)
Менеджмент програм і заходів від імені Європейської комісії
Erasmus +: Вища освіта – Освітні альянси, підтримка Болонського процесу, програма Жана Моне

FOREWORD

from the Jean Monnet Project Officer

It is not a coincidence that in 1989, in the context of rapid development in the European construction process, with the Single European Act and the emergence of the single market, in response to a request from the universities, the European Commission launched the Jean Monnet Action «European Integration in University Studies». This initiative, which has developed over the years and is currently integrated in the Erasmus+ Programme 2014-2020, has provided financial support to thousands of projects promoting teaching, research and policy debate, hosted by world-wide network of universities and other institutions active in the field of European integration studies.

The book “Green economy: EU experience and practice of the Ukraine in the light of the Industries 3.0 and 4.0” has been published in the framework of the Jean Monnet Module, implemented at Sumy State University, Ukraine in 2014-2017.

In the preface to the monograph, Professor Leonid Melnyk recalls the remarkable contribution of Jean Monnet to the European integration process. It goes on to attempt to demonstrate, how the economic and social development of the united Europe implemented over 70 years ago by one of the EU Founding Fathers can be a source of inspiration for the young generation of students living within and outside the EU, in a world of new economic social and environmental challenges.

It should be added that this project illustrates the particularly high interest in the European integration studies in Ukraine, which the Executive Agency, responsible for management of the Jean Monnet activities under the Erasmus+ Programme, acknowledges and supports.

JOANNA PESCH-KONOPKA
Project Officer – Jean Monnet



European Commission
Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA)
Managing programmes and activities on behalf of the European Commission
Erasmus+ : Higher Education – Knowledge Alliances, Bologna Support, Jean Monnet

ВСТУП

Компетентність та конкурентоспроможність фахівця у сучасному світі визначаються кількома ключовими компонентами: світоглядом, знаннями, навичками і вмінням командної роботи. Світогляд формується здебільшого на основі сприйняття системної сутності процесів, що відбуваються у світі, та широтою поглядів людини на взаємозв'язок і взаємозалежність різних сфер господарської діяльності. Люди приречені жити в світі, що змінюється. Рух і зміни – невід'ємні атрибути існування природи. Людське суспільство змушене постійно зазнавати власних змін. Одні з них відбуваються плавно, непомітно, поволі трансформуючи вигляд соціальних структур та виробничих систем у межах існуючих формацій. Інші, – які прийнято називати революціями, реалізуються через якісні стрибки, виводячи суспільну систему на новий рівень соціального прогресу. Саме так відбувалися зміни в період Першої та Другої промислових революцій. Перша – подарувала людству машину і поклала початок розкріпачення людини від фізичної праці. Друга – сформувала системні основи реалізації індустриального виробництва, в якому гармонійно пов'язуються керівне начало інтелекту людини з силовими функціями машини.

Сьогодні людство на порозі ще одного революційного стрибка, який можна без перебільшення назвати безпрецедентним у його історії. Мова йде про промислові революції, що стартували майже одночасно – Третю та Четверту (Industry 4.0). Перша з них покликана перевести людство на відновлювані джерела енергії й адитивні технології на основі 3D-принтерів. Усе разом повинно забезпечити скорочення енергоємності та ресурсомісткості соціально-економічних систем у рази, а іноді в десятки разів. Цим буде закладено фундамент для вирішення нагальних як екологічних, так і економічних проблем. Industry 4.0 дозволяє перенести реалізацію виробничих функцій на «плечі» кіберфізичних систем, вивільняючи саму людину для цілей її соціального (особистісного) розвитку.

Згадані революції є найбільшим трансформаційним явищем в історії людської цивілізації. Сьогодні суспільство перебуває на порозі чергового фазового переходу, який можна порівняти за своїм значенням із тими якісними стрибками, яких доводилося зазнавати людству в епохи Неолітичної і Першої промислової революцій. У наукових публікаціях поки проглядаються лише фрагментарні контури зазначеного явища.

Важливою властивістю фахівців є вміння визначати причинно-наслідкові зв'язки явищ, що відбуваються в природі та суспільстві.

Можна говорити про умовну детермінованість початку і закінчення будь-якої з революцій. Це означає, що, по-перше, діє певна причина, яка обумовлює її виникнення, тобто комплекс системних протиріч, що не можуть бути вирішені в умовах попереднього стану систем. По-друге, існує

певна об'єктивна сукупність параметрів системи, на які для вирішення згаданих суперечностей її повинна вивести революція атрактором розвитку, тобто умовною траєкторією трансформації системи.

Фундаментальною причиною всіх соціально-економічних революцій, що відбулися в історії Землі, була невідповідність обмеженої ємності природно-ресурсного потенціалу базових екосистем тим завищеним потребам у природних благах, які прагнули реалізувати соціально-економічні системи.

Сьогодні масштаби розвитку цивілізації досягли всепланетних масштабів, тому і вирішувати людству у ході сучасних соціально-економічних революцій доводиться проблеми глобальної екологічної кризи. Третя промислова революція (Т.п.р.) покликана вирішити протиріччя між обмеженою місткістю природно-ресурсного потенціалу планети і неприборканими енергетичними і матеріальними потребами людства. Це умовно можна виокремити в два взаємозв'язаних і взаємозалежних виміри – *енергетичний* і *матеріально-речовинний*.

У динамічних умовах часткої зміни гомеостазу економічних систем (їх структури та параметрів) необхідною якістю для менеджера і бізнесмена є уміння сформулювати проблему. В підручнику це показано на прикладі вирішення сучасних екологічних проблем, що повстали перед людством.

Ключову проблему, що лежить в основі енергетичного виміру, у дещо спрощеному вигляді можна сформулювати так. Виробництво людиною енергії на Землі лімітовано об'єктивними межами теплової ємності планети. Перевищення цих меж загрожує руйнуванням енергетичної системи Землі. Подібні процеси, зокрема, спричиняють явище, що виражається таким ємним поняттям, як зміна клімату планети.

З урахуванням зазначеного обмеження задоволення енергетичних потреб зростаючого населення Землі може забезпечуватися лише двома шляхами. Перший – пов'язаний з отриманням енергії без збільшення її загальної кількості, що утворюється на поверхні планети. Це може досягатися в тому випадку, якщо свої енергетичні потреби людство буде задовольняти за рахунок не виробництва додаткової кількості енергії, а перерозподілу тієї, що надходить на Землю з космосу, зокрема від Сонця. Другий шлях ґрунтується на значному зниженні енергоємності процесів життєзабезпечення людини. Перше обумовлює перехід на відновлювані джерела енергії, друге – передбачає істотне підвищення енергетичної ефективності процесів життєдіяльності людини. В цілому існує об'єктивна необхідність сумарно знизити енергоємність процесів життєдіяльності людини не на відсотки, а в рази (!). Як переконаємося далі, обидва завдання мають шанси бути вирішеними в ході Т.п.р. Розроблення й удосконалення відповідних методів вирішення цих завдань і формують загалом два найважливіших види її інновацій.

Матеріально-ресурсна проблема є не менш складною. На сьогодні виробничий комплекс використовує лише незначну частину взятих у природи ресурсів. Ліва частка видобутих із надр землі матеріальних компонентів (за деякими оцінками від 90 до 95%) повертається в природу, проте вже в значно більш токсичному і нерегульованому стані, обумовлюючи процеси руйнування і забруднення природних систем. Вихід – у переході від субтрактивного до адитивного методу виробництва. Перший базується на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу (від англ. subtract – відняти), другий, навпаки, – на додаванні (від англ. add – додати) лише необхідного, що практично усуває неминучість відходів. Застосування адитивних методів забезпечується широким впровадженням 3D-принтерів. Це і є ще однією найважливішою інновацією Т.п.р. Неважко оцінити, що потреба в сировині і матеріалах при такому підході знижується в рази, а з урахуванням ефектів мультиплікації за стадіями виробництва, то і на порядки. Адже зникає необхідність функціонування значної кількості переробних підприємств, а також потужностей, що виробляють для них відповідне обладнання.

Однак цим екологічний ефект матеріально-ресурсних інновацій Т.п.р. не вичерпується. Технологічний інструментарій, що формується в «реакторі» цієї революції, дозволяє обмежити арсенал застосованих матеріалів тими речовинами, які органічно сприймаються екосистемами планети. Зокрема, «чорнила» (так називають матеріали, з якими працюють 3D-принтери) усе більше формуються на основі кремнію й целюлози, тобто матеріалів, що, природно, властиві довкіллю, причому в значній кількості.

У постановці цілей і виборі засобів їх досягнення значну роль відіграють знання функціональних засад побудови «зеленої» економіки та фундаментальних механізмів формування і розвитку відкритих стаціонарних систем.

Сьогодні вже чітко проглядаються контури тієї економіки, формування якої повинна завершитися Т.п.р., і в межах якої будуть закладені основи кіберфізичних систем. На їх створення спрямований хід Четвертої промислової революції (Ч.п.р.). Умовно така економіка може бути названа *сестейною*, адже вона забезпечує досягнення цілей сестейного (sustainable) розвитку. Її також можна назвати *«зеленою»*, оскільки вона базується на використанні відновлюваних («зелених») природних ресурсів і «зелених» (екологічно орієнтованих) технологій.

Схематично риси названої економіки можна сформулювати так:

- використання відновлюваних ресурсів;
- замкнені цикли використання ресурсів;
- матеріальні компоненти гармонійно вписуються в екосистеми;
- стабільний обсяг індустріального метаболізму;
- дематеріалізація метаболізму (в рази!);

- ефективне акумулювання енергії;
- режим постійної самооптимізації (самонастроювання) технічних систем;
- режим постійного самовдосконалення соціально-економічних систем;
- неперевищення екологічних порогів;
- збереження біорізноманіття та екосистем;
- пріоритет відтворення особистісної основи людини.

Трансформація будь-якої системи відбувається через кількісні та якісні зміни трьох ключових груп системоутворюючих чинників: *матеріально-енергетичних* (визначають силові функції відтворення системи); *інформаційних* (формують інформаційну програму функціонування і зміни стану системи); *синергетичних* (обумовлюють реалізацію внутрішньо- і зовнішньосистемних зв'язків у системі, забезпечуючи перетворення комплексу окремих елементів системи в системне ціле). Завдання революції – сформулювати передумови для якісної зміни змісту і форм згаданих груп чинників. Цей складний процес відбувається в просторі і часі. У ньому активну роль відіграє пам'ять системи, через яку остання відбирає для свого майбутнього стану рішення, що найбільш адекватно відповідають тим цілям і завданням, в напрямку яких рухається система. В даному конкретному випадку мова йде про згадані вище цілі і завдання формування *сестейнової* («зеленої») економіки.

Працюючи над книгою, автор ставив перед собою завдання не лише показати ключові ланки і вузли того явища, яке в уявленні людей пов'язується з характерними рисами сестейнової («зеленої») економіки. Ще одним завданням було висвітлити особливості еволюційного процесу формування базових компонентів економічної системи, включаючи характеристику можливих траєкторій розвитку системи в майбутньому. Звідси в книзі з'явилася така рубрика, як «Сторінки історії», при описі того, як змінюються сьогодні окремі складові економіки (види енергії і транспорту, технології, матеріальні й інформаційні активи, зв'язки).

Розглядаючи характер процесів, що відбуваються, автор не може не відзначити колосальний динамізм зазначених змін. Іншого разу складається враження, що людство сьогодні перебуває в епіцентрі своєрідного соціально-технологічного вибуху, який реалізує фазовий перехід людства на новий цивілізаційний рівень розвитку глобальної соціально-економічної системи. Цифри і факти, наведені автором для ілюстрації процесів та явищ, що відбуваються в економіці, застарівають з «блискавичною» швидкістю. Автор добре розуміє, що на момент виходу книги значна частина наведених даних невідворотно застаріє, навіть якщо перед здачею книги до друку він наводив дані лише тижневої давнини.

І хоча це в чомусь знижує інформаційну цінність видання, такий стан справ не може не радувати автора. Це означає, що людство активно рухається до тотальної сестейнізації (зокрема екологізації) своїх базових засад і способу життя. Окремо автора радують темпи зміни української економіки, яка «встигла вскочити в останній вагон потягу», що вирушає в «зелене» й соціально орієнтоване майбутнє людства.

Автор дуже сподівається на співучасть читачів книги у формуванні віртуальних контурів майбутньої сестейнової економіки. Хочеться вірити, що на основі наведеного в книзі методологічного апарату читачі зможуть доповнити її новими фактами і збагатити власними ідеями.

У кінці підручника наведені завдання для практичної роботи студентів у командах. Вони спрямовані: по-перше, для закріплення вивченого матеріалу; по-друге, для розвитку навичок командної роботи; по-третє, для формування вмінь вести полеміку.

Треба зазначити, що дослідження, покладені в основу підручника виникли не на порожньому місці. Їм передувала робота, пов'язана з вивченням проблем екологічної економіки і сестейного розвитку науковою школою, яку представляє автор. Видання цього підручника є вже вісімнадцятою публікацією, здійсненою за даним напрямком на кафедрі економіки і бізнес-адміністрування Сумського державного університету в рамках міжнародних проектів. Цьому передували публікації:

- підручника російською та англійською мовами «Економіка природокористування» (Економика, 1998; Environmental, 1998);
- навчального посібника російською та англійською мовами «Довкілля і здоров'я» (Окружающая, 1998; Environment, 1998);
- підручника українською мовою «Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням» (Основи, 2005);
- циклу навчальних матеріалів, присвячених сестейному розвитку, українською мовою «Основи стійкого розвитку» (Основи, 2005; Основи, 2006; Основи – практикум, 2005; Мельник, 2006);
- чотирьох монографій із циклу «Методи вирішення екологічних проблем» (Методы, 2001; Методы, 2005; Методы, 2010; Методы, 2015);
- підручника російською та англійською мовами «Соціально-економічний потенціал сестейного розвитку» (Социально-экономический, 2007; Social, 2008);
- практикуму з такою самою назвою (Социально-экономический – Практикум, 2007);
- колективної монографії українською мовою «Методи оцінки екологічних втрат» (Методы, 2004) з її короткими версіями російською (Экологические, 2003) і англійською (Environmental, 2004) мовами;
- підручника російською мовою «Сестейний розвиток: теорія, методологія, практика» (Устойчивое, 2009);

➤ двох випусків колективної монографії російською мовою, присвячених дослідженню проблем інформаційного суспільства «Соціально-економічні проблеми інформаційного суспільства» (Социально-экономические, 2005; Социально-экономические, 2010).

Автор висловлює надію, що даний підручник допоможе поглибити уявлення про процеси переходу соціально-економічної системи до зеленої («сестейнової») економіки, і це дозволить наблизити її становлення.

Підручник призначений для викладачів та студентів вищих навчальних закладів. Книга також може становити інтерес для наукових співробітників, а також фахівців виробничих підприємств та органів влади різних рівнів.

Слова вдячності. Автор вдячний колегам, які взяли участь у підборі інформації до книги й апробації підготовлених матеріалів. Особливу вдячність автор висловлює Т. В. Горобченко і Ю. М. Завдов'євій, які виконали величезний обсяг роботи з технічного редагування книги і підготовки її до друку.

Розділ 1

«ЗЕЛЕНА» ЕКОНОМІКА ЯК ОСНОВА ПЕРЕХОДУ ДО СЕСТЕЙНОВОГО РОЗВИТКУ

1.1. Віхи переходу до сестейнового розвитку і «зеленої» економіки

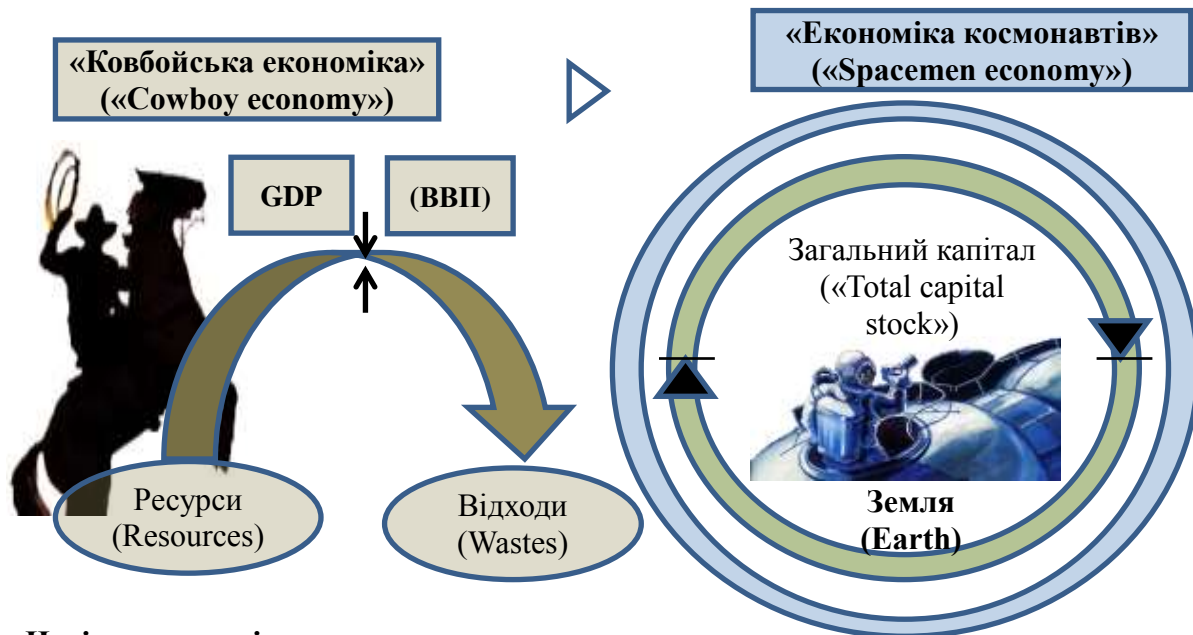
У 1966 році американський економіст Коннет Боулдінг опублікував статтю «Економіка майбутнього космічного корабля Земля» (Boulding, 1997). У загальному вигляді ключову ідею автора такого можна сформулювати таким чином. Зростання населення Землі, виснаження природних ресурсів та порушення асиміляційного потенціалу планети зумовили вичерпання можливостей «відкритої економіки», заснованої на умовно необмежених ресурсах і необмеженому потенціалі планети переробляти відходи цивілізації. Подібну економіку вчений назвав «ковбойською» за асоціацією з безкрайними рівнинами та безтурботним, споживчим способом життя.

Екологічні умови змушують переходити до нових принципів «замкненої економіки» (її автор називає «економікою космонавтів»). У ній, як і в космічному кораблі, всі джерела ресурсів і всі резервуари для відходів обмежені з точки зору як притоку, так і відтоку. Через це людина повинна організовувати свою діяльність на основі циклічних систем відтворення необхідних засобів життєзабезпечення.

Основною оцінкою успіху такої економіки будуть не кількісні показники виробництва і споживання продукції, або, інакше кажучи, не обсяги матеріально-енергетичних потоків, що переводяться з ресурсів у відходи (як це відбувається зараз, зокрема через застосування ключового економічного показника ВВП). Останнє характеризує лише пропускну здатність виробничих потужностей. Провідним же стане інший показник – якість і складність загального капіталу (total capital stock), що включає фізичний та розумовий стан людини (the state of the human bodies and minds) (Boulding, 1997) (рис. 1.1).

Чверть століття потому в 1992 р. в Ріо-де-Жанейро на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (КНСР-92) була прийнята концепція *сестейнового розвитку*, в якій фактично були відображені ідеї К. Боулдінга про його рециркуляційну «економіку космонавтів».

Згідно з визначенням, яке було прийняте в 1992 році на конференції, *сестейновим* необхідно вважати такий розвиток, який забезпечує задоволення потреб поколінь сьогодення, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби (Програма, 1993).



- Невідновлювані ресурси
- Розірвані цикли
- Зростаючий матеріальний метаболізм

- Відновлювані ресурси
- Замкнені цикли
- Сталий матеріальний метаболізм

Рисунок 1.1 – Від «ковбойської економіки» до «економіки космонавтів» (концептуальна схема переходу за Боулдінгом) (складено автором)

Однак, щоб забезпечити досягнення поставленої мети, повинна бути побудована економіка абсолютно нового типу. За формою вона може бути названа *сестейною* (адже сприяє досягненню цілей *сестейного* розвитку), а за змістом вона повинна повторювати контури «*економіки космонавтів*» (у чому ми переконуємося далі). Сестейнова економіка повинна базуватися на використанні відновлюваних ресурсів, будуватися на замкнених циклах і близьких до постійних обсягах індустріального метаболізму.

Історична довідка

- Уперше поняття «*екорозвиток*» було сформульовано Морісом Стронгом – Генеральним секретарем Першої Всесвітньої конференції з навколишнього середовища в Стокгольмі в 1972 році. Під **екорозвитком** розумівся екологічно орієнтований соціально-економічний розвиток, при якому *зростання добробуту людей не супроводжується погіршенням життєвого середовища та деградацією природних систем (United, 1972).*
 - У 1983 р. з ініціативи генерального секретаря ООН була створена Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку (МКНСР). Її очолила прем'єр-міністр Норвегії Г. Х. Брундтланд.
 - У 1987 р. був опублікований звіт МКНСР під назвою «Наше спільне майбутнє» (російський переклад – 1989 р.). Цей документ різко загострив питання про необхідність пошуку моделі розвитку цивілізації (Our, 1987).

- Комісія заявила, що економіка повинна задовольняти потреби людей, але її зростання повинно вписуватися в межі екологічних можливостей планети. Пролунав заклик до «нової ери економічного розвитку, безпечного для навколишнього середовища».
- З часу опублікування і схвалення Генеральною Асамблеєю ООН доповіді комісії Брундтланд в міжнародний обіг увійшло поняття **сестейновий розвиток** (CP) (sustainable development, що зазвичай українською мовою перекладається як «сталій, або стійкий розвиток»). Під ним розуміють таку модель соціально-економічного розвитку, при якій *досягається задоволення життєвих потреб нинішніх поколінь людей без того, щоб майбутні покоління були позбавлені такої можливості через вичерпання природних ресурсів і деградацію навколишнього середовища*. Саме це поняття стало основою визначення, представленого на Ріо-конференції. Необхідно зазначити, що це поняття принципово відрізняється від поняття «екорозвиток». Воно є значно складнішим і об'ємнішим. Зокрема, умовно кажучи, крім екологічного виміру, на якому ґрунтується поняття «екорозвиток», у ньому додано іще кілька вимірів, зокрема: соціальний, економічний, етичний.
- У 2002 році в Йоганнесбурзі відбувся другий Всесвітній саміт з питань сестейнового розвитку. На саміті були підведені деякі підсумки шляху, який людство пройшло за десять років із часу першого саміту. На Конференції була зроблена спроба трансформувати теоретичні цілі сестейнового розвитку в конкретні практичні завдання з вирішення найважливіших економічних, соціальних та екологічних проблем (Ріо-де-Жанейро, 2002; Вoon, 2004).
- У 2012 році в Ріо-де-Жанейро через 20 років після першого саміту відбувся третій Всесвітній саміт з питань сестейнового розвитку (CP). На саміті «Ріо +20» приділялася увага практичному вирішенню проблем CP; зокрема, широко обговорювалися перспективи формування «зеленої» економіки, в рамках якої б досягалися цілі CP (Ріо +20, 2012).
- У 2015 році в Нью-Йорку глави 193 країн прийняли новий документ «Цілі сестейнового розвитку» (Sustainable Development Goals), відомий ще під назвою «Глобальні цілі». У документі сформульовані 17 найважливіших стратегічних цілей сестейнового розвитку на період до 2030 року (далі формулювання цілей дано у спрощеному вигляді): 1) подолання бідності; 2) ліквідація голоду; 3) забезпечення здоров'я і благополуччя; 4) забезпечення якісної освіти; 5) гендерна рівність; 6) чиста вода і санітарія; 7) недорога і чиста енергія; 8) забезпечення сестейнового економічного зростання і гідної роботи; 9) створення необхідної інфраструктури; 10) зниження нерівності в країнах; 11) створення сестейнових поселень; 12) забезпечення моделей сестейнового споживання і виробництва; 13) запобігання зміни клімату; 14) збереження морських екосистем; 15) забезпечення цілісності екосистем суші; 16) забезпечення миру, правосуддя та ефективних громадських інститутів; 17) посилення партнерства в інтересах сестейнового розвитку. Зазначені цілі покликані замінити колишні «Цілі сестейнового розвитку тисячоліття» (Millennian Development Goals) (World, 2015).

- У 2015 році в Парижі відбувся Саміт з питань клімату. Його учасники (представники 196 країн) затвердили нову рамкову угоду ООН, що визначає норми викидів парникових газів після 2020 року і заходи щодо запобігання зміні клімату. На Саміті була узгоджена базова мета – не допустити глобального збільшення температури більше ніж на 2 °С (Paris, 2015).

Формування *«зеленої» економіки*, заснованої на принципово новому типі технології та економічних відносин, має закономірний характер. З одного боку, це обумовлено необхідністю переходу до сестейного розвитку, що дозволяє подолати загрозу глобальної екологічної катастрофи і забезпечити перехід до пріоритетів соціального (особистісного) розвитку людини. З іншого боку, досягнутий науковий і технічний рівень суспільства на сучасному етапі створює передумови до вирішення поставлених завдань.

Завдання формування *«зеленої»* (сестейної) економіки на даному етапі цивілізаційного розвитку стає можливим завдяки тому, що Третя промислова революція створює передумови для переходу на значно ефективніші технологічні рішення щодо виробництва і споживання продукції.

1.2. Екологічні та соціальні аспекти переходу до сестейного розвитку

Об'єктивні передумови переходу до сестейного розвитку мають два ключові взаємозв'язані виміри, які умовно можуть бути названі *ресурсним* і *енергетичним*.

Ресурсний вимір. Ресурсна проблема обумовлена істотним перевищенням допустимого навантаження на екосистеми, що підтримують стабільність фізичних умов життя на Землі.

На сьогодні виробничий комплекс використовує лише незначну частину видобутих природних ресурсів. Їх лівова частка (за деякими оцінками від 90% до 95%) повертається в природу, проте вже в значно токсичнішому і більш нерегульованому стані, обумовлюючи процеси руйнування і забруднення природних систем.

Про те, наскільки об'єктивний характер мають підстави для стурбованості світової громадськості проблемами глобальної екологічної кризи і зміни клімату, свідчать численні приклади. Ми проілюструємо це на прикладі індикаторів «екологічного сліду» (footprint) та показників екологічних порогів (за Н. Ф. Реймерсом).

Показник «екологічного сліду» характеризує розмір усередненої площі нашої планети (у глобальних гектарах) у розрахунку на одного жителя (або

на одиницю виробництва продукції), необхідних для забезпечення необхідними природними ресурсами та утилізації (поглинання, захоронення, очищення) відходів, що утворюються. За даними доповіді некомерційної організації Мережа глобального сліду (Global Footprint Network) і Всесвітнього фонду дикої природи (WWF) за 2014 рік, вже упродовж останніх 40 років споживання людством природних ресурсів перевищує можливості Землі до їх відтворення. За оцінками зазначених організацій, для відтворення всіх ресурсів, які споживаються людиною, щорічно потрібно використовувати природно-ресурсний потенціал, що в півтора рази перевищує можливості планети Земля. Якщо бути точним, сьогодні середнє значення «екологічного сліду» в розрахунку на одного жителя планети наближається до 2,6 глобальних гектарів при ємності біопотенціалу планети в 1,7 га на одного жителя (Global footprint, 2016). Це означає, що перевищення допустимої межі навантаження на екосистеми планети становить понад 50%. При такому гіпертрофованому навантаженні екосистеми не тільки починають гірше виконувати свої функції з відтворення природних ресурсів та очищення забруднень, але, власне, і самі починають руйнуватися під впливом екодеструктивного преса, що, у свою чергу, веде до подальшого уповільнення їх функціональної діяльності.

Надзвичайно бентежить той факт, що темпи деградації екосистем планети постійно зростають. У серпні 2017 р. вже згадані організації WWF та Global Footprint Network опублікували звіт, в якому констатували, що 2 серпня 2017 року людство перевищило витрачання ресурсів, які планета здатна відтворити лише за один рік. Інакше кажучи, за 7 місяців людство використало стільки води, повітря, тваринних і рослинних ресурсів, скільки воно повинно було використати (витратити) за 12 місяців. Зазначений показник розраховується з 1986 р. Перетинання цієї червоної межі відбувається у кожному році все раніше. Зокрема, у 1993 році це відбулося 21 жовтня, в 2003 році – 22 вересня, а в 2015 р. – 13 серпня (Человечество, 2017).

До речі, Україна займає 51-ше місце серед 121 країни за показником «екологічного сліду», маючи його значення 3,19 га. Це менше, ніж у Росії (4,4 га), ЄС (4,72 га) і США (7,19 га) (Мировая, 2012).

Вихід полягає в зміні технологічної основи існуючого виробництва і переході від субтрактивних до *адитивних* технологій. Перші базуються на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу (від англ. subtract – відняти), другі – навпаки – на додаванні (від англ. add – додати) лише необхідного, що практично усуває неминучість відходів. Реалізація зазначених технологій забезпечується широким впровадженням 3D-принтерів. Неважко оцінити, що потреба в сировині і матеріалах при такому підході знижується в рази, а з урахуванням ефектів мультиплікації за стадіями виробництва (де усувається необхідність значної кількості переробних підприємств, а також потужностей для виготовлення для них засобів виробництва), то і на порядки. Перехід до нової технологічної основи покликана

здійснити Третя промислова революція (Т.п.р.), яка розпочалася на рубежі ХХ та ХХІ століть.

Проте цим екологічний ефект матеріально-ресурсних інновацій Т.п.р. не вичерпується. Технологічний інструментарій, що формується в її ході, дозволяє обмежити матеріали, які застосовуються у виробництві, тими речовинами, що органічно сприймаються екосистемами планети. Зокрема, «чорнило» (так називаються матеріали, з якими працюють 3D-принтери) все більше виготовляється на основі кремнію і целюлози, тобто матеріалів, що переважають у природі.

Енергетичний вимір. Проблеми енергетичного виміру беруть свої витoki в ресурсному вимірі. Вони є закономірним наслідком саме перевищення допустимих меж впливу на природні системи.

Свого часу радянським ученим Н. Ф. Реймерсом були сформульовані екологічні пороги навантаження на природні системи (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Екологічні пороги за Н. Ф. Реймерсом (Реймерс, 1990)

На думку Н. Ф. Реймерса, екологічне навантаження на біосферу Землі вже наприкінці 1980 наближалось до небезпечних порогів саморуйнування енергетичної системи планети (поріг виходу зі стаціонарного стану – 0,1–1,5% від норми; поріг деградації (деструкції) – десяти частки і відсотки від норми). З того часу становище лише погіршилося.

Таким чином, ключову проблему, що лежить в основі енергетичного виміру, в дещо спрощеному вигляді можна сформулювати таким чином. Виробництво енергії на Землі досягло межі, за якою слідує руйнування енергетичної системи планети (саме такі процеси обумовлюють, зокрема, явище, що визначається таким ємним поняттям, як глобальна зміна клімату).

З урахуванням зазначеного обмеження задоволення енергетичних потреб зростаючого населення Землі може забезпечуватися лише двома шляхами. Перший – пов'язаний з отриманням енергії без збільшення її загальної кількості, що утворюється на поверхні планети. Відповідно потреби в енергії повинні задовольнятися не за рахунок виробництва додаткової кількості енергії, а за рахунок перерозподілу того енергетичного потенціалу, який надходить на Землю з космосу, зокрема від Сонця. Це обумовлює перехід на відновлювані джерела енергії.

Другий шлях пов'язується зі значним зниженням енергоємності процесів життєзабезпечення людини. Це передбачає істотне підвищення енергетичної ефективності процесів життєдіяльності людини.

Загалом обидва зазначені напрями покликані вирішити проблему, яка об'єктивно існує в економіці, а саме необхідно знизити енергоємність процесів життєдіяльності людини не на відсотки, а в рази (!). Як переконаємося далі, обидва завдання успішно вирішуються в ході Т.п.р. заради досягнення стану сестейновості (зокрема, стійкості) природи і суспільства.

Сестейновість (sustainability) – це стан упорядкованості (rearrangement) технічних, наукових, екологічних, економічних та соціальних ресурсів, який досягається і постійно підтримується на основі дії зворотних зв'язків і при якому система здатна забезпечувати динамічну урівноваженість процесів свого метаболізму в часі і просторі (Хенс и др., 2007).

Концепція сестейнового розвитку фактично передбачає підтримання сестейнового (динамічно рівноважного) стану триєдиного системного цілого, що включає три базові компоненти: людина (як біологічна істота) – природа – суспільство.

Це завдання надзвичайної складності. Адже мова йде про приведення до збалансованого стану рівнів гомеостазу (тобто відносно вузьких інтервалів зміни параметрів) трьох ключових взаємозв'язаних систем:

- організму людини (а фактично – мільярдів людей, що живуть на Землі);
- біосфери (а фактично – трильйонів особин, що утворюють екосистеми планети);
- економіки (а фактично – сотень мільйонів економічних суб'єктів, які забезпечують функціонування економічних систем світу).

Завдання це нескінченно складне ще й через динамізму зазначеної системної тріади. Будь-який її стан має відтворюватися заново щомоментно в кожній точці простору.

Щоб згадане триєдине системне ціле: «людина (в розумінні людської популяції) – біосфера – економіка» зберігало свою цілісність і стійкість, необхідно, щоб підтримувалася (точніше самопідтримувалася) стійкість кожної зі згаданих систем. Біологічна природа людини значною мірою обмежує умови середовища, в яких вона може фізично існувати, підтримуючи рівень свого гомеостазу. Будь-яке відхилення за межі допустимих порогів у той чи інший бік температури, тиску, сонячної радіації і сотень інших параметрів середовища, від яких залежать умови життя і діяльності людини, буде для неї фатальним. Але щоб підтримувати існуючі на Землі природні умови (поки що придатні для життя людини), біосфера, у свою чергу, повинна зберігати свій самовідтворювальний потенціал та параметри свого гомеостазу, а отже, кількісний склад своїх екосистем і якісні характеристики процесів, що відбуваються в них (рис. 1.3).

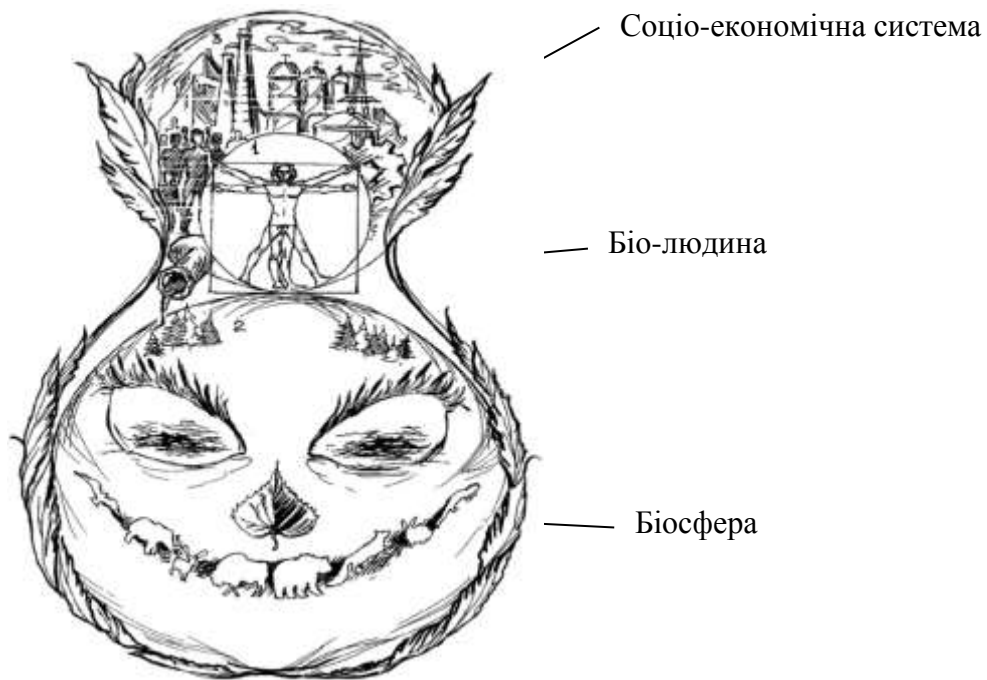


Рисунок 1.3 – Умовна схема взаємозв'язків між процесами підтримання трьох ключових систем: 1 – біологічної природи людини; 2 – біосфери; 3 – соціально-економічної системи (складено автором)

Саме біосфера забезпечує умови існування для біологічної природи людини і розвитку її особистісної (соціальної) сутності. Вона також є середовищем для функціонування соціально-економічної системи (джерело ресурсів і середовище утилізації відходів). А соціально-економічна система в кінцевому підсумку задовольняє лівову частку матеріальних та

інформаційних потреб сучасної людини. Адже сучасна людина існує саме в індустріалізованому соціальному світі. Несуча здатність біосфери та її складових екосистем може без шкоди для себе «витримати» обмежену кількість населення планети, точніше – те екологічне навантаження, яке спричиняє виробнича система, що працює, щоб прогородувати і створити умови життя для даної кількості людей, які живуть на планеті.

Якщо не змінюється технологічний рівень виробництва, і залишається незмінним рівень питомого екологічного навантаження від обслуговування одного мешканця планети (останнє вимірюється, зокрема, показниками природоємності, матеріаломісткості, енергоємності, «екологічного сліду» та ін.), то будь-яке збільшення чисельності населення автоматично посилює навантаження на природні системи Землі. Після того, як антропогенне навантаження переходить певну критичну межу, екосистеми, не витримуючи такого впливу і не встигаючи самовідтворюватися, починають руйнуватися (як це схематично показано на рис. 1.4). Це, до речі, ми і спостерігаємо зараз – як на локальному, так і на глобальному рівні.



Рисунок 1.4 – Умовна ілюстрація зміни взаємозв'язків між процесами підтримання трьох ключових систем планети при перевищенні критичного рівня екологічного навантаження, яке обумовлене зростанням кількості населення та недосконалим екологічним рівнем технології (складено автором)

Таким чином, якщо ми прагнемо зберегти несучу здатність біосфери та хочемо, щоб її екосистеми не втрачали основи своїх самовідтворювальних потенціалів, потрібно домагатися одного з двох:

1) або зупинити зростання населення планети, стабілізувавши його в межах, які здатна забезпечити життєвими ресурсами біосфера планети;

2) або навчитися так якісно трансформувати виробничий комплекс (а заодно і потреби населення), щоб питоме екологічне навантаження (в розрахунку на одного мешканця), яке діє на природу планети, знижувалося хоча б з такою самою швидкістю (краще – швидше), з якою зростає населення Землі.

Однак фізична стійкість зазначеної системи (людина – біосфера – економіка) – лише передумова того, що на Саміті в Ріо в 1992 році названо *сестейновим розвитком*. Бо цей розвиток передбачає не тільки фізичне виживання людської цивілізації, але і її неухильний соціальний прогрес. Без нього цивілізація може перетворитися в якусь подобу мурашника (за влучним висловом радянського філософа О. Зінов'єва, – «человейник»), мешканці якого виживуть, законсервувавши природні умови свого помешкання (як це зробили мурахи в своїх мурашниках), а разом із цим і рівень свого особистісного розвитку.

Парадоксом є те, що людина сама ж руйнує існуючий гомеостаз біосфери. Відбувається це з двох причин: по-перше, через зростання населення планети (новим мешканцям потрібні нові природні блага, яких на Землі залишається не задіяними все менше), по-друге, через якісну зміну потреб людей. У ході наукового прогресу з'являються нові форми впливу на довкілля. Перебудовуючи своє життя, людина змінює і природу.

Згідно з рядом прогнозів (Капица, 2010) стабілізація населення (демографічний перехід) Землі може настати в межах 2050 року.

Констатуючи незаперечливий факт негативного, руйнівного впливу виробничого комплексу на природу, не можна не визнати разом із тим значну стимулювальну роль цього явища для прогресивного розвитку людини. Уявімо собі, що людство постійно перебуває у гармонії із природою, не створюючи екологічних криз, не обумовлюючи виникнення відповідних протиріч і необхідності їх вирішення. Фактично це означатиме припинення розвитку людини і перетворення історії соціального розвитку в історію біологічного існування популяції людей.

Тому згубне з екологічної точки зору зростання населення відіграє насправді важливу роль рушійної сили соціального прогресу. За умов стабілізації кількості населення Землі людству доведеться відшукувати інші форми мотиваторів для забезпечення свого прогресивного соціального розвитку.

Отже, іще раз зазначимо. В умовах, коли процеси впливу людини на природу досягли глобальних масштабів, в її арсеналі залишилося лише два можливі шляхи для збереження стійкості природних умов на планеті (а отже, і самої себе). Перший – обмежити зростання населення Землі. Другий – навчитися змінювати процеси суспільного виробництва і споживання

продукції, зменшивши їх негативний вплив на природу. Це можна зробити, лише різко знизивши природоємність (матеріаломісткість, енергоємність) систем життєзабезпечення людини; причому швидкість цього зниження повинна обганяти темпи зростання населення або хоча б їм відповідати (Вайцзеккер и др., 2013; Сотник, 2012).

З урахуванням причинно-наслідкових зв'язків можна виділити три рівні цілей: *генеральна мета* – збереження людини як біологічного виду і прогресивний особистісний розвиток людства; *забезпечувальні* цілі – збереження умов, в яких може існувати і розвиватися людство; *підтримувальні* цілі – збереження біосфери і локальних екосистем, які підтримують умови існування людства (рис. 1.5).

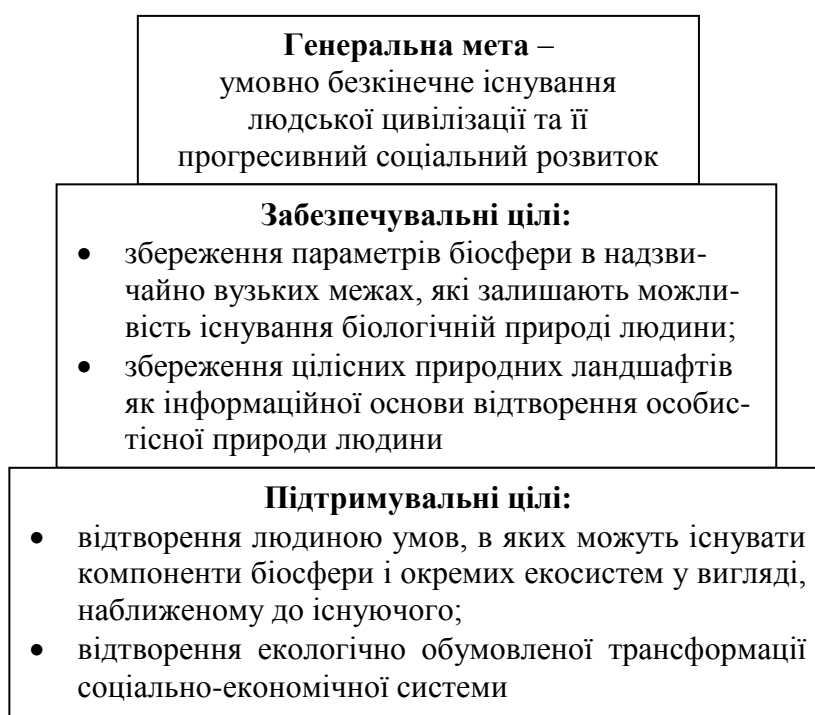


Рисунок 1.5 – Взаємозв'язок цілей сестейнового розвитку (складено автором)

Ще раз підкреслимо, що генеральна мета має два рівні виміру, або розпадається на два рівні підцілей: 1) необхідний – фізичне виживання людини біологічної; 2) достатній – особистісний розвиток людини соціальної. Обидва рівні надзвичайно важливі, хоча це не завжди відразу можна усвідомити.

Забезпечувальні цілі, виходячи з вищезазначеного, мають два рівні орієнтирів:

1) збереження в досить вузьких межах параметрів біосфери, в яких здатна існувати біологічна природа людини (тобто в яких людський організм може підтримувати рівень свого гомеостазу); серед цих параметрів

необхідно виділити ключові: характеристики клімату, фізичні параметри довкілля (температура, електромагнітні показники, космічні випромінювання, ін.), склад атмосфери та води, склад ґрунтів для виробництва продукції сільського господарства;

2) збереження цілісних природних ландшафтів, інформаційний контакт з якими життєво необхідний для відтворення особистісних властивостей соціальної людини.

Підтримувальні цілі передбачають створення (підтримання) умов, в яких можуть існувати біосфера та її складові екосистеми. Саме вони і підтримують (відтворюють) життєво важливі параметри існування людини як біологічної істоти та особистості.

Досягнення зазначених цілей – важливе завдання, яке повинна взяти на себе людина. Воно вирішується за допомогою консервування (збереження в незмінному вигляді) окремих ландшафтів дикої природи (створення заповідників) або мінімізації антропогенного впливу на екосистеми (створення заказників та природних парків), а також обмеження можливостей втручання людини в природу (розроблення і дотримання екологічних стандартів, нормування умов життя і діяльності, ін.).

Але це лише частина проблеми. Інша складова пов'язана з перебудовою людиною своєї технологічної основи. Справа в тому, що якщо чисельність населення Землі буде продовжувати зростати і далі (як це, зокрема, відбувається зараз), при збереженні існуючого технологічного рівня ніякі екологічні стандарти і обмеження не врятують екосистеми від згубного для них техногенного впливу. Технологічні системи повинні удосконалюватися так, щоб у міру зростання населення їх відносна екодеструктивність (за величиною екологічних наслідків у розрахунку на одного жителя планети) знижувалася. Причому ця екологічно обумовлена трансформація виробництва повинна відтворюватися постійно. Інакше кажучи, повинно постійно відтворюватися підвищення ефективності (зокрема коефективності) функціонування соціально-економічної системи.

До зазначеного необхідно додати, що постановка завдання, в межах якого реалізація цілей сестейнового розвитку досягалася б одночасно зі стійкістю як соціально-економічної системи, так і біосфери, серед фахівців отримала назву *сильної стійкості (сестейновості)*.

У тому випадку, якщо передбачається досягнення відносної стійкості лише соціально-економічної системи (без урахування зміни стану довкілля), говорять про *слабку стійкість*. Мабуть, такий вибір термінології не є випадковим, оскільки без забезпечення стійкості природного середовища не може бути надовго досягнута і стійкість соціально-економічної системи.

Названі проблеми і покликана вирішити *«зелена» (сестейнова) економіка*, що формується в ході Третьої промислової революції.

1.3. Зміст і особливості «зеленої» економіки

«Зелена» (сестейнова) економіка – це господарська система, що забезпечує досягнення цілей *сестейнового розвитку*.

Теорія «зеленої» економіки базується на трьох аксіомах (Бобылєв, 2012; Вернадский, 2003; Дейлі, 2002; Коммонер, 1974):

- неможливо нескінченно розширювати сферу впливу в обмеженому просторі;
- неможливо вимагати задоволення нескінченно зростаючих матеріальних потреб в умовах обмеженості ресурсів;
- усе на поверхні Землі є взаємозв'язаним.

Виходячи з існуючих природно-екологічних реалій, що накладають в кінцевому підсумку обмеження на розвиток продуктивних сил і відповідні параметри матеріально-енергетичного метаболізму людської цивілізації в умовах Землі (Global footprint, 2016), формуються основні контури сестейнової (або «зеленої») економіки (рис. 1.6), саме її покликана побудувати Третя промислова революція (Т.п.р.).

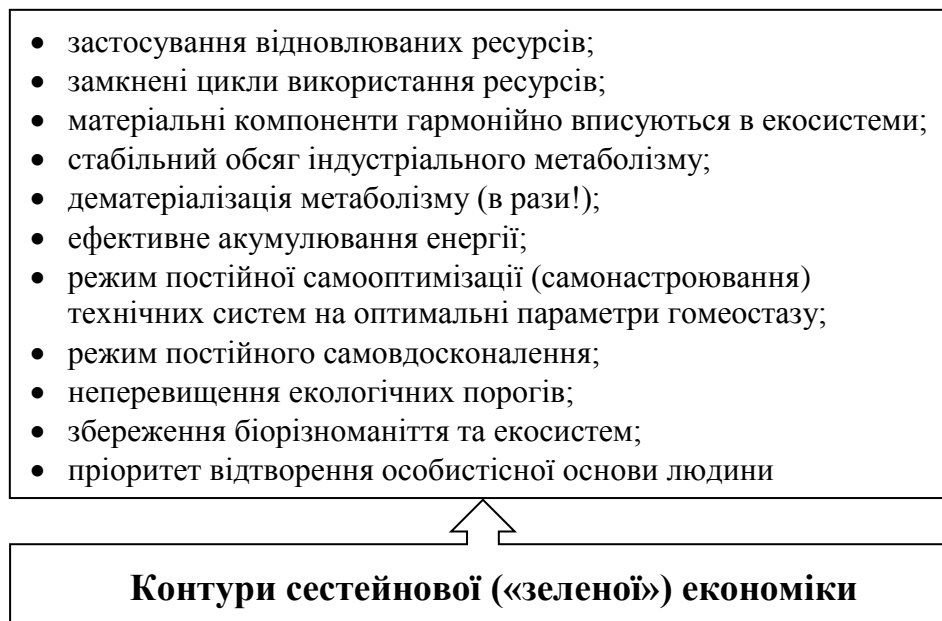


Рисунок 1.6 – Основні характеристики «сестейнової» («зеленої») економіки (складено автором)

Порівняльний аналіз особливостей традиційної та «зеленої» економік дозволяє краще зрозуміти змістовну специфіку останньої (табл. 1.1)

Характеристики «зеленої» економіки багато в чому відтворюють контури «економіки космонавтів», про яку ми згадували на початку розділу. В цьому не важко переконатися, зіставивши дані рисунків 1.6 та 1.7.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика особливостей традиційної та «зеленої» економік (складено автором)

Характеристика	Вид економіки		Приклад
	традиційна	«зелена»	
1	2	3	4
Основний вид ресурсів і джерела енергії	Невідновлюваний	Відновлюваний	В Україні значні можливості енергетики пов'язані з розвитком сонячної, вітрової і біогазової енергетик. В ЄС планується до 2020 р. довести частку відновлюваних джерел енергії (сонячні, вітрові, біогазові) – до 40%, а в Україні – до 11%
Основна база розвитку	Посилення матеріально-енергетичних факторів	Удосконалення інформаційних та енергетичних (комунікаційних) факторів	В ЄС розвивається проект формування ЕнерНету – загальноєвропейської інформаційно-енергетичної мережі
Основне завдання виробництва	Тиражування виробів та послуг	Генерування конструкторських і технологічних ідей та інновацій	Із появою 3D-принтерів проблемами забезпечення матеріального виробництва відходять на другий план
Цільова еколого-економічна політика	Економічні цілі з екологічними обмеженнями	Екологічні цілі з економічними обмеженнями	В національних і місцевих планах розвитку країн на провідні позиції виходять цілі не виробництва матеріальних благ, а формування здорової людини, особистості в здоровому середовищі
Тип природокористування	Споживання компонентів природного середовища	Використання функцій інтегрального природно-ресурсного потенціалу	Із 50 функцій лісу лише одна функція – виробництво деревини – при повному вирубуванні лісу робить неможливою використання решти 49 функцій. Актуальним є перехід на вибіркоче вирубування
Тип природоперетворення	Трансформація природних субстанцій; застосування техногенних процесів	Використання природних субстанцій, процесів і відтворювальних циклів	Заміна рільництва на органічне землеробство; використання будівельних блоків із соломи; біогазова енергетика

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Тип формування селітебної території	Індустріально-центричний: в центрі – промисловий об’єкт, помешкання – на периферії	Природоцентричний: у центрі помешкання – природний об’єкт (ліс, озеро, парк), промислове середовище – на периферії	Проекти розвитку виробництва програмного продукту за принципом: жити на природі – працювати в місті
Пріоритетний тип споживання	Матеріальні блага для забезпечення біологічної природи людини	Інформаційні блага для розвитку особистісного начала людини	Збільшення частки інформаційних благ у сімейних бюджетах в країнах ЄС
Ступінь уніфікації потреб	Конвергенція (уніфікація) потреб	Дивергенція (збільшення ступеня різноманіття) потреб	Різноманіття потреб сприяє збереженню культурного різноманіття і різноманіття екосистем
Пріоритетний тип транспортування	Транспортування матеріальних мас та енергії	Передача інформації з її матеріалізацією на місцях	Уже сьогодні в поліграфії на великі відстані передаються не матеріальні продукти, а інформація з подальшими тиражуванням на місцях. Із розвитком 3D-принтерів такий самий принцип буде використовуватися в матеріальному виробництві



Рисунок 1.7 – «Економіка космонавтів» (складено автором)

Доречно навести сформульовані Г. Дейлі принципи забезпечення базових засад «зеленої» економіки (Дейли, 2002).

- темпи використання невідновлюваних природних ресурсів не повинні перевищувати темпи заміщення невідновлюваних ресурсів на відновлювані;
- темпи використання відновлюваних природних ресурсів не повинні перевищувати темпи їх відтворення природними системами;
- межі порушення/забруднення природних систем не повинні перевищувати ємності асиміляційного/відновлюваного потенціалу (несучої здатності).

Як бачимо, ключові властивості «зеленої» економіки покликані вивести її на новий, значно вищий рівень еколого-економічної ефективності. Це дозволить виконувати її функції з мінімальним впливом на природні системи.

1.4. Людина в «зеленій» економіці

Людина як ключовий фактор економічної системи. Основною рушійною силою будь-якої соціально-економічної системи є розвиток людей. В економічній системі людина виконує ключові функції:

- *проектувальника* (засобів виробництва, конструкційних матеріалів, технологій, систем енергозабезпечення, споживчих благ, середовища проживання людини, комунікацій, ін.);
- *виробника* (усього зазначеного вище);
- *організатора* (процесів проектування, виробництва і споживання продукції);
- *комунікатора* (суб'єкта, що визначає реалізацію відносин у суспільстві);
- *споживача* (матеріальних та інформаційних благ).

Не можна зрозуміти напрямків розвитку людини, не усвідомивши системну природу її сутнісних начал.

Кожна людина являє собою єдину систему, утворену тріадою її сутнісних начал: «біо», «соціо», «трудо». «Біо» формується матеріальною природою людини і реалізується за допомогою фізіологічних процесів метаболізму, що відбуваються в її організмі. «Соціо» являє собою нематеріальне, інформаційне начало, що реалізує особистісну сутність людини. «Трудо» функціонує на основі здатності людини здійснювати роботу за рахунок інтеграції силових властивостей людини «біо» та особистісних властивостей людини «соціо». Різниця сутнісних начал людини обумовлює формування трьох різних груп потреб, які значно відрізняються одна від одної, а багато в чому навіть є взаємосуперечливими.

Із моменту формування суспільства і виникнення особистісних начал у людині відбувається формування двох взаємозв'язаних системних сутностей.

Людина продовжує залишатися одним з представників тваринного світу з властивим їй обміном речовин, терморегуляцією, рухами. Інакше кажучи, вона залишається організмом, якому для існування постійно потрібно підтримувати фізіологічні функції.

З іншого боку, в людині виникає і починає розвиватися особистісна сутність, тобто певний нематеріальний, інформаційний фантом, який споживає виключно інформацію. Цілком ймовірно, саме цю людську сутність мають на увазі, коли говорять про «душу» людини. Особистість людини може сформуватися лише в суспільстві, тобто взаємодіючи з іншими подібними особистостями. Таким чином, особистісну сутність людини можна ще назвати людиною соціальною, або «соціо».

Людина «біо». Та людина, що вийшла з тваринного світу (де вона відома за назвою *Homo sapiens*, або «Людина розумна»), донині залишається одним із його членів, хоча і перебуває на особливому положенні.

Необхідну систему умов зовнішнього середовища і внутрішньої природи людини, при якій забезпечується стійке існування людини як біологічного виду, необхідно вважати екологічним фактором її життєздатності. Створюючи необхідні умови, природа щодо людини виконує свої фізіологічні функції, забезпечує гармонію людського організму з навколишнім природним середовищем. Згодом людина навчилася в певних межах штучно оптимізувати умови свого існування. Для цього вона поставила між собою і природою техногенне середовище, в якому власне, і живе, споживаючи не менш техногенізовану продукцію (їжа, питна вода, споживчі товари, включаючи послуги) – в тому розумінні, що більша частина її виготовляється технічними засобами виробництва.

Сама людина як біологічна істота мало змінилася порівняно зі своїми предками. Простір життєстійкості людини, як і раніше, жорстко обмежений вузькими інтервалами умов природного середовища, придатних для здійснення метаболізму людським організмом.

«Лезо бритви» – так назвав свій роман відомий письменник і вчений І. Єфремов. Але ці самі слова є водночас і своєрідною формулою природних умов існування людини.

Потреби людини «біо». У загальному вигляді *фізіологічні потреби* людини можуть бути об'єднані в кілька груп:

- простір для існування;
- фізико-хімічні та біологічні властивості середовища, включаючи космічні чинники;
- повітря для дихання;

- ресурси їжі і питної води;
- можливості для рухової активності;
- інформація, необхідна для координації у просторі і часі.

Фізіологічні потреби людини є, крім усього, дуже значущим економічним фактором. Передусім тому, що задоволення фізіологічних потреб у сучасних умовах досягається головним чином за рахунок суспільного виробництва, що вимагає їх дослідження, обліку, матеріальної реалізації та, звичайно ж, значних фінансових витрат. Товари, що забезпечують задоволення фізіологічних потреб, становлять значну частину сучасного світового ринку виробів та послуг, хоча їх можуть із часом значно потіснити товари особистісного (інформаційного) попиту.

Крім того, необхідно зазначити, що задоволення фізіологічних потреб людини, гарантуючи відтворення її фізичного здоров'я, є основою забезпечення ефективної працездатності людини. Це в кінцевому підсумку є одним із ключових факторів функціонування економічної системи.

Людина «соціо». Особистість – це, умовно кажучи, певний інформаційний фантом, що живе в біологічному тілі; він споживає і виробляє лише інформацію.

З урахуванням понятійної основи, яка склалася в літературі, *людина – «соціо»*, або *особистість*, може бути визначена як стійка система соціально значущих рис, що характеризують індивіда як суб'єкта суспільних відносин і свідомої діяльності (Філософський, 1983).

В основі формування особистості лежить здатність людини приймати і відображати (переробляти, засвоювати і закріплювати) інформацію з навколишнього середовища. Невід'ємними частинами єдиного процесу відображення дійсності є: *відчуття, сприйняття, пам'ять, уява, мислення* (Столяренко, 1999).

З широкого спектру соціально значущих рис, які характеризують кожну людську особистість, можна виділити кілька найбільш істотних груп параметрів:

- *здатність сприймати, закріплювати і переробляти інформацію*; саме від цього залежить цілий ряд індивідуальних особливостей – таких, як швидкість реакції, здатність запам'ятовувати і систематизувати різні види інформації, вміння планувати, аналізувати і контролювати; ці якості надзвичайно важливі в науковій діяльності і в управлінні колективами;
- *можливість образного мислення*, тобто здатність створювати абстрактні моделі реального світу; з цим пов'язано почуття гармонії, просторове бачення, естетичне сприйняття, ін.; усі ці властивості незамінні при формуванні змістовної основи в різних видах мистецтв, а також у тих видах виробничої діяльності, які пов'язані з конструюванням, архітектурою, ін.;

- *здатність інформаційного впливу на оточуючих* – наприклад, за допомогою словесно-логічних виразів, ін.; бувають затребувані в педагогіці, театральному мистецтві, прес-медіа, рекламі;
- *здатність сприймати вплив з боку інших* (сугестивність); ця властивість є певним антиподом попередньої; це може бути корисним вихователям та вчителям;
- *психологічна стійкість*, тобто вміння зберігати здатність до інтелектуальної діяльності в різних психологічних та інформаційних умовах; від цих якостей, зокрема, залежать такі особистісні характеристики, як воля, оптимізм, схильність до лідерства, ін.;
- *здатність контролювати* (інтенсифікувати або пригнічувати) свої біологічні інстинкти; виділяють такі властивості, як витримка, сміливість, воля, витривалість, працездатність; ці властивості необхідні в широкому спектрі діяльності;
- *наявність або відсутність групової самосвідомості*, тобто всі ті властивості, які в результаті формують етику суспільних відносин (патріотизм, почуття обов'язку, альтруїзм, комунікабельність, чуйність, ін.);
- *здатність фізичного управління тілом* або різними його частинами; ці властивості виявляються затребуваними для виконавського вираження образів та реалізації виконавських форм у рухових видах мистецтв та спорті.

У кінцевому підсумку зазначені властивості і формують особистісні характеристики кожного індивіда, які передаються зазвичай такими категоріями, як: *розум, характер, воля, витримка, оптимізм, емоційність, естетичні відчуття, виразна майстерність, талант, педагогічні здібності, патріотизм, здатність до самопожертви тощо.*

Потреби людини «соціо». Формування основ інформаційного суспільства, до якого наближається людство, вимагає глибокого розуміння природи інформаційної людини, тобто людини *особистісної*. Адже в прийдешньому інформаційному суспільстві саме особистісній природі людини доведеться відіграти головну роль в економічній системі, де саме особистісна («соціо»), тобто інформаційна сутність людини буде головним *конструктором, виробником і споживачем* товарів і послуг, які з цієї причини теж будуть переважно інформаційними.

Сформулювати весь спектр особистісних потреб людини настільки ж складно, як нелегко визначити сенс життя людини соціальної. Він не тільки різний для кожної окремої особи, але і постійно змінюється з часом, навіть для одного індивіда.

Потреби людини «соціо» надзвичайно різноманітні. Їх важко систематизувати. Це і пізнання світу з відкриттям його законів і таємниць; і творчість, що дає можливість створювати абстрактні образи, які відображають явища природи (це ми називаємо мистецтвом); і максимальна реалізація

власних фізичних та інтелектуальних здібностей; і сприяння суспільному прогресу; і жадоба влади над іншими людьми; і кохання; і просто отримання радості від усвідомлення гармонії з природою; і багато іншого.

У самому першому наближенні особистісні потреби людини (тобто ті, які в кінцевому підсумку формують людину «соціо») можна умовно об'єднати в такі групи:

- забезпечення психологічного та соціального благополуччя, духовного здоров'я (розвиток почуття оптимізму, стабільності, радості життя, власної соціальної необхідності);
- можливість інформаційного пізнання світу (зокрема реалізація інстинктів пізнання);
- можливість художнього розвитку (розвиток творчих здібностей, задоволення естетичних потреб, розвиток почуття краси і гармонії);
- імпульс творчості (джерело натхнення);
- атмосфера етичного виховання і вдосконалення; саме це формує співвідношення між потребами для себе і потребами для інших людей (почуття патріотизму, схильність до самопожертви і самообмеження, почуття обов'язку, здатність до співчуття, ін.).

Фактори формування особистісних потреб людини. Особистісні властивості людини «соціо» формуються під впливом трьох груп факторів:

по-перше, фізіологічних характеристик індивіда, які він отримав у спадок від своїх батьків; саме так закладаються основні риси характеру людини, її психологічна основа, особливості психічних реакцій;

по-друге, під впливом суспільства; саме виховання і освіта, які отримує людина в родині, школі, через громадські інститути, визначають основні орієнтири її життєвого шляху; цей вплив реалізується через два канали: нематеріальний (інформаційний) і матеріальний; перший діє через контакти з іншими особистостями (саме такий вплив людина отримує завдяки спілкуванню з вчителями, акторами, тренерами, наставниками, однолітками); матеріальний канал реалізується за допомогою матеріальних об'єктів суспільного життя (інженерних та архітектурних об'єктів, книг, художніх творів, ін.);

по-третє, природних умов, тобто можливостей інформаційного контакту людини з природними ландшафтами.

Згадані дві системні сутності («біо» та «соціо») ще не повною мірою характеризують сутність та зміст людини. Третьою системною складовою є *людина трудова*, або *економічна* (людина «трудо»).

Людина «трудо» – стійка система соціально значущих рис, що характеризують індивіда як суб'єкта трудової (виробничої) діяльності.

Процес праці з точки зору його змісту є взаємодією людини з інструментами та предметами праці; це послідовне відтворення трудових циклів,

кожен з яких завершується виробництвом певного продукту (Экономическая, 1980).

У цьому процесі здійснюються низки функцій:

- *логічна*, пов'язана з визначенням мети і підготовкою процесу праці;
- *виконавська* – приведення в дію засобів праці (які залежать від стану продуктивних сил) і безпосередній вплив на предмети праці;
- *контролююча* – спостереження за технологічним процесом, ходом наміченої програми;
- *регулювальна* – коригування, уточнення заданої програми.

Кожна з цих функцій тією чи іншою мірою може бути наявною у праці окремого виконавця, але передусім це має ознаки сукупної праці. Залежно від переважання тих чи інших функцій у трудовій діяльності людини визначається складність праці, складається окреме співвідношення функцій розумової і фізичної праці, що дозволяє відносити той чи інший вид діяльності людини переважно до зазначених видів діяльності праці (Экономическая, 1980).

Людина «трудо» здійснює свою діяльність у двох сферах суспільного виробництва: матеріальній та інтелектуальній. Кожна з виробничих сфер потребує докладання як фізичної, так і розумової праці. Відповідно тут реалізуються фізіологічні можливості «біо-людини» та інтелектуальні здібності людини «соціо». Отже, «трудо» є умовною сутністю, яка синтетично вбирає в себе властивості «біо» та «соціо».

Потреби людини «трудо». Щодо економічної системи людина виступає в двох ролях:

- *виробника*;
- *споживача*.

Як споживач людина виступає носієм потреб тієї тріади підсистем («біо-трудо-соціо»), яка міститься в самій людині (рис. 1.8).

Потреби людей є необхідним компонентом економічної системи. Для її безперервного функціонування необхідно, щоб потреби людей відтворювалися постійно.

Потреби людини «трудо» як виробника визначаються трьома основними групами факторів:

- потребами в ресурсах (матеріальних, енергетичних, утилізаційних; останнє визначається наявністю достатніх «контейнерів» для відходів та відновлюваним/очисним потенціалом екосистем);
- умовами для відтворення фізіологічних кондицій людини як трудового фактора;
- умовами для відтворення особистісних якостей людини як трудового ресурсу. Як бачимо, потреби людини «трудо» пов'язані з потребами

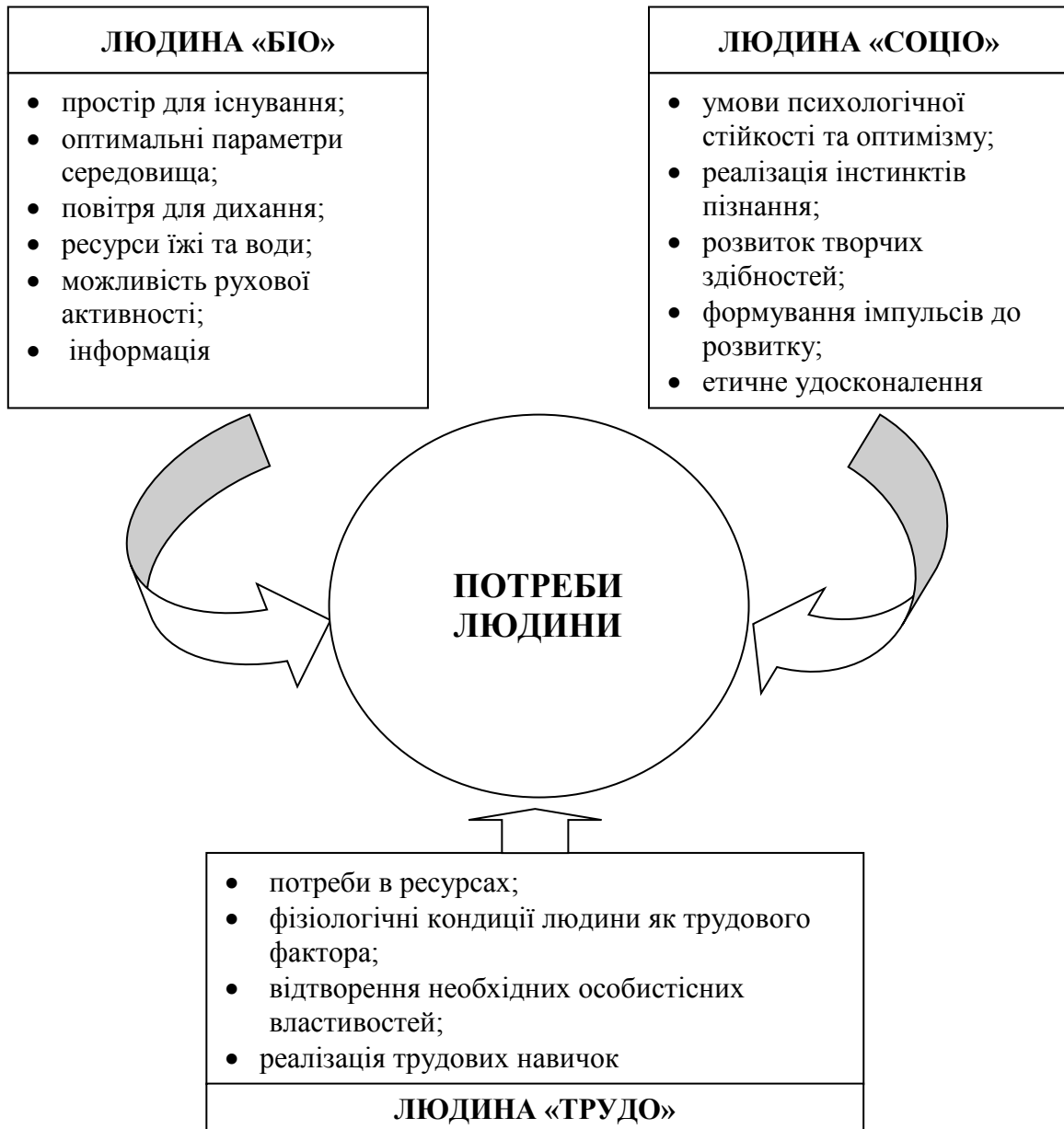


Рисунок 1.8 – Потреби людини як триєдиної системи (складено автором)

безпосередньо людини «біо» та людини «соціо». Забігаючи наперед, скажемо, що це створює підстави, щоб зв'язати фізіологічні та особистісні потреби людини з економічними оцінками, оскільки такі критерії має лише трудова діяльність людини.

Порівняльний аналіз потреб різних сутнісних начал людини. Особистісні потреби «трудо» значною мірою відрізняються від особистісних потреб людини «соціо», а в чомусь і суперечать останнім. Особливо виразно це можна простежити на потребах «трудо-» і «соціо-людини» щодо природного середовища. Така ситуація обумовлена принципово різними установками людини «трудо» і «соціо».

«Трудо-людина» змушена постійно орієнтуватися на досягнення кінцевого виробничого результату та підвищення ефективності праці. Це закономірно обумовлює її прагнення до зниження витрат, стандартизації та спрощення виробничих процесів (усунення зайвих елементів), стандартизації предметів і знарядь, праці, зокрема тих, що мають природне походження.

На відміну від людини «трудо», «соціо-людина» за своєю природою має нескінченний зміст формування своєї сутності. Це обумовлює необхідність для її розвитку, відповідно її контактів, навпаки, з цілісними, складними, нестандартним, різноманітними природними системами. У свою чергу, це визначає принципову відмінність у поведінкових установках «трудо-людини» і «соціо-людини» (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Порівняльна схема поведінкових установок-прагнень «трудо-людини» і «соціо-людини» (складено автором)

Людина «трудо»	Людина «соціо»
До кінцевого	До нескінченного (в обмеженому)
До дискретності	До цілісності
До аналізу	До синтезу
До спрощення	До ускладнення
До стандартизації (уніфікації)	До оригінальності (неповторності)
До корисності окремих компонентів природи	До цінності цілісних природних систем
До однозначності	До багатозначності
До спеціалізації	До універсальності
До однофункціональності	До багатофункціональності

Безумовно, наведений поділ людських сутностей на «біо», «трудо» і «соціо» має здебільшого умовний характер. Через те, що зазначена тріада змушена існувати в єдиному тілі, часом навіть складно виділити характерні риси кожної з цих сутностей. Своїм розумом і волею людина прагне до того, щоб цілі функціонування кожної з частин її сутнісної тріади збіглися або були близькі до цього. В цьому випадку можна вважати, що, коли настає гармонія різних начал у людині, сама вона переживає душевний комфорт.

Проведений аналіз надзвичайно важливий для формування уявлень про роль людини в економічній системі. Тут людина може виступати в кількох взаємозв'язаних ролях, про які ми вже говорили вище (конструктора, виробника і споживача).

Економічна система спрямована на задоволення потреб усіх трьох умовних складових сутнісної тріади людини. Однак структура цих сукупних потреб постійно змінюється. При цьому можна відзначити тенденцію поступового збільшення частки соціальних (особистісних) потреб людини в їх загальній структурі. Зокрема, в умовах сучасного виробництва виявляється

все простіше (в розумінні з меншими витратами) нагодувати і забезпечити умовами для проживання людину «біо» та все важче задовольнити зростаючі потреби людини «соціо», яка набуває все складніших якостей.

Інформаційні потреби людини «соціо» покликані трансформувати всю систему ціннісних орієнтирів, визначаючи своєрідне суспільне замовлення. Його основне призначення – задоволення запитів, необхідних для розвитку особистісних властивостей людини. На зміну фізіологічним потребам людини «біо» (потреби в їжі, воді, умовах проживання тощо) і технократичним інтересам людини «трудо» (прагнення до наживи, кар'єрне зростання, престиж, ін.) приходять потреби людини «соціо»: *фізичне вдосконалення, інтелектуальний розвиток, реалізація творчих здібностей, отримання знань, відпочинок, естетичне задоволення.*

Людина-споживач інформаційної економіки принципово відрізняється від людини-споживача попередніх епох. Головним є те, що всі зазначені компоненти особистісних потреб людини стають самоціллю існування, а не засобом отримання в подальшому матеріальних благ. До речі, і останні обіцяють поступово перетворюватися з першомети на засіб отримання інформаційних благ. (Так, як сьогодні автомобіль перетворюється із засобу поїздки за місто для вирощування та збирання врожаю, щоб нагодувати людину-біо на засіб для поїздки в ліс або на море для відпочинку та відтворення духовних сил).

Людина-виробник все більше переходить від впливу на матеріальні предмети праці (зміна форм, розмірів, властивостей) до впливу на інформацію (формування інформаційних образів). Навіть у разі виготовлення матеріальних виробів завдання людини-виробника все більше зміщуватиметься від трансформації матеріальних субстанцій (ця функція буде перекладатися на машини) до формування інформаційних програм комбінування і взаємодії в просторі і часі матеріальних виробничих активів.

Людина-конструктор проектує контури того середовища, де буде жити і працювати людина, а також тих продуктів, які вона буде споживати. Цілком ймовірно можна очікувати дві ключові трансформації в діяльності людини-конструктора:

- сфера споживання: перехід від проектування окремих товарів і послуг до формування життєблагодатних комплексів (створюють умови для комфортного існування людини «біо», максимального розвитку людини «соціо» та реалізації творчого потенціалу людини «трудо»);
- сфера виробництва: перехід від створення чужих (неприйнятних) природі (за своїм складом і властивостями) предметів праці та «розірваних» виробничих циклів до формування властивих природі за змістом компонентів предметів праці, виробництво і використання яких організовано за замкненими циклами.

Описані напрями зазначених змін, звичайно ж, дуже схематично характеризують лише деякі окремі риси складного багатогранного явища під назвою *інформаційна революція*.

1.5. Складові розвитку «зеленої» економіки

Аналізуючи наведені вище передумови досягнення сестейновості розвитку, можна сформулювати необхідні риси сестейнової економіки. Вони одночасно будуть позначати ті напрямки, за якими повинна просуватися сестейнізація економіки. Основними з них назвемо:

- *ресурсовідновлюваність*; принциповою основою «зеленої» економіки повинні стати відновлювані ресурси;
- *дематеріалізація*; кардинальне зниження матеріаломісткості, енергоємності та природоємності;
- *трансформаційність*; постійне просування в бік удосконалення через прогресивні трансформації;
- *інноваційність*; сприйнятливість до швидкого впровадження прогресивних інновацій;
- *натуралізація*; наближення форми задіяних матеріалів, видів енергії і технологічних процесів до тих, що існують у природі;
- *соціальна орієнтованість*; домінантною метою є перехід від пріоритету економічних цілей до пріоритету цілей соціального розвитку людини;
- *інформаційна спрямованість*; пріоритетним є інформатизація сфер виробництва і споживання продукції;
- *етизація і гуманізація економіки*; реалізація етичних принципів сестейнової справедливості;
- *синергетизація*; об'єднання окремих економічних суб'єктів у цілісні системи («системи систем»), які можуть набувати масштабів локальних, регіональних, континентальних або глобальних мереж;
- *децентралізація*; збільшення свободи окремих економічних суб'єктів у прийнятті рішень та реалізації діяльності за принципом: «центр всюди, периферія – ніде»;
- *самоорганізованість*; підвищення ступеня самоорганізації систем за принципом: «думай глобально – дій локально».

Впливаючи один на одного, зазначені характеристики формують складну багатofакторну систему функціональних властивостей соціально-економічної системи, здатної здійснити перехід до сестейнового розвитку. При цьому кожна з характеристик виступає одночасно і як мета реалізації певного напрямку, і як засіб реалізації інших характеристик (напрямків). Зокрема, *дематеріалізація* суспільного виробництва може бути досягнута

лише через *ресурсовідновлюваність*, постійну *прогресивну трансформацію* господарських систем, їх *інноваційне* оновлення, *натуралізацію* та відтворення інших зазначених характеристик, включаючи *соціальну орієнтованість*. У той самий час сама *дематеріалізація* виробництва та споживання продукції (що забезпечує істотне здешевлення та екологізацію процесів задоволення потреб), у свою чергу, є необхідним засобом переходу до *соціально орієнтованого розвитку*.

Розвиток систем передбачає збільшення ступеня їх самоупорядкування. У свою чергу, впорядкованість систем формується за чотирма основними напрямками, які умовно можуть бути названі: *матеріально-енергетичним, інформаційним, синергетичним та інтегральним*. Перші три обумовлені впливом на відповідні групи чинників формування системи, а четвертий напрям пов'язаний з інтегральним процесом відтворення всіх трьох груп факторів, тобто обумовлений впливом на весь відтворювальний феномен формування системи. Відтворювальний феномен, який реалізує в кожній природній системній сутності (від елементарної частинки до біосфери) властивість відтворювати триєдність зазначених природних начал, і є тим феноменом, через який проявляється здатність систем до їх самоорганізації.

На рис. 1.9. показана умовна схема реалізації триєдності природних начал і види процесів самоорганізації.

Пам'ятаючи про триалектичність механізму формування систем, можна сформулювати чотири ключові напрямки сестейнізації економіки:

- 1) трансформація матеріально-енергетичної складової;
- 2) удосконалення інформаційного алгоритму (програми) формування економічних систем;
- 3) удосконалення синергетичної компоненти (комунікацій, зв'язку, відносин, інфраструктури);
- 4) підвищення рівня самоорганізації економічних систем.

Для ілюстрації прикладів реалізації зазначених напрямків можна навести факти конкретних заходів, що вживаються в країнах ЄС.

- Європарламент зобов'язав усі країни ЄС довести до 2020 року рівень використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) до 20% у загальній генерації електроенергії (сьогодні вона вже наближається до зазначеної величини). До 2040 р. частку ВДЕ передбачається довести до 40%. Про реальність цих планів, свідчить досвід Німеччини, де вже сьогодні частка ВДЕ наближається до 40%. Зокрема, у березні 2017 р. частка ВДЕ тут становила 41% (Федосенко, 2017 б). А в окремі періоди (як правило, це неробочі дні, зокрема, такі періоди виявились у травні 2016 та 2017 рр. та у грудні 2016 р.) частка ВДЕ в Німеччині навіть перевищує 85% добового споживання енергії (Кулег, 2017 в). Близько 90% усіх сонячних панелей у

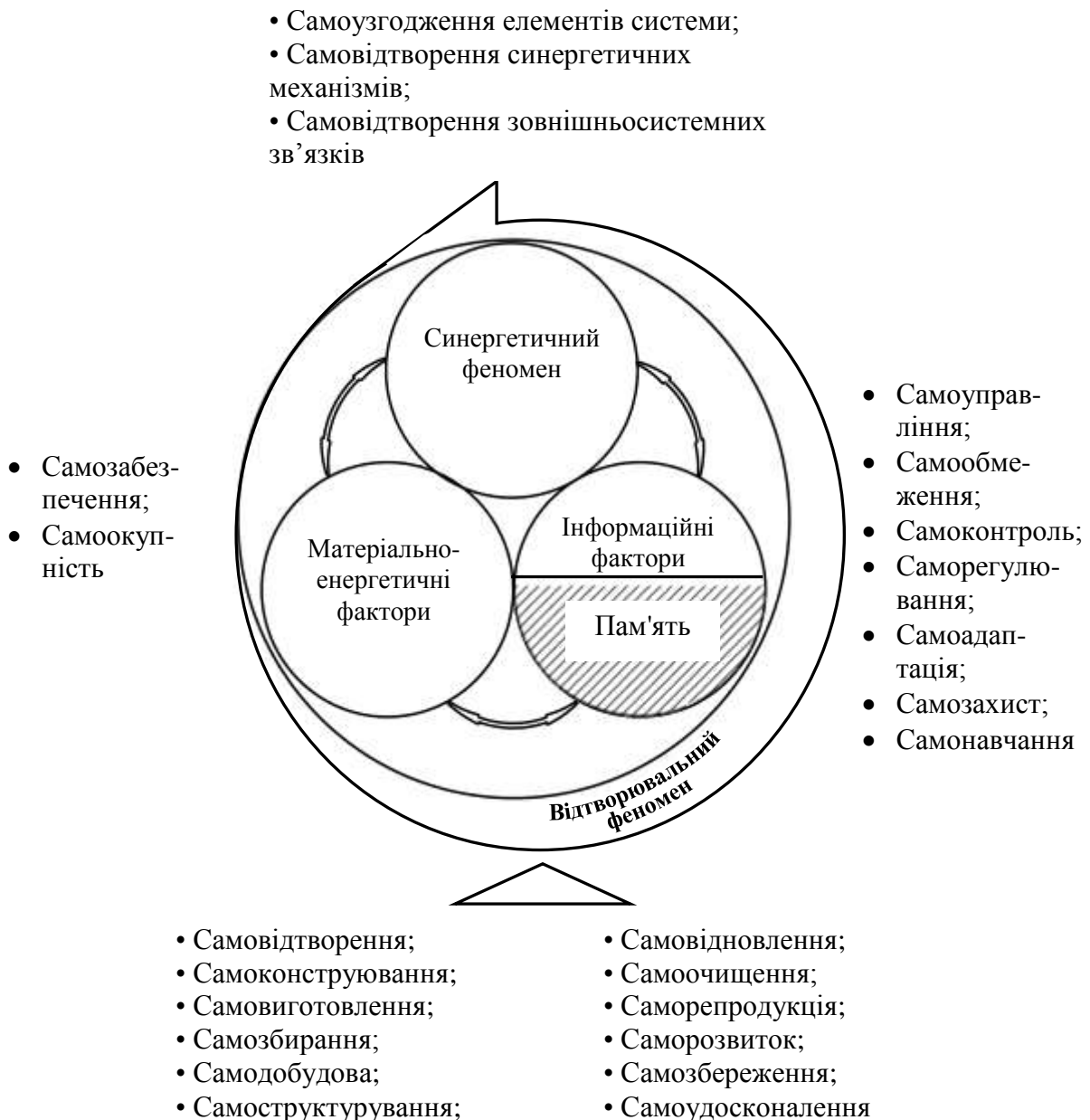


Рисунок 1.9 – Напрямки самоорганізації систем (складено автором)

Німеччині розташовані на дахах будинків. У Європі – близько 200 млн будинків, і одна з цілей програми – в найближчі 40 років оснастити такими міні-електростанціями кожну з будівель. Такі заходи передбачається поєднувати з енергозбереженням. У планах – на 80% скоротити потреби в електроенергії (Перелет, 2017).

- Згідно з рішенням Єврокомісії з 2019 року всі громадські будівлі в Європі повинні задовольняти принципи nZEB (nearly Zero-Energy building – будівлі з близько нульовим енергоспоживанням), а з 2021 року – взагалі всі нові будівлі. При цьому багато будинків переводяться на замкнені схеми використання води. Всі будинки перетворюються в міні-електростанції для

«збирання» сонячної, вітрової, теплової (підземної) та біогазової енергій. Сам же будинок перетворюється в «розумну» автоматизовану систему, що керує в оптимальному режимі інженерними пристроями (Перелет, 2017). Вже сьогодні в Німеччині багатопверхівки покривають до 50% власних електропотреб завдяки встановленим на дахах сонячним електростанціям (Яковлева, 2017 а).

- Передбачається створити єдину в масштабах усіх країн Євросоюзу інформаційно-енергетичну систему – ЕнерНет (EnerNet), яка б забезпечувала збирання (від окремих джерел – міні-електростанцій), передачу, зберігання, перетворення та використання електричної енергії в найбільш ефективному режимі. Передбачається взаємний обмін енергопотоками між окремими регіонами (зокрема, вдень південні європейські країни будуть поставляти північним енергію, зібрану сонячними батареями і біогазовими установками, а вночі північні країни будуть поставляти енергію, генеровану на гідроакмулювальних станціях) (Третья, 2012).

Одним з істотних компонентів реалізації «зеленої» економіки є формування *сестейнового попиту*, тобто попиту на товари (вироби та послуги), що сприяють досягненню цілей сестейнового розвитку. Тут мова йде передусім про інформаційні товари, що створюють умови для розвитку особистісного начала людини (послуги освіти й охорони здоров'я, вироби і послуги культури і мистецтва, туризм, наукова діяльність, ін.). Їх частка в структурі споживчого попиту повинна неухильно зростати. Це значною мірою сприятиме і зниженню екологічного навантаження на природне середовище. Адже у зазначених секторах при виробництві продукції частка інформації, яка виступає у ролі вихідного ресурсу, як правило, значно перевищує частку матеріалів та енергії.

Питання до розділу 1

1. У чому суть «економіки космонавтів», концепція якої була сформульована К. Боулдінгом? Яким чином вона пересікається з концепцією сестейнового розвитку?
2. Дайте визначення сестейнового розвитку. Охарактеризуйте його зміст.
3. Охарактеризуйте історію розроблення та прийняття концепції сестейнового розвитку. Чим поняття «сестейновий розвиток» відрізняється від поняття «екорозвиток»?
4. Охарактеризуйте цілі сестейнового розвитку. Де і коли вони були прийняті?
5. За рахунок яких технологічних рішень у ході Третьої промислової революції вирішується матеріально-ресурсна проблема.
6. Коротко охарактеризуйте адитивні методи в технології. Чим вони відрізняються від субтрактивних і на основі чого реалізуються?

7. Що таке екологічні пороги? Коротко охарактеризуйте екологічні пороги за Н.Ф. Реймерсом.
8. Яку найважливішу екологічну проблему доводиться вирішувати людству? Чим обумовлені шляхи її вирішення?
9. Поясніть таке поняття, як «сестейновість»? Чим обумовлена складність досягнення сестейновості природно-ресурсного потенціалу на Землі?
10. Які три відкриті стаціонарні системи задіяні у забезпеченні сестейновості природно-ресурсного потенціалу планети?
11. Концептуально охарактеризуйте основні шляхи досягнення сестейновості природно-ресурсного потенціалу планети.
12. Що таке «сильна» і «слабка» сестейновість?
13. Які рівні цілей сестейнового розвитку можна назвати?
14. Охарактеризуйте генеральну мету сестейнового розвитку?
15. Охарактеризуйте забезпечувальні цілі сестейнового розвитку.
16. Охарактеризуйте підтримувальні цілі сестейнового розвитку.
17. Яка мотиваційна роль виникнення екологічних проблем в історії людства?
18. Що таке «зелена» економіка? Чому її ще можна назвати сестейною?
19. На яких трьох аксіомах будується теорія «зеленої» економіки?
20. Які основні характеристики «зеленої» (сестейнової) економіки можна назвати?
21. Назвіть основні відмінності традиційної («бурої») і «зеленої» (сестейнової) економік.
22. У чому ознаки «зеленої» економіки збігаються з контурами «економіки космонавтів» Боулдінга?
23. Охарактеризуйте сформульовані Г. Дейлі принципи забезпечення базових засад «зеленої» економіки.
24. Які функції виконує людина як ключовий фактор економічної системи? Яка її роль у переході до «зеленої» економіки?
25. Тріада яких начал утворює системну сутність людини?
26. Охарактеризуйте системну сутність біологічного начала людини та її потреби.
27. Охарактеризуйте системну сутність особистісного начала людини та його потреби.
28. Які фактори формують особистісні риси людини?
29. Охарактеризуйте системну сутність трудового начала людини та її потреби.
30. Яка роль потреб людини у функціонуванні і розвитку «зеленої» економіки?
31. Порівняйте поведінкові прагнення «трудо-людини» і «соціо-людини». Дайте їм оцінку.

Розділ 2

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕСТЕЙНОВОГО РОЗВИТКУ І ФОРМУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ

2.1. Базові поняття

Явище *розвитку* нерозривно пов'язане з поняттям *системи*. Якщо щось і здатне розвиватися, то воно обов'язково є системою. Все в світі – від найдрібніших частинок до мегакосмічних утворень – є системами і, у свою чергу, складається з систем.

Система – будь-яка сукупність елементів (підсистем), об'єднаних між собою в єдине ціле процесами взаємодії (матеріально-інформаційного обміну) для реалізації загальної функції (досягнення спільної мети).

Коротке античне визначення системи: ціле, що більше за суму його частин (Реймерс, 1990).

Розвиватися можуть не будь-які системи, а лише такі, які здатні до самоорганізації, тобто ті, що в змозі самі контролювати свою діяльність, забезпечуючи необхідні для обміну із зовнішнім середовищем і між частинами самої системи внутрішні параметри свого стану.

У свою чергу, для того, щоб система була самоорганізованою, вона повинна мати дві необхідні властивості. Вона повинна, по-перше, *відкритою*, а, по-друге, – *стаціонарною*.

Відкритість системи обумовлена самим фактом необхідності вилучення системою енергії із зовнішнього середовища. Будь-які процеси самоорганізації системи (контроль за параметрами зовнішнього середовища, пересування, перебудови внутрішнього стану та ін.) не можуть здійснюватися без витрат енергії. Поповнювати запаси витраченої енергії (як, наприклад, це роблять біологічні організми) система може тільки ззовні. Для цього вона повинна бути відкритою для обміну речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем. Зокрема, із зовнішнього середовища система вилучає необхідні матеріальні та інформаційні ресурси. Туди ж, у середовище, вона видаляє відходи своєї життєдіяльності.

Відкритість системи – лише *необхідна* передумова забезпечення її життєдіяльності. *Достатньою* передумовою є ефективний обмін речовинами, енергією та інформацією, по-перше, між системою і зовнішнім середовищем, а по-друге, між окремими частинами самої системи. В ході зовнішньосистемного обміну система підживлюється із зовнішнього середовища енергією і речовинами, а також видаляє туди відходи своєї життєдіяльності. В ході внутрішньосистемного обміну відбувається обробка матеріально-інформаційних потоків. Із них вилучається необхідна для існу-

вання системи енергія, а також конвертація (перетворення) отриманих речовин та енергії в перебудову (розвиток) самої системи.

Зазначені процеси обміну прийнято називати *метаболізмом* (від грецьк. «метаболіт» – зміна, перетворення).

Стаціонарність є іншою важливою властивістю систем, що самоорганізуються. Стаціонарністю називається здатність зберігати стан системи у відносно вузькому стійкому інтервалі її параметрів. Його прийнято називати *гомеостазом*.

Гомеостаз(іс) (від грецьк. «гомоіос» – подібний, однаковий і «стасис» – нерухомість, стан) – стійка різниця фізико-хімічних потенціалів (рівнів висот, тиску, температури, електромагнітних параметрів, хімічних характеристик, ін.) між системою і зовнішнім середовищем, а також між окремими частинами самої системи, при якій можливі рух матеріально-інформаційних потоків та стійке підтримання обмінних процесів (метаболізму) системи.

Таким чином, *стаціонарністю* також можна вважати здатність системи підтримувати гомеостаз.

Стаціонарність відіграє надзвичайно важливу роль. Вона дозволяє підтримувати стан системи на рівні параметрів гомеостазу, що забезпечує найбільш ефективний режим функціонування системи. У свою чергу, це дозволяє накопичувати енергію для розвитку системи.

Тріада природних начал системи. В основі формування будь-якої системи лежать три природні начала:

- **матеріально-енергетичне** (або просто – матеріальне); воно *рухає*, дає можливість системі та її окремим частинам (підсистемам) пересуватися, трансформуватися і виконувати роботу, а отже, змінюватися і розвиватися;
- **інформаційне** – *направляє*; воно забезпечує спрямованість руху в просторі і часі; завдяки цьому началу формуються інформаційний алгоритм взаємодії між собою окремих частин системи і програма її розвитку в цілому;
- **синергетичне** – *об'єднує*; воно забезпечує об'єднання окремих частин системи в єдине ціле.

Проявляти себе природні начала можуть лише спільними зусиллями – взаємодіючи одне з одним. Скажімо, обов'язковою умовою цілеспрямованої дії енергетичного потенціалу є спрямовуючий (керуючий) вплив *інформаційного* начала. Без нього сила здатна продуціювати лише «броунівський рух» – безсистемне шарахання об'єкта в різні боки. З іншого боку, спрямовувати і об'єднувати можна лише щось матеріальне, що має *енергетичний потенціал*.

І нарешті, хіба можуть матеріально-енергетичне та інформаційні начала бути реалізовані без *синергетичного* начала? Щоб система могла

здійснити всередині або поза собою хоч якусь роботу, її окремі частини повинні діяти узгоджено, взаємодіючи одна з одною.

Проявляючи себе подібним чином, природні начала колись сформували і продовжують відтворювати різні види систем – системні сутності природи: елементарні частинки, атоми, молекули, клітини, організми, громадські організації (сім'ї, підприємства, країни). Із них складаються Всесвіт, природа нашої планети і людська цивілізація. Кожен такий вид систем, представлений безліччю окремих його одиниць. Скажімо, якщо ми говоримо про електрон, необхідно мати на увазі безліч цих частинок у Всесвіті. Якщо мова йде про якийсь біологічний вид, наприклад, жаб або комарів, то мають на увазі мільярди окремих біологічних особин на планеті.

Кожна така одиниця може існувати не інакше, як відтворюючи в собі три згаданих начала: *матеріально-енергетичне, інформаційне та синергетичне*. У цьому сенсі кожна одиниця сутностей природи є схожою з Божественною Трійцею в мініатюрі.

Як свідчить енциклопедія «Християнство», Бог Отець – першопричина всього і первинна потенція творення світу (*тобто реалізує матеріальне начало Світобудови*). Бог Син – втілення думки, через що він іще іменується Словом, Логосом, Задумом (*реалізує інформаційне, спрямовуюче начало*). Його основна властивість – одвічного і постійного народження від Бога Отця (*як інформація утворюється від різниці синергетичних потенціалів*). Бог Дух Святий вічно виходить від Бога Отця і, з'єднуючись із Богом Сином, реалізує творчу Божественну здатність формування предметів та явищ природи (*реалізує синергетичний потенціал*) (Християнство, т. 3, 1995).

Відтворювальний феномен забезпечує відтворення (стійке повторення) в часі в кожній природній сутності її характерних ознак (властивостей) (рис. 2.1).

В Японії однією з двох основних релігій є сінто. Самі японці кажуть, що це дуже проста язичницька релігія. Однак мудрість її полягає в тому, що в ній – «сім мільйонів богів»: кожне дерево, кущик або тварина – це Бог. Осягаючи основи системних знань про природу, починаєш розуміти, чому це так. Адже кожна природна система неначе несе в собі начала Божественної Трійці, які щомomentно відтворюються в ній. Взаємодіючи одне з одним, згадані начала формують єдиний цілісний потенціал, який відтворює дану природну сутність – відтворювальний феномен.

На підставі зазначеного можна зробити висновок, що природа будь-якої із систем, які оточують нас (скажімо, молекули, рослини або підприємства), триалектична. З одного боку, це матеріальна сутність, з іншого – інформаційна програма, з третього – продукт узгодженої взаємодії інших систем (підсистем) природи.



Рисунок 2.1 – Сутнісні основи виникнення та розвитку системи (складено автором)

Як *матеріальний об'єкт* система здатна накопичувати і витратити енергію, виконуючи роботу.

Як *інформаційна програма* вона самоорганізується, сприймаючи і переробляючи інформацію зовнішнього середовища, відтворюючи свою власну; при цьому вона керує процесами свого формування, функціонування та розвитку.

Як *синергетичний феномен*, система формується в процесі взаємодії, а отже, взаємної підгонки і коригування, по-перше, параметрів її власних підсистем заради виконання загальносистемних функцій, а по-друге, поведінки цієї системи з іншими подібними їй системами під умови їх надсистемного рівня.

Так, птахи коригують свій політ під траєкторію польоту всієї зграї, в якій вони летять. А кожен об'єкт на нашій планеті, за висловом А. Л. Чижевського, несе інформацію про все в космосі, реагуючи на процеси, що відбуваються поза Землею (Чижевський, 1973).

Неможливо визначити, що в системі важливіше: матеріальне, інформаційне або синергетичне, оскільки одне невіддільне від іншого. Якщо б не було *матеріального*, системі ні з чого було б себе формувати. Якби не було *інформаційного*, системи взагалі не могли б виникнути, а існував би аморфний однорідний хаос, утворений лише із потенції до руху праматерії, у якої б ніколи не існувало шансів хоч колись стати самою матерією. Саме інформаційна програма кожної системи, по-перше, формує упорядкований

механізм її функціонування, а по-друге, робить її унікальною, відмінною від інших систем.

Наприклад, формуючи себе з однакових атомів та молекул, усі живі істоти, проте, відрізняються одна від одної. На нашій планеті не існує двох абсолютно ідентичних біологічних істот. Утім, цілком можливо, що принцип неповторності стосується не лише живої природи. Можливо, нам лише здається, що атоми і молекули абсолютно стандартні, як цеглинки у будинку. Існує гіпотеза фізиків, що всі частинки, атоми, молекули – як і сутності живої природи: рослини і тварини – також унікальні, тобто неповторні (Физический, 1995). Тоді ми маємо справу з нескінченним інформаційним різноманіттям не тільки в світі живої природи, а й на рівні мікросвіту.

Якщо б не існувало *синергетичного* начала, яке обумовлює реалізацію конкретних форм взаємодії між собою окремих частин, жодна система як єдине ціле так і не утворилася б, хоча й існували для цього всі необхідні передумови, зокрема будівельні блоки та креслення їх взаємного ув'язування. Це – як у футболі: недостатньо набрати гравців високого класу і накреслити їм тактичні схеми – потрібно, щоб гравці навчилися втілювати їх у життя, взаємодіючи один з одним. Іноді на це йдуть місяці, іноді роки напружених тренувань і взаємних узгоджень.

І формувати, і руйнувати систему можна, впливаючи на кожну зі згаданих складових (начал), а також на весь триєдиний механізм відтворення системи в цілому. Зазначене можна проілюструвати на прикладах різного виду систем.

Екосистема. Поліпшенню стану екосистеми можуть сприяти дії за напрямками:

- матеріального кількісного нарощування наявності рослин і тварин в екосистемі;
- інформаційного поліпшення якісного стану екосистеми (поліпшення якісного стану біологічних видів, оптимізація видової структури екосистеми);
- синергетичного вдосконалення (поліпшення взаємодії між собою окремих елементів системи), зокрема через удосконалення комунікаційних каналів;
- удосконалення цілісного механізму самоорганізації екосистем.

Екосистема буде деградувати і поступово руйнуватися, якщо зазначені дії будуть здійснюватися, умовно кажучи, в протилежному напрямку. Тобто: 1) будуть знищуватися рослини і тварини; 2) буде погіршуватися якісний стан біологічних видів через хвороби або з інших причин, будуть порушуватися оптимальні пропорції видового складу екосистеми; 3) будуть блокуватися видові і міжвидові комунікації; 4) порушиться механізм самовідтворення екосистеми.

Підприємство створюється за допомогою формування його головних засад:

- *матеріальної* основи (основного і оборотного капіталів); це забезпечує виконання силових функцій із виготовлення продукції;
- *інформаційної*; забезпечує дію алгоритмів (технологій), за якими підприємство здійснює свою виробничу і торговельну діяльність, а також керує ними;
- *синергетичної*; забезпечує реалізацію зв'язків усередині і поза межами підприємства;
- *інтеграційної*, яка утворює цілісний потенціал відтворення трьох зазначених основ.

Підприємство буде деградувати, якщо процеси відбуватимуться в зворотному напрямку: 1) спрацювання основного капіталу буде недоамортизовуватися, будуть зменшуватися обсяги оборотного капіталу та інтенсивність його обороту; 2) інформаційні алгоритми оперативної діяльності та управління на підприємстві будуть неадекватні поточній ситуації в часі і просторі; 3) погіршуватиметься взаємодія ланок на внутрішньо- і зовнішньогосподарських рівнях; 4) блокуватиметься самовідтворювальний механізм підприємства.

У світлі зазначеного стає зрозумілим глибинний зміст парадоксу античного визначення системи: «ціле, більше за суму його частин», наведеного на початку розділу. Він означає, що у цілісній системі є певні компоненти, відсутні у її матеріальних частинах, з яких складається сума. Такими компонентами, які доповнюють суму до системного цілого, є інформаційна та синергетична складові.

Як приклад можна навести літак. Купа деталей, на які розібрана конструкція літака, і являє собою суму матеріальних частин системи. Якщо їх зібрати в потрібному порядку відповідно до *інформаційного алгоритму*, то зібрана конструкція вже буде більшою за безсистемну купу деталей на інформаційну компоненту системи. Злетіти ж ця конструкція зможе лише, якщо окремі її частини почнуть проявляти *узгоджену (синергетичну) поведінку*. Така система вже буде більшою за зібрану конструкції на синергетичну складову.

За мільйони років еволюції природа змогла досягти в кожному зі своїх творінь ідеальне поєднання природних начал. Технологічним системам, створеним людством, на жаль, поки далеко до такої досконалості. Однією з причин, яка чітко проявилася на «останніх стадіях» індустріального суспільства, є недосконалість саме *інформаційної* та *синергетичної* основ технічних і організаційних систем. Накопичений людством колосальний енергетичний потенціал виявляється практично надлишковим і непродуктивно розсіюється через надзвичайно низькі ККД технічних систем і жахливо високі втрати на «стиках» (у трансакціях) – між ланками економічної системи.

Логіка еволюції людства в його просуванні до інформаційного суспільства виявляє тенденцію вдосконалення саме зазначених «вузьких місць», тобто *інформаційного алгоритму* управління процесами виробництва і споживання продукції (зокрема систем прийняття рішень, постановки цілей, технологічного забезпечення, мотивації та ін.), а також *синергетичної основи* (зокрема реалізації зв'язків, комунікацій, відносин тощо) функціонування економічних систем.

2.2. Наукові основи забезпечення сестейнового розвитку

Викладені в попередньому параграфі наукові основи формування відкритих стаціонарних систем дозволяють глибше зрозуміти проблеми сестейнового розвитку і підійти до усвідомлення шляхів його досягнення.

В англійській мові, звідки виникла сполучення «сестейновий розвиток», прикметник *sustainable* утворюється від слова *sustain*, тобто «опора». Тому, *сестейновий розвиток* може бути перекладено і як *підтримуваний розвиток*. Здавалося б, чим іще може підтримуватися соціально-економічний розвиток, як не природним потенціалом, що забезпечує людину ресурсами і очищує його життєве середовище?



Людина залежить від природи – це аксіома. Але це лише частина істини. В сучасних умовах і сама природа вже значною мірою виявляється залежною від діяльності людини. Отже, її стан, у свою чергу, можна вважати таким, який підтримується людиною. Тому *сестейновий розвиток* – це не лише такий, що підтримується, а й той, що підтримує (англомовний термін *sustainable* допускає і таке тлумачення).

Значення запропонованого визначення полягає ще і в тому, що воно переводить вирішення проблеми сестейнового розвитку із зовнішньої відносно людини технократичної сфери у внутрішню для неї, особистісну сферу. Адже технічні параметри управління природними системами (критерії, нормативи, баланси) розробляються технічними фахівцями і можуть бути легко скореговані, якщо вони з якихось причин почнуть вважатися розробникам незручними. Набагато складніше переконати совість морально зрілої людини, яка піклується про своїх нащадків. Через це, за базову опору сестейнового розвитку були обрані моральні основи кожної людини, її відповідальність за те, що вона передасть своїм нащадкам.

Важливо зрозуміти і глибинну фундаментальну сутність формування самих систем, зокрема триєдність їх матеріального (матеріально-енергетичного), інформаційного та синергетичного (системоінтегруючого) начал. Швидше за все саме в триєдиній сутності відтворювального механізму систем потрібно шукати ключі до виходу з тупикових лабіринтів екологічної неспроможності та неефективності індустріалізованої економіки.

Людина не здатна повною мірою осягнути таїнства природних сутностей (рослин, тварин, екосистем). Кожна така природна сутність являє собою єдність трьох природних начал (матеріальної основи, інформації та синергетичного, тобто об'єднувального феномену), яку природна сутність постійно відтворює в часі і просторі. Це так би мовити ноу-хау, яким володіє лише дана сутність.

Людина може пізнати лише загальні контури цього відтворювального механізму, але не в змозі повною мірою пізнати глибини всіх процесів здійснення цього відтворення. Отже, людина не здатна і повністю контролювати ці процеси. Але в такому випадку і не потрібно намагатися цього робити. Необхідно лише контролювати (створювати) умови, в яких можуть відтворювати себе природні сутності. Саме так діє людина, консервуючи території з певним режимом експлуатації природних об'єктів: заповідники, заказники, природні парки.

На жаль, ці правила людина забуває, бездумно і бездушно експлуатуючи природні екосистеми, перешкоджаючи дії триєдиного механізму відтворення природних сутностей, зокрема екосистем, і повторюючи три принципові помилки:

- негативно впливаючи на матеріальну основу природної системи, зокрема, перевищуючи критичні межі вилучення компонентів матеріальної основи (прикладом є вирубування лісів, відстріл і вилов тварин, ін.);
- порушуючи інформаційну основу – шляхом вилучення або привнесення чужорідної інформації;
- блокуючи синергетичну основу – в результаті порушення умов прояву ефектів об'єднання окремих особин у популяції або окремих видів

в єдині екосистеми (причиною, зокрема, може бути порушення комунікаційних шляхів).

Кожна із зазначених помилок може виявитися фатальною для екосистеми. І якщо матеріальний вплив на компоненти екосистем (наприклад, винищення певної кількості біологічних особин) вже сприймається як досить об'єктивний та істотний фактор екологічної загрози, то інші два види екологічного впливу, на жаль, поки ще не отримали адекватної оцінки.

Ми впритул підійшли до одного дуже важливого моменту. Існує четверте таїнство природи, яке людина не може досягнути до кінця, але яке вона неодмінно повинна враховувати, приймаючи управлінські рішення. Йдеться про відтворювальний феномен. Все, що існує в природі: і кожен окремий організм, і екосистеми, і, нарешті, вся біосфера в цілому – має відтворюватися щомomentно в кожному куточку простору, де вони існують. Навіть хвилинна зупинка цього «вічного двигуна», який здатний працювати лише в природному автоматичному режимі, буде фатальною для відповідної природної сутності. Якщо мова йде про біосферу Землі, то це буде означати припинення існування всього живого на Землі разом з людиною.

Мистецтво управляти завжди означає вміння діяти із урахуванням заборон чогось не робити – не порушувати щось або не заважати чомусь. Мистецтво стійкого (сестейнового) управління соціально-економічним розвитком (тобто такого управління, яке забезпечує стан стійких, урівноважених змін) – це передусім мистецтво збереження відтворювальних механізмів природи (зокрема і діючих в організмі кожної людини). Саме вони з невідворотною закономірністю змушують знову і знову відтворюватися в кожній природній сутності триєдиної системи природних начал: матеріальної субстанції, інформаційної основи і синергетичного феномену. Видатний радянський учений Н. Ф. Реймерс назвав подібне управління «м'яким».

Відомим ученим Н. Ф. Реймерсом наведено формулювання понад 250 закономірностей (законів, теорем, принципів, правил, ін.), які так чи інакше пов'язані із забезпеченням сестейнового розвитку.

Ключем до розуміння згаданого циклу узагальнень служать слова його автора: «...Тисячоліттями всі активні дії людства були спрямовані назовні – на перетворення природи. Внутрішні процеси відбувалися як саморегуляція, а пропозиції щодо поліпшення соціальних механізмів були утопічними, передусім через бажання управляти жорстко, технократично-авторитарно. Людство не створювало механізму, який би дозволив йому «вписатися» в природу, а навпаки, робило все, щоб «піднятися» над нею, «перемогти» її. Ставши велетнем, людина побачила, що це згубно для неї самої, якщо не зараз, то в уже видимій перспективі. І якщо люди екологічно не порозумнішають, вони приречені. Глибоко песимістичний, але не-

обхідний висновок. Водночас він і оптимістичний, оскільки перспектива все ж існує» (Реймерс, 1994).

Ось лише кілька прикладів сформульованих Н. Ф. Реймерсом закономірностей.

«Правило соціально-екологічної рівноваги: Суспільство розвивається до тих пір і на стільки, на скільки зберігає рівновагу між своїм тиском на середовище і відновленням цього середовища – натурально-природним і штучним»

Закон обмеженості (вичерпності) природних ресурсів: усі природні ресурси і природні умови Землі скінченні. Це виникає або через пряму їх вичерпність, або внаслідок порушення середовища проживання, що робить його непридатним для сформованого господарства і життя людини.

Правило (неминучих) ланцюгових реакцій «жорсткого» управління природою: «жорстке», як правило, технократичне управління природними процесами загрожує ланцюговими природними реакціями, значна частина яких виявляється екологічно, соціально та економічно неприйнятною в тривалому інтервалі часу.

Правило «м'якого» управління природою: «м'яке» управління природними процесами, системне спрямування їх у необхідне русло з урахуванням законів природи в кінцевому підсумку ефективніше грубих техногенних втручань» (Реймерс, 1994).

Вирватися із замкненого кола еколого-економічної недосконалості промислового виробництва можна лише через якісний стрибок ефективності економічних систем, їх дематеріалізацію (зниження матеріаломісткості та енергоємності) і системну інтеграцію.

Людина займає провідне становище в концепції сестейнового розвитку. Власне, заради її фізичного і духовного порятунку ця концепція і створена. Але самій же людині і належить втілювати цю концепцію в життя, трансформувавши виробництво, економічні відносини, життєзабезпечувальні системи і весь спосіб життя. Щоб усе це змінити, людині потрібно передусім змінитися самій. Парадокс полягає у тому, що збереження стабільності фізичної (тобто матеріальної) природи людини (а це означає, природного гомеостазу організму) можна забезпечити лише ціною надзвичайно швидкої зміни інформаційної (особистісної) сутності людини. Це в кінцевому підсумку означає і формування нових принципів ставлення до природи.

2.3. Принципи забезпечення сестейнового розвитку і формування «зеленої» економіки

Щоб читачеві легше було зрозуміти в зміст принципів формування сестейнового розвитку і «зеленої» економіки, яка його забезпечує, спробуємо систематизувати їх, змодельовавши на ситуаційному прикладі.

Одного разу мореплавець перед далекою подорожжю запитав у мудреця, що потрібно для успішного плавання? На що той вимовив п'ять слів: *простір, час, стійкість, мета і вітер.*

Розвиток будь-якої соціально-економічної системи в чомусь нагадує подорож мореплавців у відкритому морі, де мандрівників кожної хвилини чекають небезпеки, і де надзвичайно зростає роль знань та майстерності кожного із членів екіпажу, злагодженості їх дій, здатності синхронізувати спільні дії, готовності до дисциплінованої поведінки, а також мистецтва керівників. У таких умовах ціною помилки може стати пошкодження або повна втрата корабля. А ставкою в цій грі є життя людей.

Будь-яка соціально-економічна система для свого довгострокового сестейнового розвитку потребує п'яти визначальних умов:

- 1) організації в просторі;
- 2) організації в часі;
- 3) забезпечення стійкості або рівноваги окремих елементів;
- 4) спрямованості розвитку;
- 5) наявності рушійної сили.

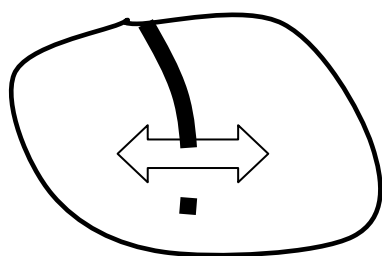
Відповідно до цих напрямів можуть бути сформульовані п'ять груп принципів організації суспільства для забезпечення в ньому основ сестейнового розвитку (рис. 2.2). Зупинимося на них детальніше.

Принципи організації в просторі. Ця група принципів, які умовно можуть бути також названі принципами «екологічної республіки», забезпечує організацію соціально-економічної системи в межах нинішніх поколінь.

Чому саме республіки? Всі ми жителі «космічного корабля Земля» з єдиною системою життєзабезпечення. Це означає, що незалежно від рівня благоустрою наших квартир, ступеня забезпеченості наших міст, темпів розвитку економіки наших регіонів і країн ми пов'язані тісними узами із спільним біосферним простором, в якому проходить наше життя. Всі хімічні елементи періодичної системи, які використовує у своїй діяльності людина, перебувають у постійному кругообігу, проникаючи в усі компоненти середовища, не «визнаючи» кордонів держав, континентів, адміністративних районів. Глобальний взаємозв'язок процесів, явищ та наслідків експлуатації природного середовища сьогодні вже не потребує доказів.

Будь-який спільний фонд потребує розроблення загальних правил, обов'язкових для учасників (Добрянська та ін., 2012; Мартыненко, 2011; Остром, 2012; Скрипчук, 2012). Свобода кожного окремого водія на великій дорозі тим повніше, чим вища його майстерність і менше можливостей порушувати правила руху щодо інших водіїв, які їдуть по тій самій дорозі.

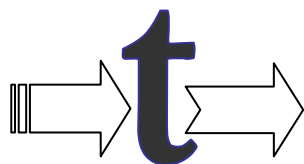
Ми не випадково навели міркування про свободу водіїв на дорозі, де постійно змінюються умови, швидкість руху, дистанція між автомобілями



Організація у просторі

Принципи «*екологічної республіки*» пов'язують:

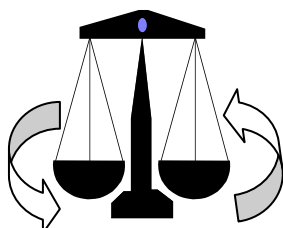
- 1) жорсткий контроль та обмеження;
- 2) свободу саморозвитку



Вчора Сьогодні Завтра

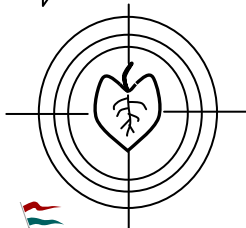
Організація у часі

Принципи «*триєдності часів*», або *екологічної наступності поколінь*, забезпечують єдність поточних, тактичних і стратегічних цілей суспільного розвитку



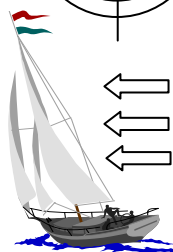
Забезпечення стійкості

Принципи «*екологічної стійкості*» передбачають стійкість трьох систем: природної, виробничої та соціально-економічної



Постановка цілей

Принципи «*екологічної мети*» передбачають екологічну спрямованість соціально-економічного розвитку



Мотивація

Принципи «*екологічної мотивації*» обумовлюють відтворення мотивів соціально-економічного розвитку та екологізації економіки

Рисунок 2.2 – Групи принципів реалізації сестейнового розвитку (складено автором)

різних класів, із різною майстерністю водіїв. Справа в тому, що соціально-економічні спільноти нашої цивілізації не просто існують по сусідству – вони перебувають у постійному русі: змінюються природні умови, економічна кон'юнктура, торговельні партнери, темпи розвитку, приріст населення тощо.

У межах групи принципів «*екологічної республіки*» можна сформулювати ряд окремих принципів, зміст яких наведено в табл. 2.1. Необхідно звернути увагу на одну особливість. Принципи «*екологічної республіки*» покликані об'єднати дві, здавалося б, протилежності: з одного боку, жорсткий контроль і обмеження «руху», з іншого – свободу розвитку. При

Таблиця 2.1 – Принципи суспільної організації у просторі (принципи «екологічної республіки») (складено автором)

Назва принципу	Зміст
1. Екологічної конституційності	Для здійснення організації та координації екологічно орієнтованої діяльності у взаєминах між соціальними суб'єктами повинні бути створені законодавчі та розпорядчі органи, єдині правила поведінки і нормативна база (стандарти)
2. Єдності інформаційного інструментарію	При здійсненні спільної діяльності (обмін спеціалістами, інформацією, товарами і послугами) між пов'язаними (сусідніми) суб'єктами (країнами, регіонами, містами) має витримуватися єдність інформаційного інструментарію (екологічних понять, термінів, стандартів)
3. «Загальної ковдри»	Загальна та індивідуальна діяльність економічних суб'єктів (країн, регіонів) повинна передбачати механізм збереження природних об'єктів загального користування (ресурсів навколишнього середовища)
4. Неекспортування екологічних проблем	Будь-які екологічні проблеми повинні вирішуватися в межах території даного економічного суб'єкта. Якщо це не можливо, тоді їх вирішення може узгоджуватися спільно з поєднаним суб'єктом (поєднаними суб'єктами). Якщо і це неможливо – вирішення проблеми повинно виноситися на надсистемний організаційний рівень
5. Екологічної еквівалентності	У процесах матеріально-енергетичних обмінів (включаючи торговий обмін) соціально-економічні суб'єкти (підприємства, території) повинні компенсувати один одному не лише виробничі витрати, але і витрати екологічного характеру (збитки, додаткові витрати, упущену вигоду)
6. Екологічної індивідуальності	Відносини між суб'єктами (напр., чинні угоди) повинні забезпечувати кожному суб'єкту можливість зберігати специфічні особливості місцевих екосистем
7. Добровільності	Приєднання суб'єктів до будь-яких угод (договорів, контрактів) у галузі навколишнього середовища повинні здійснюватися винятково на добровільній основі
8. Екологічної чесності	Суб'єкти у відносинах між собою не повинні використовувати екологічні приводи для досягнення політичних, економічних або інших вигід на противагу іншим учасникам відносин
9. Лібералізація торгівлі	Уряди країн не повинні перешкоджати розвитку експортно-імпортних зв'язків економічних суб'єктів своїх країн, якщо вони не завдають шкоди національним інтересам (включаючи соціальні та екологічні наслідки)

цьому суб'єкти розвитку самі добровільно (на демократичних засадах) повинні напрацювати екологічні правила спільного використання природних

факторів планети і делегувати ними ж створеним органам повноваження з контролю за дотриманням цих правил.

Принципи організації у часі. Ця група принципів забезпечує організацію людської цивілізації у часі. Принципи, які стосуються цієї групи, можуть бути об'єднані умовною назвою – *принципи «триєдності часів»*.

Про яку тріаду або тріади часу йде мова в назві цієї групи принципів? Передусім, мають на увазі періоди, які умовно можна назвати: «сьогодні», «завтра», «далеке майбутнє». «Сьогодні» – це час, який охоплює інтереси нинішніх поколінь, тобто ті, що можуть цікавити їх в умовно поточному періоді (1–5 років). «Завтра» – це майбутнє, яке знаходиться в межах тимчасової досяжності нинішніх поколінь (можливо, від 5 до 50 років). «Далеке майбутнє» – це час, який простягається в нескінченність, тобто лежить за «горизонтом» життя нинішніх поколінь. Зрештою, розглянуті принципи зводяться до триєдності поточних, тактичних і стратегічних цілей людства.

Уже згадана група принципів (табл. 2.2) стосується двох ключових аспектів: по-перше, співвідношення інтересів поколінь далекого майбутнього і поколінь, що живуть наразі на Землі; по-друге, співвідношення поточних та перспективних інтересів нинішніх поколінь.

Таблиця 2.2 – Принципи організації у часі (принципи «триєдності часів») (складено автором)

Принцип 1	Зміст 2
1. Екологічної «матрійки»	«Всеохоплюючою» (обов'язковою) повинна бути прийнята умова збереження можливості розвитку для поколінь у «далекому майбутньому», наступною групою пріоритетів (необхідна умова) повинно бути незбіднення екологічного потенціалу для поколінь «найближчого майбутнього»; всередині цих умов існуючі покоління повинні знаходити оптимальне поєднання (умова доцільності) своїх поточних і тактичних інтересів
2. Ненакопичення екологічних проблем	Передбачає неприпустимість залишення наступним поколінням створених і невирішених екологічних проблем (наприклад, виснаження ґрунтів, накопичення в ґрунтах і водоймах шкідливих речовин, поховання радіоактивних відходів, або речовин, що не розкладаються, і т. ін.)
3. Екологічних резервів	Передбачає створення (збереження) своєрідних недоторканих запасів природних ресурсів або страхових екологічних фондів для майбутніх поколінь на випадок непередбачених катаклізмів у межах однієї або кількох спільнот (країн, регіонів)
4. Обмеженості екологічних повноважень	Представники будь-якого покоління не повинні приймати рішень щодо експлуатації природних ресурсів або зміни природного середовища, незворотні наслідки яких можуть виходити за межі періоду активної діяльності певного покоління

1	2
5. Транзиту інформації	Повинна бути гарантована передача через покоління, які живуть сьогодні, екологічної та соціальної інформації від поколінь минулого до покоління майбутнього
6. Прогнозування наслідків	Прийняття рішень щодо будь-яких економічних та соціальних дій повинно передувати прогнозування соціальних, екологічних і економічних наслідків від можливої реалізації прийнятих рішень
7. Врахування явищ коеволюції	Планування і організація діяльності людини повинні здійснюватися з урахуванням коеволюції різних природних та антропогенних систем, а також їх компонентів; зокрема, різні темпи розвитку різних біологічних видів можуть приводити до того, що форми існування людини з певними природними системами, які наразі є цілком придатними, в майбутньому можуть набирати антагоністичних до людини небезпечних форм
8. Попередження шкоди	Усі негативні наслідки, які можуть бути спрогнозовані, повинні бути попереджені (або, принаймні, зменшені) на проектній стадії; це може бути виражено формулою «попереджати краще і дешевше, ніж виправляти»

У цій групі принципів повинна бути врахована ще одна тріада часу – *минулого, сьогодення, майбутнього*. Розвиток будь-якої системи неможливий без збереження та накопичення її пам'яті. Для соціальних систем надзвичайно важливою є історична інформація про минуле системи. Вона істотно впливає на поточний стан і вибір траєкторії розвитку системи в майбутньому.

До зазначеного доречно додати, що будь-який біологічний вид екосистеми Землі, який може здаватися сьогодні людині абсолютно непотрібним, не виключено, в майбутньому забезпечить виживання землян, розкривши їм одну з інформаційних таємниць біоніки або перетворившись на життєво важливий фармацевтичний ресурс.

Принципи екологічної стійкості. Цю групу принципів можна було б умовно назвати принципами «вічного колодязя». Саме колодязь є своєрідною моделлю поєднання двох процесів – споживання ресурсу та його відтворення. Нескінченно черпати воду з колодязя можна лише в тому випадку, якщо темпи вичерпування води будуть дорівнювати темпам її наповнення. Інакше кажучи, вода буде встигати поповнюватися за рахунок природних джерел.

Здатність системи до розвитку залежить від двох, здавалося б, протилежних чинників – стійкості системи та її здатності виходити з цього стійкого стану. У тому випадку, якщо система в цілому перебуває в стані рівноваги і виходить із нього постійно лише в певному напрямку, забезпечуватиметься умова динамічної рівноваги і досягатиметься найбільш сприятливий стан для сестейного розвитку.

Передусім, цьому повинні відповідати три групи факторів, які обумовлюють суспільний розвиток: природне середовище, продуктивні сили і виробничі відносини. Щодо них розглянемо і підгрупи принципів екологічної стійкості. Очевидно, вони повинні будуватися з таких міркувань:

- рівновагу в природі повинні забезпечувати екологізовані продуктивні сили;
- останні повинні екологізуватися завдяки екологізації виробничих відносин.

Обговорення саме цих аспектів домінувало на Саміті «РІО + 20» (зокрема, в контексті розвитку «зеленої економіки», «зелених робочих місць», сестейнового сільського господарства, соціально-екологічної відповідальності бізнесу (Итоги, 2012). Розглянемо ці принципи послідовно (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Взаємозв’язок груп принципів екологічної стійкості (складено автором)

У підгрупу принципів «*Неперевищення екологічних порогів*» можуть бути об’єднані принципи, що визначають умови рівноваги природного середовища (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Принципи екологічної стійкості (Принципи «вічного ко-лодзязя») (складено автором)

Назва принципу	Зміст
1	2
<i>Принципи неперевищення екологічних порогів</i>	
1. Нормування екологічних навантажень	Одним з елементів регулювання природокористування повинні стати екологічні стандарти, що нормують (лімітують) межі впливу на природні системи значення граничних навантажень, які відповідають здатності природних систем до самовідтворення (несуча здатність екосистем)
2. Урахування реакції природи	Дозування навантаження на екосистеми повинно враховувати зворотну реакцію природних систем на подібний вплив
3. «Вузька ланка»	Оцінка допустимих екологічних навантажень при впливі на кілька елементів екосистеми (біологічних видів) визначається «вузькою ланкою», тобто найуразливішим елементом
4. Замикаючого ефекту	Межі можливого (допустимого) впливу на екосистеми повинні визначатися з урахуванням загального (сумарного) ефекту всіх еколого-деструктивних чинників
5. Природних індикаторів	Нарівні з фізичними та хімічними параметрами природного середовища, які нормуються для цілей контролю за екологічним впливом на екосистеми, необхідно також враховувати реакцію (поведінку) об'єктів живої природи як екологічних індикаторів («природа знає краще»)
<i>Принципи єдності природокористування і природовідтворення</i>	
6. Використання відновлюваних ресурсів	Швидкість використання відновлюваних ресурсів не повинна перевищувати швидкості їх самовідновлення (формулювання Г. Дейлі – Daly, 2004).
7. Компенсації невідновлюваних ресурсів	Швидкість використання невідновлюваних ресурсів не повинна перевищувати швидкості, з якою для заміщення невідновлюваних ресурсів розробляються замітники на основі інших, відновлюваних ресурсів (формулювання Г. Дейлі)
8. Порушення в межах відновлюваного потенціалу	Швидкість виникнення забруднень не повинна перевищувати швидкості, з якою вони можуть бути асимільовані навколишнім середовищем (формулювання Г. Дейлі)
9. Єдності деструкції і відновлення	Будь-який суб'єкт економічних процесів повинен максимально відтворити порушені ним кількісні та якісні характеристики природного середовища
10. «Замкнений ланцюг»	Окремі ланки і стадії виробництва і споживання продукції повинні бути інтегровані в єдину замкнену циркуляційну систему
11. Взаємодії з природою	Матеріально-енергетично-інформаційні контакти економічної системи з природою повинні відповідати специфіці матеріально-енергетично-інформаційних процесів, що відбуваються в природі
<i>Принципи єдності економічних та екологічних цілей</i>	
12. Економізації екологічних факторів	Показники, що характеризують вплив економіки на навколишнє середовище, повинні мати, крім натуральних, також вартісні оцінки, настільки, наскільки це можливо отримати

1	2
13. Екологізації економічних факторів	Основні економічні показники та оцінки економічних результатів суспільства повинні доповнюватися оцінками екологічних наслідків, пов'язаних із їх досягненням
14. Економічної відповідальності за екологічні наслідки	Економічні витрати, обумовлені негативним впливом на навколишнє середовище, повинні компенсуватися тим економічним суб'єктом (держава, підприємство, споживач), який у даних суспільних умовах несе відповідальність за екологічні наслідки; у свою чергу, залежно від конкретних обставин можуть застосовуватися субпринципи визначення адресності відповідача: «забруднювач платить» (відповідач – підприємство-виробник); «споживач платить» (відповідальність через систему цін покладається на споживачів); «усе суспільство платить» (відповідальність покладається на суспільство через систему оподаткування)
15. Інтерналізації екстерналій	Еколого-економічні наслідки діяльності кожного підприємства, які сприймаються іншими економічними суб'єктами, через систему економічних інструментів повинні переводитися у форму витрат, які б сприймалися системою економічних інтересів підприємства, що призвело до виникнення цих наслідків
16. Екологічного вдосконалення	Відтворювальні процеси в економіці повинні бути побудовані так, щоб з кожним відтворювальним циклом екологічно недосконалі та неефективні економічні фактори (виробничі системи, види споживання, економічні відносини) заміщувалися на більш досконалі та ефективні
17. Поєднання цілей та засобів	Екологічні інтереси повинні закладатися при формуванні цілей розвитку, а економічні – при виборі засобів їх досягнення

Основне завдання рівноважного природокористування на сучасному етапі полягає, як бачимо, в тому, щоб навантаження на природне середовище було близьким до гіпотетичної межі самовідтворення природи. При цьому буде досягтися оптимальна, тобто найбільш стійка і економічно ефективна швидкість розвитку економіки. Інакше кажучи, буде спостерігатися те, що англійською мовою називається одним словом – sustainability. Детальніше можна прочитати в працях (Акімова и др., 2009; Бобылёв и др., 2011; Бобылёв и др., 2012; Возная, 2014; Гринів, 2016; Дейли, 2009; Дейлі, 2002; Лон, 2007, Устинова, 2011).

Важливу роль покликаний відіграти принцип нормування екологічних навантажень. Екологічні нормативи (стандарти), обмежуючи екологічне навантаження на середовище (викиди і концентрації шкідливих речовин; ступінь фізичного впливу на компоненти природного середовища та ін.), повинні гарантувати неперевищення екологічних порогів. У свою чергу, екологічні нормативи (стандарти) повинні стати базою для оцінки необхідних кількісних та якісних характеристик товарів і послуг. Н. Ф. Реймерс

цілком конкретно сформулював орієнтовні значення екологічних порогів (наведених у попередньому розділі) (Реймерс, 1990).

Необхідно зазначити, що завдання з визначення природних порогів надзвичайно важке, якщо врахувати масштаби антропогенного впливу на природу.

Цифри і факти

Наразі відомо понад 10 млн хімічних речовин. Приблизно 70 тис. із них використовуються повсякденно (включаючи фармацевтичні засоби і пестициди), і близько тисячі нових хімічних речовин щорічно з'являються на ринку. Вражає не лише номенклатура шкідливих інгредієнтів, а й їх обсяги. За рік у світі виробляється 300–400 млн т небезпечних відходів. Крім того, у величезних кількостях у навколишнє середовище цілеспрямовано вводяться пестициди (Международный, 2017; The international, 1996).

Принципи «екологічних цілей». Правильна цільова орієнтація є надзвичайно важливою умовою досягнення сестейнового розвитку. Групу принципів, які формують екологічну спрямованість процесів розвитку, умовно можна назвати принципами «екологічних цілей» (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Принципи «екологічних цілей» (складено автором)

Назва принципу	Зміст
1. «Економіка космонавтів»	Передбачає зміну орієнтації національних економік від кількісних показників зростання (збільшення виробництва і споживання матеріальних товарів) до показників якості життя
2. Життєблагодатного комплексу	Декларує необхідність переходу економічної системи від виробництва окремих матеріальних благ (виробів та послуг) до формування життєблагодатних комплексів
3. Гуманізації середовища	При формуванні середовища існування людина повинна перейти від пріоритетів споживання матеріальних благ і економічних інтересів до пріоритетності споживання інформаційних благ та екологічних цілей (якості життя)
4. Демократизації вибору	Вибір екологічних та економічних цілей місцевих громад (комун, територій) повинен базуватися на бажанні жителів регіону
5. Інформатизації споживання	Структура суспільного споживання повинна розвиватися шляхом оптимізації (для країн, що розвиваються) та мінімізації (для розвинених країн) матеріально-енергетичної компоненти і розширення споживання інформаційних продуктів (соціальних, культурних, екологічних)
6. «Рухомий горизонт»	Процес формування екологічних цілей повинен перебувати в постійному розвитку (одні цілі повинні замінюватися іншими) за принципом «програма – не документ, а процес»

Принципи «екологічної мотивації». Так умовно може бути названа група принципів, покликаних надати системі внутрішньо належну їй рушійну силу, яка б забезпечила імпульси саморозвитку системи (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Принципи «екологічної мотивації» (складено автором)

Назва принципу	Зміст
<i>Принципи імпульсів розвитку</i>	
1. Саморозвитку структур	Ієрархічна організація суспільства повинна будуватися на відносно автономних (із достатнім ступенем свободи прийняття і реалізації рішень) структурах (комунах, муніципалітетах, товариствах, фірмах) на основі їх самоврядування і самофінансування
2. Громадського різноманіття	У суспільстві повинна існувати різниця потенціалів між компонентами системи за різними параметрами, що забезпечує соціальне та екологічне різноманіття (характеристики культурного, мовного, релігійного, економічного, виробничого укладів)
3. Пріоритетності позитивної мотивації	У суспільстві повинен підтримуватися баланс позитивної (стимулюючої) і негативної (обмежуючої) мотивації при пріоритеті першої
<i>Принципи екологізації</i>	
4. «Знати – хотіти – вміти»	Необхідне постійне відтворення у суспільстві трьох взаємозв'язаних підсистем: інформаційного збудження, мотиваційного впливу і технічної реалізації
5. Екологізації інструментів мотивації	Існуючі в економіці мотиваційні інструменти повинні бути скориговані для цілей екологізації економіки
6. Превентивності	Дієві мотиваційні інструменти повинні бути спрямовані не стільки на виправлення допущених екологічних помилок, скільки на їх попередження у майбутньому

Розглядаючи цю проблему, надзвичайно важливо зупинитися на двох ключових моментах:

- 1) відтворення мотивації самого соціально-економічного розвитку;
- 2) відтворення мотивації його екологічної обумовленості (спрямування).

Перша підгрупа принципів, що формують мотивацію самого соціально-економічного розвитку, умовно може бути названа принципами «імпульсів розвитку». До їх завдання входить формування основних передумов, що забезпечують:

- по-перше, структурування (поділ) системи на спільноти, що мають умови самоорганізації та саморозвитку; об'єктивною необхідністю також є

наявність певної розбіжності (дивергентності) потенціалів між компонентами систем за різними інформаційними параметрами (показниками культурного, економічного, технічного укладів) при зближенні (конвергенції) їх економічних потенціалів і створенні передумов конкуренції (суперництва) окремих структурних підрозділів, усе це сприяє активізації біфуркаційних механізмів розвитку;

- по-друге, важливе формування у суспільстві пріоритетності позитивної мотивації, що сприяє здійсненню трансформаційних перетворень.

Другим надзвичайно важливим моментом реалізації розглянутої групи принципів є відтворення мотивів екологічної обумовленості (екологізації) соціально-економічного розвитку. Підгрупа принципів, що відповідають цьому завданню, умовно може бути названа «принципами екологізації».

2.4. Механізм відтворення компонентів «зеленої» економіки

Успіх в управлінні процесами формування «зеленої» економіки залежить від того, наскільки людина навчиться ефективно трансформувати свої економічні системи в напрямку їх постійного вдосконалення і зниження природоємності виробництва умовного продукту, необхідного для життєзабезпечення однієї людини. Далі цей процес трансформації економіки в інтересах сестейнового розвитку ми будемо називати *сестейнізацією*.

Сестейнізація – це процес формування цілісної системи, яка б обумовлювала постійне відтворення процесів трансформації економічної системи з метою сестейнового розвитку основних виробничих факторів (зокрема матеріальної основи, технічних засобів та людей), а також методів управління ними.

Доцільно підкреслити глибинний зміст терміна «сестейнізація». Процеси переходу до *сестейнового розвитку* значно ширші, власне, екологічного вдосконалення, що розуміють як зниження технократичного навантаження на природні системи. Вони охоплюють широкий спектр явищ зміни якості соціально-економічних систем, включаючи їх гуманізацію, дематеріалізацію, етизацію та ін. Усі вони і повинні включатися в згадані трансформаційні процеси.

В англійській мові використовується широкий спектр близьких за змістом термінів: «greening» («зеленення»), «sustainable transforming» «sustainable sound transforming». Усі вони можуть бути адекватно виражені україномовним терміном *сестейнізація*.

У зв'язку із зазначеним доречно прокоментувати застосовану термінологію англійського поняття «sustainable»; воно означає: те, що має відношення до сестейнового розвитку. Це важливо для адекватного перекладу значної кількості відповідних термінів (особливо з урахуванням тієї украї-

номовної термінології, яка використовується наразі). Зокрема, не будемо ж ми перекладати сполучення «sustainable transport» або «sustainable goods» як «стійкий транспорт» та «стійкі товари» (адже це означатиме насамперед те, що ці речі не перекидаються – а вони і не повинні бути іншими за рідкими винятками). Не виникає сумнівів, що більш вдалим для використання є термін, утворений як калька з англomовного терміна «sustainable», а саме: «сестейновий» (напр., транспорт, стиль життя, ін.), «сестейнове» (напр., поселення), або «сестейнові» (товари). Термін незвичний, проте точний, що однозначно передає значення оригіналу.

Ланцюжок послідовних процесів руйнування природи, накопичуючись, веде до споживача. Споживач є єдиною ланкою у виробничо-споживчому циклі, на виході якого існують лише відходи. Дуже важко точно дати інтегральну оцінку екодеструктивним процесам усього ланцюжка виробництва і споживання продукції. Однак якщо врахувати, що їх основу складають енергоємні процеси, то структура впливу споживчого попиту на природу може бути приблизно оцінена за енергоємністю окремих складових процесів споживання. Існують інші підходи до оцінки рівня екологічності, наприклад, за збиткоємністю виробничих процесів, кількістю екологічно несприятливих ланок у загальному циклі виробництва і споживання продукції та ін.

Складові відтворювального механізму. Процес екологізації виробництва повинен становити собою систему (рис. 2.4), що постійно відтворює основні взаємозв'язані і взаємообумовлені системні елементи. До основних компонентів відтворювального механізму екологізації народногосподарського комплексу можуть бути віднесені:

- відтворення екологічного попиту;
- відтворення екологічно орієнтованої виробничої основи;
- відтворення екологічно орієнтованих людських факторів;
- відтворення мотивів екологізації.

Зазначений відтворювальний механізм може реалізовуватися лише під впливом постійної дії організаційних, економічних та соціальних інструментів (важелів), які сприятимуть екологічно спрямованій трансформації складових економічної системи та процесів, що в ній відбуваються. Зупинимось детальніше на компонентах зазначеної системи.

Управління процесами сестейнізації економіки передбачає формування основних компонентів керованої системи, тобто тих об'єктів або суб'єктів економічної системи, на які спрямовано управлінський вплив, а також мотиваційних механізмів, за допомогою яких воно здійснюється.

У кожному конкретному випадку механізм реалізації завдань сестейнізації передбачає формування чотирьох взаємозв'язаних компонентів системи, які, умовно кажучи, утворюють «квадрат» управлінського механізму, зокрема, екологізації (див. рис. 2.5): цільових установок; об'єктів екологі-

зації; суб'єктів екологізації; інструментів екологізації (переходу до сестейнового розвитку).

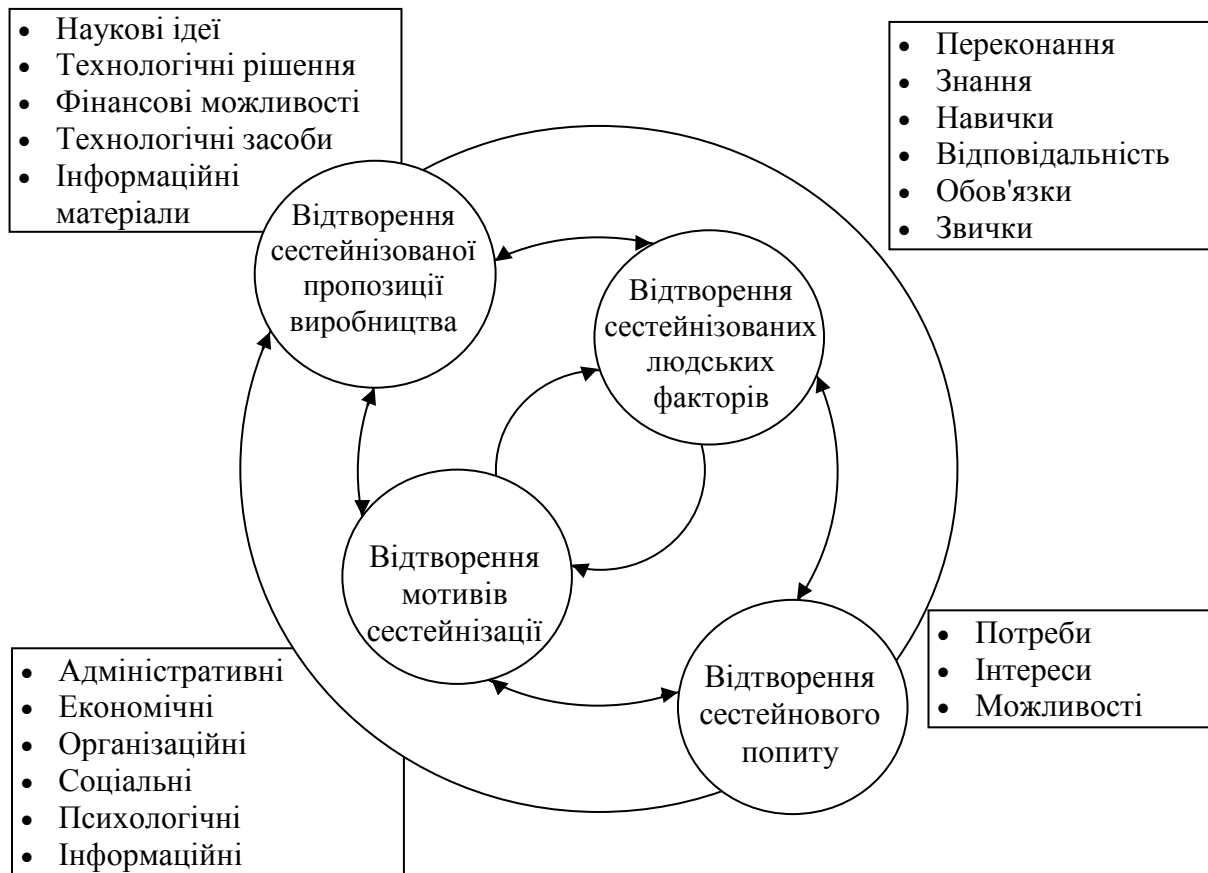


Рисунок 2.4 – Схема відтворювального механізму сестейнізації економіки (складено автором)

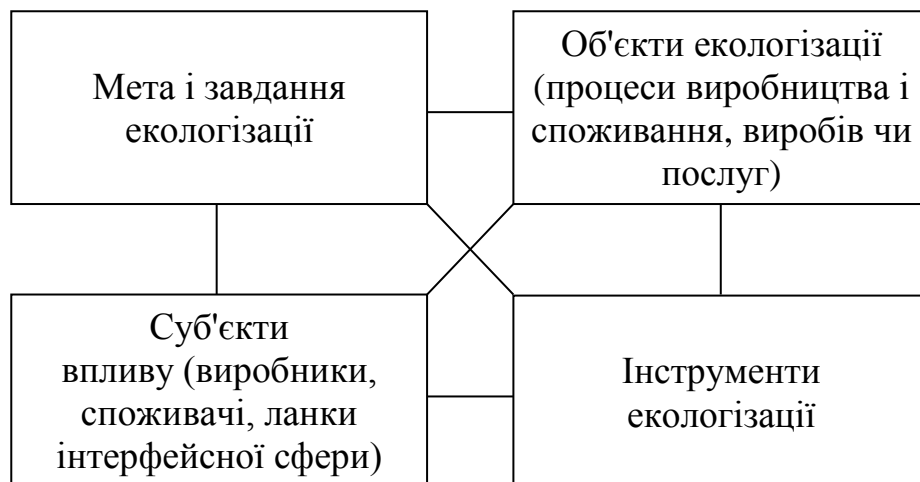


Рисунок 2.5 – Схема механізму реалізації завдань екологізації (складено автором)

Мета екологізації може бути сформульована як усунення або зниження дії одного або кількох екодеструктивних факторів. Це може бути: запобігання потрапляння в компоненти навколишнього природного середовища або продуктові ланцюги тієї чи іншої шкідливої речовини, зменшення процесів, що призводять до порушення ландшафтів, ін.

Конкретизація цілей сестейнізації дозволяє сформулювати окремі завдання трансформації народногосподарського комплексу, до яких можуть бути віднесені:

- реструктуризація економіки, галузей та регіонів;
- перепрофілювання підприємств;
- усунення (зниження) потреби в екологічно несприятливих видах продукції або послуг;
- заміна екологічно несприятливих технологічних процесів на їх більш досконалі аналоги;
- зниження ресурсоемності продукції і т. ін.

Напрями екологізації. Аналіз найбільш гострих вузлів екодеструктивного впливу у виробничо-споживчому циклі дозволяє сформулювати основні напрями формування завдань екологізації, що є складовою загального процесу сестейнізації національної економіки (рис. 2.6) (Oosterhuis et al, 1996).



Рисунок 2.6 – Схема концептуальних напрямів формування завдань екологізації (складено автором)

Об'єкти екологізації. Під об'єктами екологізації розуміються компоненти економічної системи (вироби, послуги), виробництво або споживання яких пов'язане з факторами екодеструктивного впливу і які можливо (необхідно) трансформувати для досягнення цілей екологізації. У свою чергу, під факторами екодеструктивного впливу необхідно розуміти про-

цеси виробництва і споживання продукції або самі продукти (вироби, послуги, виконувана робота), застосування (використання) яких створює причини порушення природного середовища.

Суб'єкти екологізації. Аналіз потенційно можливих суб'єктів екологізації дозволяє виділити кілька груп «цільових осіб» процесу екологізації, тобто підприємств, організацій та/або фізичних осіб, впливаючи на які можна досягати цілей екологізації. Відповідно до розглянутої проблеми екологізації вони умовно можуть бути названі: *первинними* (безпосередньо несуть відповідальність за процеси екологічної деструкції, тобто є виробниками і споживачами продукції), *вторинними* (впливають на первинних суб'єктів; це, зокрема, можуть бути міністерства і відомства, до складу яких входять підприємства); *обслуговуючими* (формують правове та мотиваційний поле діяльності первинних суб'єктів; ними, зокрема, можуть бути урядові та регіональні органи управління) і такими, що *сприяють* суб'єктам (зокрема, це неурядові організації, ЗМІ, ін.).

Стратегії екологізації. На основі відібраних напрямків можуть бути запропоновані три базові і три проміжні стратегії для визначення об'єктів екологізації (рис. 2.7).

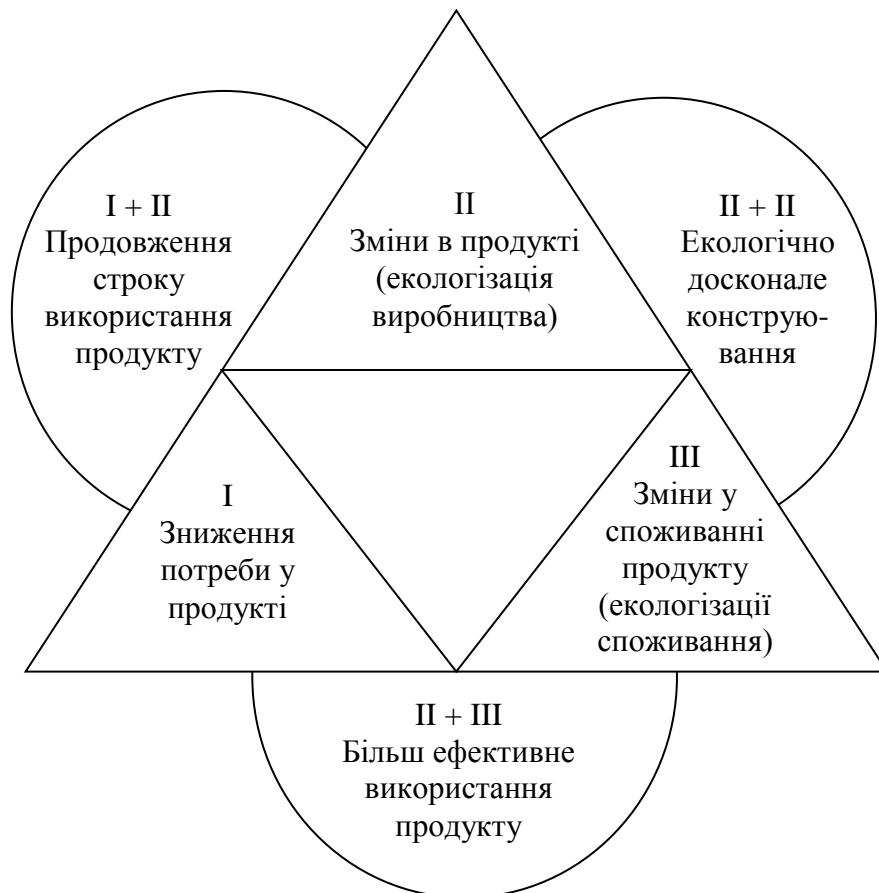
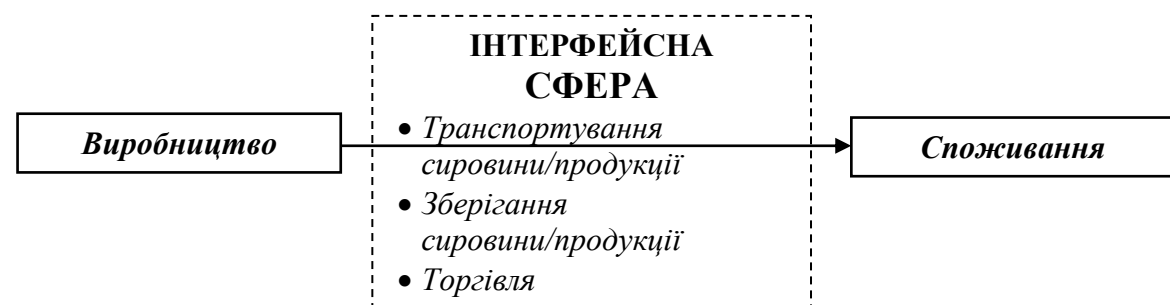


Рисунок 2.7 – Інноваційні стратегії впливу на об'єкти екологізації (складено автором)

Стратегії впливу на сфери господарювання. Як відомо, в ринкових умовах механізми регулювання економічних відносин між господарськими суб'єктами реалізуються через взаємодію попиту та пропозиції. Вплив на ці дві компоненти ринку і сферу, яка б пов'язала їх, є вихідною передумовою формування ключових стратегічних схем управління процесами екологізації. У літературі з проблем екологізації (Oosterhuis et al, 1996) називаються, як правило, три ключові стратегії впливу на економічних суб'єктів з метою реалізації екологізації (сестейнізації) економіки:

- 1) вплив на пропозицію (виробництво);
- 2) вплив на попит (споживання);
- 3) вплив на інтерфейсну сферу, тобто взаємозв'язки між виробниками і споживачами. Схематично це показано на рис. 2.8.



Е К О Д Е С Т Р У К Т И В Н І Ф А К Т О Р И



ХАРАКТЕР ПРИЧИН ЕКОДЕСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ

- Обумовлені виробництвом
 - Обумовлені інтерфейсною сферою
 - Обумовлені споживачем

Рисунок 2.8 – Схема реалізації стратегій впливу на сфери діяльності з метою екологізації економіки (складено автором)

Як бачимо, явище сестейнізації господарської системи має ряд відмінних ознак. По-перше, воно дуже динамічне і в разі успішної реалізації повинне представляти собою не разову міру і навіть не комплекс заходів, а постійний процес відтворення трансформацій економіки. По-друге, ці зміни повинні стосуватися не окремих ланок, а цілісної системи господарського механізму. По-третє, рушійною силою згаданих процесів повинні бути не тільки стимулювальні сигнали, що надходять з верхніх ешелонів влади, а й мотиваційні імпульси сестейного самовдосконалення, внутрішньо властиві економічним суб'єктам різних управлінських рівнів.

2.5. Проблеми і методи управління сестейним розвитком

Мистецтво сестейного управління трьома системами (а саме: біологічною природою людини, біосферою та соціально-економічною системою) полягає в тому, щоб підтримувати відносно незмінним стан перших двох систем і з необхідною швидкістю змінювати стан третьої системи. Необхідно, щоб матеріаломісткість та енергоємність забезпечення життєздатності людства (в розрахунку на одну людину) зменшувалися б принаймні такими самими темпами, з якими зростає населення планети (рис. 2.9).

Доречно нагадати, що управління станом відкритої стаціонарної системи може здійснюватися на основі двох видів механізмів зворотного зв'язку – негативного і позитивного. За допомогою негативних механізмів зворотного зв'язку система намагається зберегти свій колишній стан, тому вона діє в напрямку, протилежному дії (змінам) зовнішнього середовища, тобто так, щоб компенсувати (або погасити) цей вплив. За допомогою позитивних механізмів зворотного зв'язку система трансформує свій стан у тому самому напрямку, в якому її змушують діяти зміни зовнішнього середовища (Веклич, 2009; Жарова, 2012).

Методи стримування. Спираючись на вищезазначене, можна стверджувати, що об'єктивна необхідність застосування людиною механізмів негативного зворотного зв'язку виникає щодо тих систем, рівень гомеостазу яких не може бути змінений (якщо не теоретично, то принаймні практично) в межах просторово-часових параметрів, які визначають існування на Землі біосфери і людської цивілізації.

До таких систем належать: 1) біосфера планети і її складові екосистеми; 2) біологічна природа самої людини. Людина може існувати тільки в дуже вузькому інтервалі фізико-хімічних параметрів середовища, в яких вона була сформована природою. Відхилення цих параметрів в той чи інший бік загрожує загибеллю людської цивілізації. Збереження цього вузь-

кого інтервалу параметрів середовища повинно забезпечуватися механізмами негативного зворотного зв'язку (обмеження, регламентування, стандарти, заборони, стримування, санкції і т. п.).

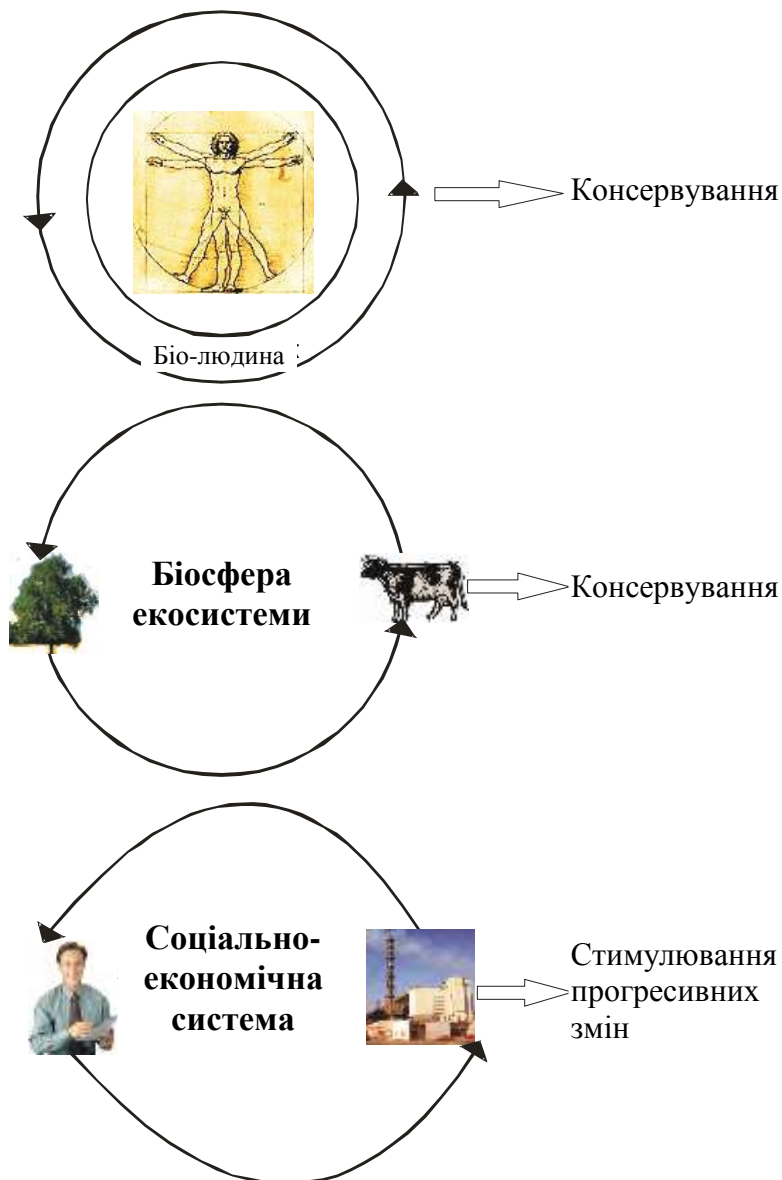


Рисунок 2.9 – Підходи до управління базовими системами при забезпеченні сестейного розвитку (складено автором)

Обмеження, пов'язані з необхідністю збереження гомеостазу біосфери і складових екосистем, на відміну від обмежень, які забезпечують гомеостаз біологічної природи людини, мають відносний характер. Зміна умов природного середовища та гомеостазу біосфери матиме фатальний характер не для самої біосфери – за кілька мільярдів років вона зазнала безліч змін, зокрема, була свідком існування близько 4 млрд біологічних видів, які на сьогодні вже зникли. Збереження існуючих природних умов і гомеостазу планетних екосистем необхідне саме для людини.

Це обумовлює використання механізмів негативного зворотного зв'язку, спрямованого на консервування природних територій (заповідників, заказників, природних парків) і застосування обмежень екологічного впливу на компоненти природного середовища.

Методи стимулювання. Підхід, спрямований на активізацію прогресивних трансформацій, на відміну від попереднього, не обмежує, а, навпаки, стимулює зміни за умови, звичайно, що вони будуть сприяти зменшенню екодеструктивного тиску на навколишнє середовище. Такий підхід базується на застосуванні механізмів позитивного зворотного зв'язку.

Саме цей підхід зумовив той процес, який перетворив людину з суто біологічної істоти на соціальну (інформаційну, особистісну) сутність, якою вона є сьогодні.

Форми методів, спрямованих на прогресивні зміни, будуються на різного роду пільгах (в оподаткуванні, кредитній політиці, ціноутворенні, субсидуванні, ін.). Вони покликані стимулювати розвиток «зеленої» економіки, інновацій екологічного спрямування, ресурсозбереження – всього того, що сприяє переходу до сестейнового розвитку. Цьому ж підпорядковуються державна підтримка, формування громадської думки, діяльність неурядових організацій тощо.

У сукупності методи управління, що базуються на негативній і позитивній мотивації, повинні забезпечувати здійснення не окремих заходів екологічного спрямування, а системне формування господарського механізму, який би постійно відтворював взаємозв'язані і взаємообумовлені системні блоки, що наближають економіку до *сестейнового розвитку*.

2.6. Мотиваційні інструменти сестейнізації економіки

Під *мотиваційним інструментарієм* сестейнізації економіки необхідно розуміти систему адміністративних, екологічних та соціально-психологічних інструментів, що забезпечують вплив на окремих людей і колективи для досягнення цілей переходу до сестейнового розвитку. Основні напрямки формування мотиваційних інструментів, що використовуються в практиці розвинених країн, подані в табл. 2.6.

Здійснення послідовних інноваційних процесів екологізації соціально-економічного розвитку можливе лише в тому випадку, якщо економіці країни та її структурним підрозділам вдасться сформувати відтворювальні механізми, що забезпечують рушійну силу економічних процесів. В даному випадку використана термінологія («відтворювальний механізм», а не, скажімо, комплекс заходів) підкреслює необхідну і життєво важливу

Таблиця 2.6 – Класифікація мотиваційних інструментів екологізації (складено автором на основі Environmental, 1998)

Категорія	Зміст	Приклади
1	2	3
Інструменти прямого регулювання	Обмежують і регламентують поведінку на ринку з точки зору екологічної політики	Заборони, процедури визнання і реєстрації; екологічні стандарти, гарантії, квоти ресурсів; квоти відходності; екологічна регламентація реклами; обмеження; зобов'язання споживача тощо
Економічні інструменти	Діють на ринку, встановлюючи економічні стимули, які повинні сприяти екологічно якісним продуктам і виступати проти екологічно шкідливих продуктів	Екологічні податки і тарифи на продукцію; платежі; фінансове сприяння; ринкові ліцензії; платежі, передача форм власності
Інструменти обов'язкового інформування	Зобов'язують виробника інформувати споживача про певні екологічні характеристики продукції	Обов'язкова наявність екологічного маркування, декларування вмісту речовин
Інструменти добровільного інформування	Передбачають інформування на добровільній основі про екологічні характеристики продукції	Публікація екологічних звітів, екомаркування продукції, екологічні знаки якості
Добровільні угоди з екологічних позицій	Встановлюються між економічними суб'єктами для розмежування різних повноважень інтересів (зазвичай це угоди між урядом та торговими чи виробничими підприємствами). Спрямовані на гарантію певних екологічних умов; можуть мати більш-менш узаконений обов'язковий характер	Підписані угоди; оголошення; самозобов'язання
Нетрадиційні інституційні угоди	Збільшують сферу відповідальності фірм, встановлюючи нові відносини між виробниками і споживачами, з приводу відповідальності за екологічні наслідки, а також відповідно розширюють саме поняття «продукції»	Еколізінг, розподіл екологічної відповідальності та екологічних витрат, формування спільних екологічних фондів
Інструменти екологічного захисту споживача	Охоплюють заходи споживчих спілок, консультативних центрів; передбачають споживчі санкції	Економічні та моральні санкції, громадський тиск

1	2	3
Нетрадиційні форми співпраці	Встановлюють зв'язок між різними суб'єктами з метою досягнення двосторонньої вигоди	Співпраця між виробниками та екологічними організаціями, між торгівлею та екологічними організаціями

умову – існування постійного відновлення і безперервного повторювання економічних передумов, що забезпечують наявність імпульсів та рушійних мотивів, адекватних мінливій соціальній та економічній ситуації в країні.

Сьогодні в країнах ЄС для стимулювання процесів сестейнізації економіки використовуються три провідні групи інструментів:

- **адміністративно-командні інструменти** («жорстке право») – накази і директиви, заборони, обмеження (зокрема за обсягом викидів в атмосферу) або процедури ліцензування;
- **економічні інструменти** (орієнтовані на ринок закони) – «зелене» оподаткування, екологічні платежі, сертифікати (торгові дозволи) або правила відповідальності, «зелені» субсидії і схеми просування, а також скасування тих субсидій, які завдають шкоди навколишньому середовищу (наприклад, дотування цін на викопні види палива);
- **добровільні інструменти** («м'яке право») – інформація, системи управління, періодичний обмін досвідом або добровільні угоди між державними структурами і асоціаціями приватних підприємців («зелені» договори або союзи).

Приклади інструментів «жорсткого права»:

- Регламент 2007/715/EU від 20 червня 2007 року про дозвіл на використання за токсичністю вихлопу видів легкового пасажирського і вантажного транспорту (Євро 5 і Євро 6) та про доступ до інформації щодо ремонту і профілактики транспортних засобів.
- Директива 2010/30/EU від 19 травня 2010 року про надання на етикетці і в загальній інформації про продукт характеристик споживання енергії та інших ресурсів, що містять енергозалежні продукти.
- Директива 2010/31 / EU19 від 19 травня 2010 року про енергоспоживання будівель передбачає: країни-члени ЄС повинні забезпечити, щоб після 31 грудня 2018 року всі нові будівлі, які займають державні структури (або перебувають у їх володінні), були близькими до «нульового споживання енергії», а після 31 грудня 2020 р. цій вимозі повинні відповідати всі будівлі, що вводяться в дію.

Інструменти «м'якого права»:

- матеріали інформаційного центру із «зеленої» економіки / «зеленого» бізнесу (інтернет-ресурс); приклад найбільш успішної практики – Сайт Infocenter Environment / Economy (IZU);

- «зелені» рекомендації; приклад найбільш успішної практики – www.izu.bayern.de «Branchenleitfäden», де наводять екологічні поради для бізнесу: для готелів, підприємств громадського харчування, автомобільних і транспортних підприємств, піщаних кар'єрів, друкарень та ін.;
- системи управління (природокористування) «зеленого» бізнесу; приклад найбільш успішної практики – схеми екоменеджменту та аудиту (EMAS), Системи управління природокористуванням ISO 14001;
- системи управління енергокористуванням ISO 50001; мета стандарту – надання підприємствам керівництва з оптимізації процесу споживання енергетичних ресурсів і системного управління цим процесом;
- добровільні угоди («зелені» договори або союзи) між державою і діловими структурами; зразок найбільш успішної практики – Природоохоронний пакт Баварії (Umweltpakt Bayern): (уряд Баварії і представники баварської економіки добровільно взяли на себе зобов'язання з охорони навколишнього середовища); Umweltpakt Bayern став прикладом акцій подібного роду для інших федеральних земель.

У країнах ЄС широко застосовуються заходи економічного стимулювання розвитку сестейнової («зеленої») економіки. Стратегія ЄС до 2020 року передбачає інтеграцію елементів «зеленої» економіки в стратегії з економіки і зайнятості. Концепція «зеленої» економіки пов'язується євроінститутами з реалізацією Дорожньої карти щодо переходу до конкурентоспроможної низьковуглецевої економіки ЄС до 2050 року.

Приклади економічних стимулів

- *Податки на енергію.* В ЄС 27 податків на енергію становлять практично 72% всіх екоподатків, що в грошовому вираженні становить 220 млрд. євро, або 1,8% ВВП. В основу екологізації податкових систем покладено ідею подвійного виграшу – потенційного стимулювання зайнятості та підтримки конкурентоспроможності національних виробників. Наразі екологічні податки займають значне місце в податкових системах більшості країн ЄС.
- *Пільгові податки на відновлювану енергетику.* Закон про відновлювані джерела енергії покликаний розширити виробництво енергетичних установок на базі відновлюваних джерел. Мета – збільшити частку відновлюваних джерел енергії у споживанні енергії і безперервно нарощувати її в подальшому.
- *Програма підвищення енергоефективності будівель.*
- *Розширення екоіндустрії.* Річний оборот екоіндустрії ЄС становить понад 300 млрд євро (2,5 відсотка ВВП), близько 3,4 млн осіб (1,5% всіх працевлаштованих) безпосередньо зайняті в цій сфері. Чверть усіх інвестицій – це інвестиції в чисті технології.
- *Інші інструменти.* Німеччина, Іспанія і ряд інших країн ввели в практику *нові тарифи* на подачу в мережі електроенергії від ВДЕ приватних виробників. У Фінляндії, Греції, Великобританії використовують гранти, по-

даткові стимули і навіть спеціальні приписи, покликані спонукати стимулювання виробництва та використання екологічно безпечних джерел енергії.

Диверсифікація інструментів. Різноманітність організацій та відомств, що беруть участь у просуванні та розвитку «зеленої» економіки, є наслідком широкої інтерпретації концепції «зеленої» економіки на національному рівні. Це свідчить про те, що вона охоплює цілий ряд галузей та пріоритетів. Як правило, міністерства навколишнього середовища здійснюють загальне керівництво, маючи у своєму розпорядженні загальну інформацію з питань «зеленої» економіки та ресурсоефективності. Вони також відповідають за інтеграцію різних пріоритетів у рамках цих концепцій. Однак масштаб і сфери відповідальності цих міністерств можуть істотно відрізнятись у різних країнах. Це відображає більш широкі розбіжності в національних пріоритетах та розмежуванні повноважень між відомствами, що склалися в країнах.

Цифри і факти по європейських країнам **НІМЕЧЧИНА**

- Екоподаткова реформа приносить до бюджету Німеччини щорічно понад 20 млрд євро «зелених податків».
- Прийнято Національну програму з ефективності використання ресурсів та Національну дослідницьку стратегію з біоекономіки. Діє Програма екотехнологій Міністерства досліджень і технологій.

ФРАНЦІЯ

- Заходи в галузі клімату і навколишнього середовища включено до пакета стимулювання, який орієнтує на пріоритетні сфери діяльності, визначені рамковою програмою «Grenelle Environnement». Її метою є вироблення нового національного підходу до сестейнового розвитку та створення національної «дорожньої карти» в інтересах екології, сестейнового розвитку та регулювання землекористування.
- «Зелені» інвестиції становлять 18,3 відсотка (6,1 млрд дол. США) від загальної вартості плану відновлення економіки (34 млрд дол. США).
- У портфелі «зелених» витрат стимулюючого пакета Франції переважають інвестиції в енергетику, а саме в оновлення існуючих електростанцій, інфраструктуру електромереж і відновлювану енергетику.

БРИТАНІЯ – третій за величиною ринок екологічно чистих продуктів в Європі після Німеччини та Італії.

- Першою ввела податок на захоронення та складування відходів, а за рахунок отриманих від цього коштів знизила ставку відрахувань до соціальних фондів обов'язкового соціального страхування.
- Задекларовано розвиток економіки з низьким рівнем викиду CO₂ і «зеленими технологіями» як стратегію національного розвитку. Зокрема, оприлюднено «зелені» проекти, націлені на створення 100 тис. робочих місць у будівництві шкіл, лікарень та залізниць.

- Створено банк «зелених» інвестицій (Green Investment Bank), на який у бюджеті країни закладено 1 млрд фунтів стерлінгів. Дослідження і технологічні інновації допоможуть країні досягти одну з головних цілей – здійснювати боротьбу зі змінами клімату і створити робочі місця в галузі екологічного виробництва.

Економічна криза, яку болісно пережили більшість країн ЄС, привела до перегляду позицій ЄК щодо розвитку. З огляду на економічну рецесію в багатьох країнах членами Європейського Союзу було запропоновано «переглянути значення обробної промисловості». Частка промислового сектора в економіці Євросоюзу буде збільшена на 20% до 2020 року. Наразі питома вага промисловості – близько 15 відсотків. На порозі – Третя промислова революція. Вона розпочалася з переходом до цифрових засобів зв'язку та виробництва (3D-printing). Інтернет змінив світ, очікування людей, темпи і масштаби переміщення інформації. Але джерела енергії залишилися ті самі. Тепер на черзі – перехід до економіки знань, об'ємне друковане виробництво та відновлювані джерела енергії. Будинки стають активними одиницями виробництва енергії в розподіленій ієрархічній «інтелектуалізованій» енергомережі. Усе це обумовлює зниження ролі викопного палива, а також створює умови для задоволення індивідуальних запитів членів суспільства замість масового споживання універсальних виробів та послуг.

Питання до розділу 2

1. Дайте визначення поняття «система» та розкрийте його зміст.
2. Розкрийте зміст античного визначення системи. Наведіть приклади, які його ілюструють.
3. Поясніть роль відкритості у функціонуванні та розвитку систем.
4. Що таке метаболізм? Яка його роль у функціонуванні і розвитку системи?
5. Які три природні начала лежать в основі формування систем? У чому полягають їх функції?
6. Поясніть взаємозв'язок і взаємозалежність трьох природних начал при формуванні системи.
7. Поясніть роль відтворювального феномену як інтегруючого начала у формуванні системи.
8. Поясніть, яким чином система може проявляти властивості матеріального об'єкта, інформаційної програми і синергетичного феномену.
9. На конкретних прикладах поясніть, як можна сприяти формуванню або руйнуванню системи, впливаючи на кожне із її начал: матеріальне, інформаційне, синергетичне.

10. Пріоритет дії на яке чи які із зазначених природних начал (матеріальне, інформаційне, синергетичне) відповідає сучасним тенденціям? Поясніть свою думку.

11. Термін «сестейновий розвиток» (sustainable development) походить від слова sustain опора, тримати. Чим, на Вашу думку, повинен підтримуватися цей розвиток?

12. Роль людини у забезпеченні *сестейнового розвитку*?

13. Яка роль підтримання триєдиної основи відтворювального механізму у забезпеченні сестейнового розвитку?

14. У чому полягає метод «м'якого» управління природою, сформульований Н. Ф. Реймерсом? Наведіть приклади закономірностей (правил), які обґрунтовують цей метод.

15. Які п'ять напрямків можуть бути покладені в основу формування принципів організації сестейнового розвитку?

16. Які принципи можуть бути покладені в основу організації суспільства в просторі заради забезпечення сестейнового розвитку?

17. Які принципи можуть бути покладені в основу організації суспільства у часі заради забезпечення сестейнового розвитку?

18. Які принципи можуть бути покладені в основу забезпечення стійкості соціально-економічної та екологічної систем?

19. Яка роль цілеспрямованості у забезпеченні сестейнового розвитку?

20. Яка роль мотиваційних важелів у забезпеченні сестейнового розвитку?

21. Охарактеризуйте процеси сестейнізації та екологізації економіки.

22. Охарактеризуйте складові відтворювального механізму сестейнізації економіки.

23. Які можна назвати об'єкти і суб'єкти екологізації?

24. Охарактеризуйте ключові напрямки сестейнізації економіки.

25. Які можна назвати цілі сестейнізації?

26. Охарактеризуйте основні стратегії впливу у сфері діяльності з метою екологізації економіки.

27. Охарактеризуйте стратегії впливу на об'єкти екологізації.

28. Охарактеризуйте основні методи реалізації політики екологізації економіки.

Розділ 3

ІНДУСТРІЇ 3.0 І 4.0 ЯК ТРАНСФОРМАЦІЙНА ОСНОВА ФОРМУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ

3.1. Об'єктивні передумови виникнення Третьої і Четвертої промислових революцій

Перехід до «зеленої» економіки передбачає неминучі радикальні перетворення суспільства. Саме це завдання необхідно було вирішити Третій і Четвертій промисловим революціям (Т.п.р. і Ч.п.р.), в які зараз стрімко входить людське суспільство. Їх ще називають Industry 3.0 і Industry 4.0.

Всі ці трансформації обіцяють стосуватися не лише технологічної основи. На думку вчених, повинен відбутися безпрецедентний *фазовий перехід*, який можна порівняти за масштабами і значенням з неолітичною революцією, яка поклала початок переходу людини до трудової діяльності. Очікується, що зміняться всі сторони існування людської цивілізації, включаючи засоби виробництва, економічні відносини, стиль життя людини, її базові потреби і заняття, а також багато інших атрибутів життя. У ряді публікацій (Агамірзян, 2013; Mindell, 2002; Rifkin, 2013; Rifkin, 2015; Schwab, 2016) розглянуті окремі сторони трансформаційних процесів у ході Т.п.р. і Ч.п.р.

Економіка є тією ключовою сферою суспільства, що забезпечує реалізацію процесів виробництва і споживання продукції. Тому вона повною мірою залежить від базових технологій виробництва матеріальних ресурсів та енергії.

Т.п.р. виникла як реакція виробничої системи на екологічні проблеми, які не в змозі вирішити існуюча соціально-економічна формація. Мабуть, неможливо дати просте визначення Т.п.р. як будь-якому складному, багатомірному явищу. З урахуванням цього Т.п.р. може бути визначена через формулювання її базових відмінних особливостей.

Третя промислова революція – це явище радикальної якісної трансформації соціально-економічної системи, що характеризується: *переходом на відновлювані джерела енергії і сировини, масовим впровадженням адитивних технологій та мережесих виробничих систем, цифровою основою фіксації і передачі інформації, формуванням горизонтальних виробничо-споживчих структур і відповідних їм солідарних форм економічних відносин.*

Четверта промислова революція – це явище впровадження кіберфізичних систем у процеси виробництва та споживання продукції, при

якому виникають повністю автоматизовані мережі, що діють без безпосередньої участі людини (Schwab, 2016; Industry, 2016).

Суть наведених визначень стає зрозумілою лише при більш детальному розгляді змісту компонентів, що їх утворюють.

3.2. Основні завдання Третьої промислової революції

Як ми вже зазначали, для якісних перетворень економічної системи має бути готовий стан компонентів тріади системоутворювальних груп факторів. Це означає, що кожна з названих груп (матеріально-енергетичних, інформаційних та синергетичних) повинна відповідати цілям і завданням трансформаційного стрибка й узгоджуватися відповідно з двома іншими групами. Таким чином, у новому стані всі три групи факторів повинні відповідати одна одній. При цьому на різних етапах соціально-економічного розвитку провідну роль своєрідного «локомотива» перетворень зазвичай відіграє одна з трьох названих груп факторів.

Перша промислова революція і зародження індустріальної формації. У ході Першої промислової революції (що також називають Великою індустріальною), перебіг якої зазвичай датується орієнтовно 1770–1860 рр., лідируючу роль у трансформаційних процесах займала *матеріально-енергетична* група факторів. Основним можна вважати те, що було започатковано перехід від ручної праці до машинної.

Серед ключових явищ Першої промислової революції можна виділити (Промышленная, 2016):

- впровадження *прядильних машин* Р. Аркрайта (Richard Arkwright) (1769), які полегшили ручну працю в процесах прядіння нитки з бавовни;
- використання *парового двигуна* Дж. Ватта (James Wätt) (1775) в машинах для відкачування води в шахтах, а також на тих виробництвах (напр., млинах), де недоступним було використання гідравлічної енергії;
- впровадження в металургії винайденого Г. Кортон (Henry Cort) *процесу пудлінгування* (1783–1784), що дозволив замінити деревне вугілля на кам'яновугільний кокс, який почав використовуватися як енергоносіє у чорній металургії під час виробництва переробного та ковкого чавуну.

Як бачимо, ключові «прориви» Першої промислової революції, прямо або опосередковано були пов'язані з вирішенням саме енергетичних проблем. Один із них вирішував проблему дефіциту робочої сили (фізичної праці), що виникла внаслідок депопуляції в Європі через кілька хвиль епідемій (Щедровицкий, 2014). Інший був безпосередньо пов'язаний з необхідністю посилення потужності знарядь праці, що досягалося за рахунок впровадження у виробництво винайденної парової машини і її «накачування» енергоносіями (деревиною, вугіллям). Третій вирішував проблему

дефіциту енергоносіїв, що виникла через вирубування лісів у Європі. Зазначена промислова революція вирішувала також і інші проблеми модернізації саме матеріальної основи. На зміну деревині як основного будівельного і конструкційного матеріалу прийшов метал, який давав можливість різко підвищити міцність виробів, а отже, і підняти межі силових навантажень, які вони могли витримати. Завдяки цьому значно розширювалися функціональні можливості промислового виробництва, будівництва, сфери споживання.

Існувала ще одна причина, яка обумовила виникнення достатніх передумов для початку промислової революції. До другої половини XVIII століття в Європі (насамперед в Англії завдяки потенціалу її колоній) відбулося накопичення критичної маси капіталу. Саме він відіграв роль квазі-енергетичного ресурсу для забезпечення техніко-економічних трансформацій необхідним фінансовим «паливом».

Таким чином, можна констатувати, що і *передумови необхідності* (зміни ресурсної парадигми), викликані дефіцитом робочої сили і енергоресурсів (деревини), і *передумови достатності*, обумовлені формуванням економічних можливостей, мали матеріально-енергетичний характер. Саме матеріальні чинники створювали імпульси до трансформації (приведення у відповідність) двох інших груп чинників – інформаційних та синергетичних.

Зокрема, розпочало рух компоненти, що формують склад *інформаційних факторів*. Стали значущими наука і технічні винаходи окремих умільців, які до того гальмувалися невідповідністю суспільства.

Досить згадати, що історичному винаходу Джеймса Ватта передували десятиліття праці і десятки аналогічних винаходів інших умільців (найбільш відомими є запатентовані двигуни Томаса Севері (Thomas Savery), 1698, і Томаса Ньюкомена (Thomas Newcomen), 1712, а, крім того, експерименти різних дослідників, які вивчали пов'язані з цим термодинамічні процеси (зокрема, Дені Папена (Denis Papin), початок 1700 років) (Промышленная, 2016).

Також було дано поштовх розвитку *синергетичних факторів*. Виробничий потенціал фабрик зріс і вимагав розвитку транспортних комунікацій (залізничних доріг, каналів), з одного боку, для поставок вихідних ресурсів, з іншого – для торгівлі готовою продукцією. Це стимулювало також розвиток більш швидких засобів зв'язку (зокрема, телеграфа).

Друга промислова революція і розвиток індустріального суспільства. «Розкочегарений» паровою машиною експрес Першої промислової революції поступово набирал обертів, «в'їжджаючи» в XIX століття. І тут з'ясувалося, що для його подальшого просування вперед потрібні не лише достатня кількість енергоносіїв, а й «паливо» іншого виду. Індустріально-

фабричний монстр, який збільшився в розмірах, набув енергетичної могутності, але був незграбним у своїй координації, почав «задохатися» без нових інформаційних ідей. Вони стали життєво необхідними для удосконалення виробничого обладнання, підвищення точності його роботи, поліпшення якості продукції, що випускалася, об'єднання в єдине системне ціле виробничих потужностей, що розповзалися на великі відстані від джерел сировини і споживчих мереж. Матеріально-енергетичні фактори почали поступатися у лідерстві *факторам інформаційної групи*.

У Другій промисловій революції (яка стартувала з 1860 років) рушійною силою трансформацій стає саме інформація. Розвиток економіки починає базуватися переважно на наукових досягненнях, а не просто на вдалих винаходах. Удосконалюються процеси отримання металів і металообробки, розвивається машинобудування. Виробничі процеси починають формуватися на основі рукотворних хімічних та фізичних явищ (синтез новостворених речовин і тих, що вже використовуються у виробництві, нові технології виробництва виробів, нові принципи двигунів і видів транспорту, електрифікація виробничих процесів та ін.) (Вторая промышленная, 2016).

Безумовно, розвиток інформаційної основи впливав на матеріально-енергетичну і синергетичну групи факторів. Створювалися нові способи отримання і використання енергії, нові матеріали, двигуни, транспортні засоби. Удосконалювалися комунікації (створювалися мережі транспортних магістралей, лінії зв'язку тощо).

Ініціюючи розвиток двох інших груп факторів (матеріальних та синергетичних), потужний поштовх отримали і самі *інформаційні фактори*. Зазнали підйому фундаментальна і прикладна науки. Держава і окремі корпорації почали вкладати у це значні кошти. Виникли нові засоби фіксації, обробки, передачі і відтворення інформації (поліграфія, телефон, радіо, фотографія, кіно, відео, телебачення, комп'ютер (електронно-обчислювальна машина), факс, ксерокс, принтер).

Але найголовніше – нові умови виробництва почали вимагати нових знань, світогляду, інтелектуальних навичок роботи, причому для більшості виконавців. Професія під умовною назвою «білий комірець» (а це – інженерно-технічні працівники, службовці, секретарі, менеджери тощо) перетворилася на масову. Виникла потреба в забезпеченні загальної грамотності, використанні нових методів управління, застосування специфічних прийомів впливу на робітників, їх організації і мотивації праці.

Таким чином, можна стверджувати, що Друга промислова революція створила не тільки металорізальні верстати, потокове виробництво, електрику, телефон, радіо, комп'ютер, автомобіль та авіацію. Її творінням стала також нова «людина-труд» – учасник виробничого процесу, масовий працівник, в діяльності якого навички розумової праці були пріоритетними.

Лише такий виконавець здатний орієнтуватися в інформаційних умовах промислового виробництва, які значно ускладнилися. Лише такий виконавець може розробляти стандарти і досягати їх дотримання, без чого неможливо створення виробів, які складаються із сотень деталей, виготовлених тисячами робітників у різних куточках Землі.

Лише такий працівник здатний контролювати десятки параметрів виробничих процесів, що відбуваються у надвисоких (поза межних) фізико-хімічних режимах (температур, тисків, електромагнітних характеристик, радіації, хімічної агресивності або біологічної активності).

Лише такий виконавець може керувати колективами працівників, у руках яких сконцентрована подібна енергетична могутність. Лише такий виконавець може справлятися із завданнями самоорганізації, самонавчання та саморозвитку, необхідність яких диктується колосальною швидкістю змін в умовах соціально-економічного середовища.

Одночасно відбувалися якісні структурні зміни суспільства. У промислово розвинених країнах критична більшість населення стала належати до інтелектуалізованих виконавців, які в більшості своїй залишалися найманими працівниками. Але саме вони зі своїми потребами і фінансовими можливостями перетворилися на масових споживачів (а отже, і замовників) виробленої продукції, визначаючи попит на неї.

Під впливом процесу інтелектуалізації споживачів вигляд цієї продукції постійно змінюється. Зростає складова інформаційних факторів, зростають наукоємність та інформаційна ємність. Сучасні побутові прилади, засоби зв'язку, житло, індивідуальний транспорт стають все «розумнішими», вбираючи в себе керуючі електронні засоби і навіть елементи комп'ютерної техніки. Те саме можна сказати і про ще одну частину товарів, що надходять на ринок, – *засоби виробництва*. Не менше інформатизується і *сфера послуг*. Це стосується як самих послуг (освіти, літератури, мистецтва, шоу, туризму), так і засобів їх виробництва.

Є ще одна важлива особливість функціонування економіки в індустріальному суспільстві. В умовах стихійного формування попиту на різні потреби людини (фізіологічні, особистісні, трудові) і безсистемності участі ринку в особистісному розвитку людини *масовий* інтелектуалізований покупець почав формувати такі самі масові моделі споживання і стилю життя, до яких повинні прагнути («підтягнутися») інші представники суспільства (за винятком нечисленної частини населення з надприбутками). Таким чином, на цьому етапі розвитку суспільства дані ринкові механізми формують потужні стимули розвитку економіки (зокрема і шляхом її інтенсивної інформатизації). Разом із тим не можна не визнати, що подібні механізми створюють значні можливості і для недобросовісних маніпуляцій попитом на різні види товарів. Унаслідок цього у значної частини населення формується попит на задоволення потреб у виробах та послугах (косметиці, харчових добавках, ліках, одязі, захопленнях тощо), які не лише не сприяють

особистісному розвитку людини, але часто і перешкоджають йому або навіть шкодять здоров'ю людини.

Підбиваючи підсумки зазначеного, можна констатувати, що *передумови необхідності* в ході трансформаційних процесів Другої промислової революції почали обумовлюватися потребами інтелектуалізованої «людини-трудо», яка в той самий час перетворилася на масового покупця на ринку. Стрімко зростаючі доходи останнього стали виконувати функції капіталу (своєрідної квазіенергії економічної системи), чим фінансово забезпечили попит на масово вироблену продукцію. Це і створило *передумови достатності* у розвитку індустріального суспільства.

До другої половини ХХ століття можливості індустріального суспільства стали вичерпуватися, стикаючись із жорсткими обмеженнями впливу на природне середовище. Колосальна матеріаломісткість та енергоємність економічних систем, глобальні масштаби виробничого комплексу на тлі прогресуючого зростання населення планети виявилися несумісними з реальними можливостями відтворення локальних екосистем та біосфери в цілому.

При цьому головною проблемою стає, на відміну від Першої промислової революції, не дефіцит природних ресурсів – з цим індустріальна технологічна основа навчилася справлятися, зокрема шляхом заміщення одних вихідних матеріальних ресурсів на інші. Значно складніше виявилось вирішити проблеми деградації локальних екосистем і біосфери в цілому, тобто природних систем, які забезпечують формування асиміляційного потенціалу планети, а також утримують енергетичну систему Землі від руйнування внаслідок перевиробництва енергії людиною.

Цілі і завдання Третьої промислової революції (Т.п.р.). Вже зазначені та інші протиріччя (детально про них не дозволяє говорити обмежений обсяг розділу), які неможливо було вирішити в межах індустріального суспільства ХХ століття, була покликана вирішити Третя промислова революція. Основні її компоненти (цифрові технології, масова комп'ютеризація і мережізація населення) зароджувалися в ході завершальної хвилі промислових трансформацій Д.п.р.

Основні завдання, які повинна вирішити (Т.п.р.), принципово відрізняються від завдань двох її попередниць – Першої та Другої промреволюцій. У ході П.п.р., а особливо Д.п.р. людство намагалося наростити свою матеріально-енергетичну міць, змагаючись у цьому з природною стихією. Досить зазначити, що в 1950 роках у багатьох країнах девізом було: «все, що велике, – красиво!»

Для Т.п.р. історично була задана інша мета: на новій хвилі соціально-енергетичного розвитку повернутися до гармонії з природою через трансформацію виробничих систем, екологізацію суспільного устрою, стилю

життя і екологічно спрямоване перетворення самої людини. За таких умов необхідно прагнути не до збільшення масштабів, потужностей і форм суспільного виробництва, а швидше до їх мініатюризації, що, як правило, супроводжується зростанням продуктивності, збільшенням функціональних можливостей, підвищенням ефективності економічних систем.

Як і в двох попередніх промислових революціях, у Третій – трансформаційним зрушенням піддаються всі три групи системоутворювальних факторів економічних систем: матеріально-енергетичні, інформаційні і синергетичні. Однак на сучасному етапі естафета лідерства переходить до *синергетичних* факторів. Саме вони покликані інтегрувати окремі компоненти локальних економічних систем в єдине системне ціле – глобальну економіку «космічного корабля» Земля. Саме такі інтеграційні процеси відбуваються у природі, де окремі локальні екосистеми, об'єднуючись, формують єдину біосферу планети.

Те, що в ході Третьої промислової революції основою трансформаційних процесів, які відбуваються, стають синергетичні (комунікаційні) фактори, пояснюється об'єктивними причинами.

По-перше, у виробничому секторі «центр ваги» переноситься з великих господарських форм (потужних регіональних електростанцій, виробничих гігантів, величезних переробних і таких, що збагачують сировиною, комплексів) на мережі, що складаються з тисяч і навіть мільйонів маленьких виробничих одиниць (ІТ-підприємств, міні-енергетичних установок, що використовують 3D-принтери виробництв). Вони можуть стати реальною продуктивною силою, лише будучи об'єднаними в цілісні системи.

По-друге, сьогодні реальністю стає діяльність транскордонних віртуальних виробництв, які можуть функціонувати лише на основі досконалих синергетичних зв'язків.

По-третє, функціонування комп'ютерних (інформаційних) керуючих систем за принципом: «розумний» завод, «розумний» будинок, «розумне» місто, «розумна» транспортна магістраль, «розумна» країна – також не здійсненне без аналітичного й інтегруючого впливу інформаційних мереж (передусім Інтернету).

По-четверте, сам Інтернет як базовий фактор всепланетної пам'яті людства став продуктом синергетичної інтеграції локальних інформаційних систем.

На середину 2017 року кількість споживачів, які регулярно використовують Інтернет, становила понад 4 млрд осіб, тобто практично перевищила половину населення Землі. З 2000 року частка користувачів Інтернету збільшилась в 8 разів – з 6,5 до 54% (Гоголадзе, 2018). В Європі проникнення Інтернету досягло 75%, в Північній і Південній Америці – 66%. А в таких країнах, як Норвегія, Великобританія, Катар, Японія і ОАЕ, перевищило 90% (Пользователи, 2017). Кількість підключень мобільного зв'язку у

2016 р. досягла 8 млрд (тобто перевищила кількість населення Землі) (Мобильная, 2017). Наразі дві третини мешканців Землі користуються мобільними телефонами, в більшості – смартфонами. Значна кількість має їх по два і більше. Хоча у Африці лише половина населення має мобільні пристрої. Обсяг електронної торгівлі наближається до 20% всесвітнього обсягу продажів, досягнувши на кінець 2017 р. обсягу у 1,5 трлн доларів США (Голадзе, 2018).

Фактично межу ХХ і ХХІ століть і слід вважати часом початку Третньої промислової революції. Саме в цей період повною мірою з'єдналися в єдине ціле – Всесвітню павутину (www – World Wide Web) – три головних винаходи людства, які формують ключові інструменти всепланетної пам'яті: персональний комп'ютер, Інтернет та цифрові технології. Вони і забезпечили колосальну швидкість (швидкодію) реалізації на глобальному рівні трьох ключових функцій пам'яті, а саме: фіксації, зберігання та відтворення інформації в будь-яких її формах (друкованих, аудіо-, відео-). Це і стало в кінцевому підсумку причиною вибухового лавиноподібного прогресу суспільних відносин і технологій, зокрема через трансфер останніх, оскільки швидкість розвитку будь-яких систем (зокрема соціально-економічних) обумовлена саме характеристиками швидкодії їх пам'яті.

Одним із найважливіших завдань трансформації матеріально-енергетичної основи економіки в ході Т.п.р. є її гармонізація з природним середовищем. Це передбачає передусім дематеріалізацію систем виробництва і споживання продукції, інакше кажучи, їх значне «полегшення», тобто зниження матеріаломісткості та енергоємності на одиницю виробленої продукції (виконаної роботи) і на одного мешканця Землі, життєдіяльність якого потрібно забезпечити всім необхідним. Крім того, завдання екологічної гармонізації матеріально-енергетичної основи обумовлює необхідність переходу на органічно прийнятні для екосистемного метаболізму речовини і замкнені цикли використання ресурсів. Не випадково в англійській мові щодо екологічних виробів використовуються терміни: «environment friendly» та «natural sound», що означає *дружні* щодо природного середовища, або *співзвучний* з природою.

Як бачимо, причину виникнення Т.п.р. необхідно шукати в протиріччях екологічного характеру. А приводом стала одна з найбільших у сучасній історії радіаційна аварія (максимального 7-го рівня за Міжнародною шкалою ядерних подій) на АЕС Фукусіма-1 (Японія). Саме вона змусила переглянути стратегічні плани розвитку ЄС. У багатьох країнах Євросоюзу частка електроенергії, що вироблялася на атомних електростанціях, становила в середньому від 30 до 40% (Болгарія, Угорщина, Німеччина, Італія, Словенія, Фінляндія, Швеція). А в Словаччині (54%) та у Франції (78%) більше половини національної електроенергії вироблялося на АЕС (Бобылёв, 2016; Одессер, 2016). Шок від японської катастрофи був настільки

значним, що змусив шукати заміну енергетичному атому. У відносно бідній на енергоресурсні копалини Європі проблема могла бути вирішена лише через інтенсифікацію використання відновлюваних джерел енергії. Потягнувши за одну ланку, Європі вдалося привести в рух і прискорити процеси у цілому ланцюзі цілісного системного явища під назвою «Третя промислова революція».

Не можна не згадати ще про одне завдання, яке покликана вирішити Т.п.р. Вона повинна змінити імператив формування сутнісних начал людини. Зокрема, економіка повинна перейти від обслуговування переважно матеріальних потреб фізіологічної та економічної природи людини (тобто «людини-біо» та трудової сутності «людини-трудо») до забезпечення системного особистісного розвитку соціальної сутності людини («людини-соціо»).

3.3. Передумови реалізації Третьої промислової революції

У ході Т.п.р. передумови формування «зеленої» економіки закладаються через триєдину систему взаємодії матеріально-енергетичних, інформаційних і синергетичних факторів. Як ми вже відзначали в попередньому розділі, будь-яка система формується через взаємодію трьох начал (базових груп факторів): матеріальних, інформаційних та синергетичних. Умовно (символічно) їх функції можна виразити таким чином: *матеріальні* – рухають (здійснюють роботу); *інформаційні* – направляють (формують інформаційний алгоритм розвитку); *синергетичні* – об'єднують (забезпечують узгоджену поведінку окремих підсистем). (Детально – в: Мельник, 2016).

На рис. 3.1 показані необхідні базові передумови для реалізації Т.п.р. Вони передбачають: по-перше, наявність ефективних (тобто досить дешевих на одиницю виконаної роботи) технічних засобів (зокрема, установок альтернативної енергетики і 3D-принтерів); по-друге, забезпечення єдиної («цифрової») основи фіксації і передачі інформації (для реалізації комунікацій: людини з людиною, людини з машиною і машини з машиною), а також формування глобальної системи пам'яті і своєрідного всепланетного «мозкового центру» на основі «хмарних» технологій; по-третє, формування єдиної комунікаційної основи на базі Інтернету і мережевих систем.

Цифри і факти

До кінця 1980 років переважна більшість інформації фіксувалася і зберігалася у так званій аналоговій (тобто безперервній) формі. Такими були малюнки, фото та кіноматеріали, друкована продукція. І тільки 1% світової інформації зберігався у цифровій (digital) формі. 2002 рік став переломним,



Рисунок 3.1 – Базові передумови для реалізації Т.п.р. і старту Ч.п.р. (складено автором)

коли кількість аналогової і цифрової форм інформації, що зберігається людством, зрівнялася. У 2007 році кількість цифрової інформації вже досягла 94%, а в 2014 році стала переважною (99%).

Кількість збереженої людством інформації зросла з 2,6 ексабайтів (1 ексабайт = 10^{18} біт) у 1986 році до 5 000 ексабайт (5 зеттабайтів) в 2014 році (Digital, 2017).

Цікавими є й інші цифри. У 1990 році послугами Інтернету користувалося лише 0,05% жителів Землі. А вже в 2016 році це число досягло половини населення планети (Digital, 2017).

Після детального аналізу можна зрозуміти, що кожна із зазначених груп передумов обумовлює, умовно кажучи, два розрізи: *технічний та економічний*. Перший – передбачає саме технічне вирішення проблеми створення відповідних засобів. Другий – пов'язаний із забезпеченням їх дешевизни, достатньої для масового впровадження на рівні підприємств, регіонів та національних економік.

Із певною мірою умовності можна сказати, що згадані технічні групи передумов закладалися в межах Д.п.р. Саме тоді виникали принципові

технічні рішення зі створення сонячних панелей, вітрогенераторів, 3D-принтерів та комп'ютерів. Однак їх досконалість, ефективність, технологічність, що забезпечують різке здешевлення, досяглися вже зі стартом Т.п.р. Втім, можна сказати й інакше: досягнення достатньої дешевизни зазначених засобів і стало тим спусковим гачком, який дав старт лавиноподібному ходу Т.п.р.

Головними проривами Т.п.р. стало забезпечення дешевизни та ефективності: а) отримання відновлюваної енергії; б) акумулювання енергії; в) виробництва та експлуатації 3D-принтерів; г) фіксації, обробки і передачі інформації. У цьому переконують факти безлічі публікацій.

Із 1970 р. вартість виробництва сонячної енергії скоротилася в 150 разів (!). Прогнозоване на 2021 р. вирівнювання цін на традиційну та альтернативну енергії було досягнуто вже в 2015 році (Shahan, 2016).

У пресі з'явилися відомості про можливе істотне зниження вартості 3D-принтера. Зокрема, такий пристрій може коштувати не більше холодильника – в межах 180 доларів США (Загорская, 2015 б).

Сьогодні технології стали настільки дешевими, що, наприклад, виробництво сенсорів і RFID-міток перейшло поріг дешевизни в один долар. Тим самим зроблено вирішальний крок до їх масового застосування і до старту Четвертої промислової революції, основою якої є ідентифікація матеріальних об'єктів машинами.

Формування зазначених передумов створило реальну основу для вирішення в ході Т.п.р. революції ряду практичних завдань сестейнової трансформації економіки.

3.4. Ресурсно-технологічні виклики

Екологічні виклики. Не вдаючись до подробиць, виділимо два найважливіших екологічних виклики, на які повинні відповісти економіка і бізнес у ході Т.п.р. Їх умовно можна назвати *ресурсним* та *енергетичним*.

Ресурсний виклик обумовлений необхідністю зниження екологічного навантаження на природні системи Землі. Це пов'язано з переексплуатацією природних ресурсів, порушенням відтворювального потенціалу екосистем (reproduction potential and carrying capacity), руйнуванням і забрудненням компонентів природного середовища. Зокрема, відомий серед екологів (environmentalists) показник «екологічного сліду» на одного мешканця Землі (тобто середньої площі планети, необхідної для задоволення потреб однієї людини) перевищує питому здатність біосфери майже на половину (Global footprint, 2016).

Вирішити проблему можна за рахунок широкого впровадження адитивних технологій на основі використання 3D-принтерів. Це дозволило б

досягти необхідного скорочення ресурсоемності виробництва продукції (виробів та послуг) у рази (!) (What, 2016; LaMonica, 2016; The 7 categories, 2016).

Енергетичний виклик пов'язаний із критичним перевиробництвом енергії техногенними системами Землі. Результатом є руйнування енергетичної системи планети, що, зокрема, призводить до порушення клімату. Таким чином, нагальною потребою є перехід до методів отримання енергії, які не створюють додаткової кількості енергії на планеті, а лише перерозподіляють ту, яка надходить на Землю із космосу. Саме такі завдання дозволяють вирішити так звані *відновлювані*, або *альтернативні*, джерела, що використовують енергію сонця, вітру, біохімічних реакцій, перепаду води, хвиль та ін. У ході Т.п.р. перехід людства виключно на використання саме таких джерел стає реальністю.

Про те, наскільки успішно вирішується завдання переходу на відновлювані джерела енергії, свідчать переконливі факти.

Цифри і факти

Наразі частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у світі досягла 23% (Hill, 2016). У ряді країн або в окремих їх регіонах (Данія, Німеччина, Португалія, Шотландія, Чилі, Швеція) в окремі періоди часу ця частка вже перевищує 100% (Турлікьян, 2016 в; Фесенко, 2016 е; Bolton, 2016; Coren, 2016; Denmark, 2015; Johnston, 2016; Scotland, 2016).

З 2000 року подвоєння виробництва енергії відновлюваними джерелами відбулося: за рахунок сонця у 7 разів, а за рахунок вітру в 4 рази (New Energy, 2016). У 2017–2018 роках прогнозується збільшення виробництва енергії за рахунок сонця у 2 рази, а за рахунок вітру – в 1,5 рази (New Energy, 2016).

Наприкінці 2015 року вартість виробництва відновлюваної енергії зрівнялася з вартістю виробництва традиційної енергії (тобто на вугіллі, нафті та газі), а після цього почала випереджати останню за дешевизною (Weaver, 2016).

Для бізнесу цей виклик трансформується у кілька ключових напрямків: по-перше, освоєння *нових технологій*; по-друге, виготовлення принципово *нових засобів виробництва*; по-третє, формування та обслуговування нової *інфраструктури* під нові технології; по-четверте, виробництво *нових матеріалів*; по-п'яте, *утилізація* матеріалів і технічних засобів після закінчення терміну їх придатності; по-шосте, освоєння *нових професій*, пов'язаних із згаданими трансформаціями.

Технологічні виклики. Завдання радикальної *дематеріалізації* виробництва можуть бути реалізовані лише за умови широкого оволодіння (mastering) бізнесом адитивних технологій.

Революція у матеріалах. Перехід на адитивні методи виробництва супроводжується також революцією в матеріалознавстві. Сьогодні мате-

ріали все більше перетворюються з речовинних *субстанцій*, властивості яких досягаються в ході тривалих виробничих процесів, у «*конструкції*», потрібні характеристики яких закладаються *безпосередньо в процесі виробництва* створюваних із них виробів.

Стає реальністю також конструювання композитних матеріалів з керованими властивостями, які можуть змінювати свої характеристики і форму вже після їх створення, виходячи з конкретних завдань та функцій виробів (Краснянский, 2015; Загорский, 2014; Щедровицкий, 2014). Така технологія друку отримала назву чотиривимірної (4D), адже в неї додано четвертий вимір – *час*.

Третьою особливістю сучасних матеріалів стає їх органічне поєднання з природними екосистемами.

Вчені з Технічного університету Чалмерса (Швеція) навчилися виготовляти виробничі «чорнила» (так називають матеріали, з якими працюють 3D-принтери) з целюлози – найпоширенішої органічної сполуки планети, яка абсолютно безболісно сприймається й утилізується екосистемами планети після завершення експлуатаційного терміну виробу (Доронин, 2015 в).

Інструментальна революція (поширення 3D-принтерів). Сьогодні все більш чітко вимальовуються завдання, вирішувати які має інформаційне забезпечення сучасного матеріалознавства, орієнтованого на використання 3D-принтерів: збільшення складності і різноманітності створюваних виробів; забезпечення гнучкої варіабельності, тобто можливості швидко і з мінімальними витратами змінювати властивості матеріалів; максимальне зниження вартості матеріалів і вартості обладнання, що працює з цими матеріалами (3D-принтерів), та ін.

Постійно зростає кількість матеріалів, з якими одночасно можуть працювати 3D-принтери. Наразі їх кількість уже доведена до *десяти*. Освоюється методика *3D-сканування*, яка дає можливість заощаджувати час та кошти на підготовку до виробництва (Горина, 2015).

У пресі з'явилися відомості про можливе істотне зниження вартості 3D-принтера. Уже сьогодні вартість найдешевших 3D-принтерів не перевищує вартості предметів побутової техніки (напр., холодильника). Це свідчить про те, що скоро вони можуть увійти в будинки більшості людей, як сьогодні увійшли телевізор, холодильник, посудомийна машина та інші предмети. Разом із 3D-принтером у помешкання людей увійде і робоче місце. Така картина зовсім змінює виробничі відносини в економіці.

Докладніше про технологічні прориви Т.п.р. мова піде у наступному розділі.

3.5. Економічні виклики

Надзвичайно важливим завданням, яке покликана вирішити Т.п.р., є *здешевлення* технічних засобів та процесів. Т.п.р. отримала від Другої промислової революції (Д.п.р.) технічну можливість та інструменти вирішення більшості виробничих завдань. Саме в рамках Д.п.р. були створені технічні засоби альтернативної енергетики (зокрема, сонячні панелі і вітрогенератори), акумулятори, різні види роботів та автоматизованого обладнання, комп'ютери, відеокамери, Інтернет, засоби дистанційного контролю і багато іншого.

Виклик економічності. Завдання Т.п.р. – зробити всі зазначені технічні досягнення масовими, доступними за ціною широкому колу споживачів. Лише тоді може статися і технологічний прорив.

Останнє є надзвичайно важливим, оскільки саме поняття переходу на нові технології передбачає не лише теоретичну здійсненність певних процесів (змін), але й практичну реалізованість зазначеного явища в масових масштабах з урахуванням економічних та екологічних обмежень, що накладаються відповідними характеристиками самих систем і ситуацією в суспільстві. Функціонування кількох сотень і навіть тисяч дорогих пристроїв з автоматизації побуту (нехай навіть і за допомогою Інтернету), які можуть собі дозволити лише дуже заможні сім'ї, при всьому бажанні не можна назвати революцією. Щоб вважатися революційним, будь-яке явище має стати масовим, доступним більшості членів суспільства. Зокрема, щоб була реалізована Четверта промислова революція, що означає пряму міжмашинну комунікацію, необхідно, щоб і комп'ютери, і Інтернет-підключення, і мобільні телефони, і самі технічні пристрої стали досить дешевими (у будь-якому разі сприймалися б такими для більшості виробників та споживачів), а для цього їх виробництво та експлуатація (використання) повинні стати значно ефектнішими.

Подібні зміни відбуваються буквально на очах. Щоб у цьому переконатися, досить поглянути на дані таблиці 3.1. У ній наведено деякі показники, що характеризують динаміку зниження вартості окремих технічних засобів, що забезпечують реалізацію найважливіших виробничих процесів або питомих показників здійснення безпосередньо самих процесів.

Однак навіть такі вражаючі цифри необхідно сприймати винятково умовно, адже у якісному відношенні властивості сучасних технічних засобів та їх аналогів 35-річної давнини не можна порівняти ні за їх функціями, ні за складністю, ані за якістю дій операцій, які вони реалізують.

Досить зазначити, що мікропроцесор сучасного комп'ютера виконує кілька мільярдів операцій за секунду, в той час, як пристрій із подібними функціями на початку 1980 виконував лише кілька тисяч. Інший приклад:

завдяки оптоволоконному зв'язку швидкість передачі інформації зростає більш ніж у 5 разів.

Таблиця 3.1 – Зниження вартості технічних засобів /здійснення одиниці роботи за останні 35 років (складено автором за даними Інтернет-публікацій)

Технічний засіб/процес	Кратність змін, раз
Процесор в комп'ютері	10000
Сенсор і RFID мітка	1000
Виробництво однієї умовної операції на автоматичному пристрої	1000
Відеоспостереження	500
Виробництво 1 кВт-год. електроенергії на сонячній батареї	150

Доречно зазначити три істотні моменти. По-перше, те, що переважна більшість зазначених змін (зокрема, зниження вартості) припала на останнє десятиліття, тобто на період, коли стартувала Т.п.р.

По-друге, вартісні показники не можуть повною мірою відобразити всю глибину явища *підвищення ефективності* функціонування технічних систем. Воно є набагато глибшим і вимірюється безліччю інших параметрів, наприклад: істотним зниженням (інколи навіть у рази) розміру і ваги акумуляторів на одиницю їх корисної ємності, значним скороченням часу їх зарядки (для пілотних прототипів це триває всього кілька десятків секунд), збільшенням часу роботи (зокрема, пробігу електромобілів на одній зарядці, що для рекордних зразків вже сягає понад 1 000 км), зростанням потужності (продуктивності) технічних систем (зокрема, швидкість електромобілів досягає вже 700 км/год).

По-третє, останніми роками відбулися явища (з'явилися технічні засоби і процеси), яких просто раніше не існувало, але які здатні радикально, стрибкоподібно підвищити ефективність виробничих систем. Йдеться про *цифрові та «хмарні»* технології для передачі, фіксації й оброблення інформації, *3D-принтери* для виготовлення продукції, *GPS та інші супутникові технології* для контролю за просторовими процесами, *комунікації між кіберфізичними системами, Інтернет речей та «розумні» мережі* в управлінні виробничими і соціальними системами.

Зазначені зміни не могли б відбуватися без сотень щоденних інновацій, які народжуються вже в надрах Т.п.р. Згадані інновації не з'являються самі по собі, їх повинен генерувати сам бізнес, завдання якого істотно змінюється в ході Т.п.р. і який є їх фактичним замовником.

3.6. Організаційні та структурні виклики

В умовах трансформаційних процесів Т.п.р. і Ч.п.р. колосально зростає потреба у забезпеченні самоорганізації економічних систем. Для цього існує відразу декілька причин.

Зростання темпів життя. Сьогодні загальновизнаним фактом стало прискорення різних процесів, що відбуваються у виробництві і суспільстві. Збільшуються темпи здійснення наукових відкриттів та впровадження їх у виробництво, виготовлення товарів, будівництво об'єктів, реалізацію продукції, переміщення людей і вантажів. Швидше відбуваються зміна виробничих технологій, зміна моделей споживчих товарів і послуг, зміна стилю життя. Реалізація зворотних зв'язків при функціонуванні соціально-економічних систем при такому інтенсивному темпі можлива лише на основі самоорганізації окремих підсистем та виконавців. Централізоване управління з прийняттям рішень на вищих рівнях уже не встигає адекватно реагувати на мінливі умови середовища.

Жорсткість умов діяльності. Зростають не лише темпи життя, а й репади параметрів (фізичних, хімічних, біологічних), за якими доводиться функціонувати технічним системам. Збільшуються також фактори ризику і збільшуються можливі наслідки від порушення нормального режиму функціонування систем. Усе це веде до зростання ціни одиниці часу, що посилюється зростанням ціни можливих помилок. Реальний контроль за ситуацією може бути забезпечений за допомогою посилення режиму самомоніторингу і самоорганізації систем.

Динамізм трансформаційних процесів. Наслідком прискорення темпів життя і діяльності людини є більш часта зміна базових структур виробництва і споживання продукції. Зокрема, у другій половині XIX століття середній період заміщення технічних засобів нововведеннями становив 50 років, у другій половині XX століття – 5–10 років, сьогодні він вимірюється кількома роками, а в деяких галузях – місяцями. Контролювати відповідні біфуркації (отже, приймати адекватні рішення про терміни, місце і засоби реалізації) можливо лише на основі самоорганізації систем. Лише такий підхід дозволяє враховувати значні обсяги конкретної інформації на місцях (тобто «думати глобально – діяти локально»). Централізоване стандартизоване управління з вищого рівня стає неефективним через запізнення термінів реалізації зворотних зв'язків і неможливість урахування нестандартних локальних умов.

Непередбачуваність еволюційних траєкторій. Через багатofакторність і багатовекторність розвитку систем, що формуються людиною, передбачити наслідки їх еволюції надзвичайно важко. Ще складніше проконтролювати поведінку систем, що саморозвиваються (зокрема, виведених людиною біологічних істот). Важко передбачити, що вони можуть продемонструвати в майбутньому. Одним із важливих завдань стає проєк-

тування траєкторій розвитку систем із контрольованими параметрами їх самоорганізації.

Посилення впливу на природу. Масштаби антропогенного впливу на екосистеми планети давно вже перевершують межі асиміляційного потенціалу природи. Одним із першочергових завдань стає перехід від «жорстких» до «м'яких» методів управління природокористуванням. Останні максимально враховують і використовують механізми самоорганізації і саморегулювання природних систем. «М'яке» природокористування, за визначенням Н. Ф. Реймерса, побудоване не на грубому техногенному втручанні в природу, а на ініціюванні (посиленні) корисних для людини природних ланцюгових реакцій, зокрема процесів самовідтворення природних ресурсів та здійснення асиміляційних функцій.

Самоорганізація соціальних систем. Одним із явищ, на яке все більше необхідно зважати у XXI столітті, є значне посилення потенціалу самоорганізації соціальних систем. Цьому сприяє ряд передумов: по-перше, значне підвищення інтелектуального та освітнього рівнів основної маси людей; по-друге, істотне розширення доступу населення до інформації; по-третє, вдосконалення комунікацій (комп'ютеризація населення, розвиток інфраструктури Інтернет послуг, утворення і розширення соціальних мереж та ін.); по-четверте, об'єктивно зумовлена необхідність активізації населення при вирішенні екологічних проблем (зокрема, його прагнення до збереження унікальних екосистем на локальному рівні); по-п'яте, прагнення зберегти культурну ідентичність і протистояти соціальній уніфікації на тлі процесів глобалізації.

Збільшення суспільних витрат. Ускладнення систем життєзабезпечення людини пов'язане зі збільшенням суспільних витрат на функціонування економічних систем. Децентралізація управління базується на самоорганізації систем, яка є значно ефективнішою за централізоване (командне) управління. Це можна вважати природною реакцією систем, яка спрямована на підвищення їх ефективності.

Можна сформулювати кілька ключових принципів, що забезпечують самоорганізацію економічних систем в інтересах екологізації економіки та сестейнового розвитку.

1) Рівень життя людей у суспільстві повинен залежати від результатів їхньої праці

Нічого так не розбещує (зокрема і в екологічному сенсі), як безкоштовність (у широкому сенсі), тобто можливість жити за рахунок інших; серед цих інших є і природа. Це означає: споживати більше, ніж ти створюєш для цього.

2) Результати праці повинні залежати від результатів відтворення природного середовища.

Згадана залежність принципово відрізняється в «зеленій» і «бурій» економіках. Перша орієнтується на використання відновлюваних, а друга – невідновлюваних ресурсів. Зокрема, власник курорту, що використовує будь-який бальнеологічний ресурс (мінеральну воду, грязі, пляжі або просто лісовий ландшафт), розуміє, що, коли даний природний об'єкт буде знищений, підірветься і економічна основа функціонування його підприємства. Кількісні та якісні характеристики згаданих ресурсів повинні відтворюватися з кожним роком, інакше не буде чим «торгувати». Подібні підприємства докладають своїх зусиль і витрачають кошти не тільки на отримання прибутку через надання рекреаційних послуг, а й на відтворення якості базового ресурсу або хоча б на його охорону.

Діяльність «бурих» підприємств, наприклад, гірничодобувних комбінатів є іншою. Вони дбають про відновлення (рекультивацію) порушених ними ландшафтів лише з-під «палиці» – тобто лише в тому випадку, коли держава встановлює систему платежів і штрафів для інтерналізації спричинених ними *екстерналій*. Іншими словами, якщо урядовим організаціям вдається «нав'язати» таким підприємствам переведення оплати економічних збитків з зовнішніх для них результатів їх діяльності (втрат) у внутрішні фінансові результати їх діяльності. Це означає, що за всі подібні випадки їм потрібно буде платити з власної кишені.

3) *Результати відтворення природного середовища повинні залежати від відтворення працюючими (особливо керуючим складом) їх знань та навичок.*

Це повинно стимулювати постійне підвищення екологічної та еколого-економічної грамотності, що дозволить зрозуміти, як результати виробництва впливають на стан екосистем.

4) *Працівники повинні стати співвласниками засобів виробництва.*

Подібні економічні відносини сприяють формуванню солідарної економіки. У цьому випадку середовище, в якому доводиться господарювати, для всіх працюючих перетвориться на природний капітал, який забезпечує їх засобами життя, і від якого залежить їх добробут на віддалену перспективу. Різниця між найнятим робітником і власником (полягає у сприйнятті) горизонту їх економічних інтересів. Для першого пріоритетними є поточні (максимум, тактичні цілі). Якщо буде підірваний стан базового природного ресурсу підприємства, на якому він працює, він може перейти на інше підприємство, яке функціонує в іншій екосистемі. Для власника ж «зеленого» підприємства, як правило, його бізнес прив'язаний до конкретної землі з конкретними відновлюваними ресурсами. Це змушує усвідомити довгострокову залежність успіхів економічного суб'єкта від якості, природного середовища, яке його годує.

5) *У підприємств повинно вистачати коштів для відтворення якості природних ресурсів.*

Навіть за великого бажання власників вони не зможуть раціонально управляти природоохоронною діяльністю, якщо через «драконівську» податкову систему або з інших причин (наприклад, через державний або кримінальний рекет) у них фізично не залишатиметься коштів на це.

б) *Держава повинна здійснювати політику, що стимулює розвиток «зеленої» економіки і гальмує розвиток «бурої».*

Для цього повинна застосовуватися система економічних інструментів (стимулів та антистимулів: платежів, податків, субсидій тощо), що забезпечують відповідну мотивацію.

Структурні трансформації. Прийдешнє виробництво очікують значні структурні перетворення. Пов'язано це насамперед із тим, що на зміну великих господарських форм (потужних регіональних електростанцій, виробничих гігантів, величезних переробних і збагачувальних комплексів) повинні прийти мережі, що складаються із тисяч і навіть мільйонів маленьких виробничих одиниць (ІТ-підприємств, міні-енергетичних установок, виробництв, що використовують 3D-принтери). Вони можуть стати реальною продуктивною силою, лише будучи об'єднаними в цілісні мережеві системи.

Горизонтальні структури. Сама специфіка «зеленої» економіки і «зеленої» енергетики, що функціонує в її межах, вимагає докорінної трансформації синергетичної (комунікаційної) основи. Більше того, можна з упевненістю стверджувати, що без подібних перетворень ні «зелена» економіка, ні «зелена» енергетика не зможуть бути реалізовані повною мірою. Основні докази можна сформулювати таким чином.

На відміну від традиційної енергетики, яка базується на великих за обсягами переробних потужностях, «зелена» енергетика використовує величезну кількість (лише в ЄС плануються сотні мільйонів одиниць) невеликих генеруючих установок. Це пов'язано із значною *деконцентрацією* джерел енергії. Фактично кожна сім'я, залишаючись споживачем енергії, перетворюється на її виробника. Подібні деконцентровані джерела енергії можуть стати реальною продуктивною силою лише за умови, якщо вони будуть об'єднані в єдині системні комплекси та інформаційно впорядковані.

Іншою особливістю «зеленої» енергетики є вузька область умов функціонування кожного з видів енергії, що отримується. Зокрема, сонячні генератори працюють лише вдень, вітрові – у вітряну погоду, біогазові – переважно влітку і восени і т. ін. Крім того, кожен із них має свій власний спектр оптимальних умов роботи. Усе це обумовлює необхідність значної диверсифікації енергетичної основи економіки.

І, нарешті, третя істотна особливість пов'язана з необхідністю *інтеграції* енергетичних потужностей в єдині комплекси не лише в масштабах країни, але і в масштабах великих транскордонних регіонів. Зокрема, в

денний час економіку Європи можуть жити сонячні електростанції південних країн, а в нічний час – енергію поставлятимуть гідроелектростанції Скандинавії.

Наразі в Євросоюзі реальністю стає створення інформаційно-енергетичної мережі – EnerNet – своєрідного енергетичного аналогу Інтернету. Безумовно, сама ідея створення єдиної енергетичної мережі, що охоплює значну територію, не нова. Подібні мережі діють у таких великих державах, як США, Китай, Індія. Єдина енергосистема діяла в Радянському Союзі. Вона продовжувала функціонувати і в державах, що утворилися після його розпаду.

Досвід функціонування подібних мереж використовується при формуванні EnerNetу. Однак рівень інформаційної складності завдань, що вирішуються останнім, незрівнянно вищий. Якщо колишні енергосистеми повинні були головним чином займатися перерозподілом енергії, то комплекс завдань енергосистем нового покоління значно більший. Вони повинні будуть забезпечувати: *збір* (покупку) електроенергії від мільйонів економічних суб'єктів, що використовують сотні мільйонів різних генераторів різних видів і типів; її *кондиціонування* (доведення до стандартних параметрів); *передачу, зберігання, перетворення і використання* енергії в найбільш ефективних режимах; забезпечення *стійкості* енергосистем. Крім того, вирішуються найскладніші економічні завдання купівлі і продажу енергії з її багатофакторною тарифікацією.

Віртуальні підприємства. Формування віртуальних підприємств дозволяє реалізувати принцип концентрації у часі процесів, неконцентрованих у просторі. Завдяки створенню виробничих мереж підприємства, що перебувають в різних просторових умовах – часто у різних куточках земної кулі, – можуть інтегрувати свою діяльність в єдині виробничі цикли.

Подібні приклади демонструють багато відомих компаній світу, зокрема, транснаціональні корпорації «Боїнг» та «Аеробус». Ще один приклад – компанія CISCO-system, яка контролює виробництво близько половини комп'ютерного обладнання в світі. У діяльності компанії беруть участь 38 найбільших світових компаній у різних країнах. Але лише два з них належать безпосередньо самій CISCO (Возможна, 2012).

Сьогодні на світовому ринку можна вибрати собі в партнери будь-яке підприємство, комплементарне для вас (тобто таке, що доповнює ваші можливості) за будь-яким із сегментів своєї діяльності. Це підприємство буде самостійно забезпечувати свою логістику, кадрову і технічну політику, а також вирішувати всі виробничі і маркетингові питання за всіма іншими сегментами своєї діяльності.

Інтелектуалізація мереж. У сучасних умовах стає реальним створення «розумних» (smart) керуючих систем, які не тільки беруть на себе функцію оптимізації в просторі і часі виробничих процесів, але і служать інтегруючим началом, що об'єднує діяльність багатьох (найчастіше, сотень, тисяч або, як у випадку з енергетичною системою ЕнерНет, – мільйонів) господарських одиниць. Зокрема, «розумні» Інтернет-системи успішно вирішують проблеми логістики виробничих підприємств, включаючи завдання пошуку оптимальних постачальників ресурсів, оптимізації маршрутів їх доставки тощо.

Подібні системи вже доступні користувачам у багатьох країнах, включаючи Україну. Наприклад, існуюча система управління транспортними перевезеннями (Google-transport) здатна не тільки розрахувати найбільш ефективний маршрут доставки вантажів до певного пункту, але і підібрати вантаж на зворотний шлях – щоб не повертатися «порожняком».

Як уже зазначалося, сьогодні створюються керуючі мережі різних рівнів: «розумний» завод, «розумний» будинок, «розумне» місто, «розумна» транспортна магістраль. Але всі вони формуються і функціонують на основі постійного зв'язку з Інтернетом.

«Хмарні» технології (Cloud technologies). Цей вид технологій дозволяє використовувати мережі для реалізації різних виробничих процесів, пов'язаних з обробкою інформації за межами потужностей конкретного об'єкта (зокрема конкретного комп'ютера або ІТ-системи).

Подібним чином можуть виконуватися операції: оброблення та зберігання інформації (включаючи електронні листи), пошуку, систематизації та актуалізації (тобто оновлення) даних, реалізації обчислень, використання комп'ютерних програм, додатків, баз даних, систем безпеки, інтеграційних пакетів та багато іншого (Облачные, 2012).

Усі ці функції виконуються на віддаленому від користувача сервері через Інтернет, ніби на своєрідній «хмарці» (звідси і назва технологій). Але фактично кожен окремий житель Землі починає користуватися послугами всепланетної системи пам'яті. Це колосально підвищує ефективність економічних процесів, багаторазово прискорює процеси накопичення, фіксації (закріплення) і відтворення інформації, що закладає передумови для безпрецедентного збільшення темпів розвитку людської цивілізації.

3.7. Контури Четвертої промислової революції

Четверта промислова революція (що отримала також назву «Індустрія 4.0»), логічно продовжує траєкторію Третьої промислової революції, в якій

саме *синергетична* основа є рушійною силою розвитку соціально-економічних систем.

Значний резонанс проблематика Четвертої промислової революції отримала після виступу на Міжнародному екологічному форумі в Давосі (січень, 2016) одного з головних теоретиків феномену «Індустрія 4.0» швейцарського економіста Клауса Шваба. Сам він охарактеризував це явище як *розмивання меж між фізичними, цифровими та біологічними сферами* (Schwab, 2016).

Уперше концепція Четвертої промислової революції була сформульована на Ганноверській виставці в 2011 році, на якій це явище було визначене як впровадження *кіберфізичних систем* у виробничі процеси.

Лідерство в Четвертій промисловій революції взяла на себе Німеччина, яка розробила приватно-державну програму «Industrie 4.0», в рамках якої великі німецькі концерни за грантової підтримки досліджень Федеральним урядом створюють повністю автоматизовані виробництва, на яких лінії і виробниці взаємодіють між собою і з споживачами в рамках концепції Інтернету речей, за рахунок чого забезпечується випуск індивідуалізованої продукції (Industrie 4.0, 2016).

Передбачається, що кіберфізичні системи будуть об'єднані в єдину мережу з формуванням усередині неї своєрідних локальних «екосистем», які функціонально обслуговують, скажімо, певний будинок, підприємство, місто. Як бачимо, штучні технічні системи об'єднуються в цілісну глобальну мережу (систему). Це чимось нагадує біосферу, що об'єднує живий світ планети.

На основі аналізу ряду публікацій (Schwab, 2016; Industry 4.0, 2016; Назаров, 2016) автором сформульовані найважливіші функції, які зазначені кіберфізичні системи повинні будуть виконувати *без участі людини*:

- *обмін інформацією* (своєрідне «спілкування» між собою) в режимі реального часу;
 - *контроль параметрів* зовнішнього середовища і своїх власних;
 - *самоактивізація і зупинення* при певних інформаційних сигналах;
 - *самонастроювання* на оптимальні режими роботи;
 - *прогнозоване* (випереджальне, профілактичне) самообслуговування систем;
- *взаємодія з виробленими ними товарами* (якщо мова йде про виробничі системи);
 - *адаптація під нові потреби* споживачів;
 - *визначення обладнання*, необхідного для виробництва необхідних товарів або задоволення нових потреб;
 - *самонавчання* нових прийомів роботи.

Зокрема, в «розумному» будинку можна буде віддалено від нього через смартфон закривати і відкривати двері, вмикати і вимикати світло, пилосос, стежити за безпекою будинку. Втім, по-справжньому «розумний» будинок зможе усе це робити самостійно (наприклад, закривати вікна при несприятливій погоді і відкривати – при хорошій), звичайно, якщо ви його уповноважите робити це за допомогою програми.

Одним з потенційних переваг Четвертої промислової революції є можливість реалізації ідеї «сервіс-орієнтованого проектування».

Ілля Хель: «Зв'язок між розумними продуктами «Інтернету речей» і розумними машинами, які їх виробляють, означатиме, що останні зможуть виробляти себе самостійно і визначати цільове виробництво залежно від потреб, виявлених ними ж.

Якщо ваш телефон «знає», що його батарея скоро «помре», він може повідомити завод, на якому буде поставлене в чергу завдання зробити батарею для вашого телефону або взагалі новий телефон так само, як і для інших розумних пристроїв. Коли ваш телефон піде у корзину, інший вже чекатиме на вас.

Цей процес не обмежується телефонами та іншою складною електронікою. Від одягу до шампунів – усе можна буде ставити на потік без додаткових витрат, якими раніше супроводжувалися послуги індивідуальних дизайнерів. Об'єкти будуть проводитися індивідуально для вас безпосередньо, і вже не доведеться вибирати з декількох заздалегідь певних кольорів, називаючи це персоналізацією» (Хель, 2015 а).

Не ставлячи перед собою завдання деталізації багатогранного явища «Індустрія 4,0», що значною мірою вже зроблено в ряді публікацій (Bloen et al, 2014; Osório de Vargas, 2015; Schwab, 2016), зупинимось лише на деяких питаннях, що видаються важливими з точки зору розуміння механізмів розвитку соціально-економічних систем.

Необхідно згадати про передумови реалізації Ч.п.р., які закладалися в ході Другої і Третьої промислових революцій (Д.п.р. і Т.п.р.) Д.п.р. подарувала людству *електрику* (що дозволило привести в рух технічні системи), а також забезпечила різними *приладами*, що дозволили реалізувати контроль фізико-хімічного стану різних середовищ.

Т.п.р. продовжила цю траєкторію. З'явилися високоефективні *автономні джерела енергоживлення* (батареї, акумулятори), що забезпечили свободу пересування (зміни) технічних систем. Без них було б неможливе створення безпілотних автомобілів, дронів, роботів.

Одночасно створюються *сенсорні системи* колосальної точності і (що істотно) надзвичайно високої ефективності (мінімальної ресурсоемності). Останнє є надзвичайно важливим для впровадження кіберфізичних систем у масових масштабах.

Т.п.р. змогла вирішити завдання не лише створення функціонально придатних необхідних технічних засобів, а й забезпечення їх економічної доступності для масового споживання.

Надзвичайно важливою є група передумов, що пов'язана з можливістю *взаємодії* окремих технічних пристроїв і *об'єднання* їх у єдині матеріально-інформаційні мережі. І тут необхідно назвати дві умови.

Одна з них – наявність комунікаційного каналу зв'язку. Роль його з успіхом став виконувати *Інтернет*, який отримав на рубежі ХХ і ХХІ століть масове поширення.

Інша умова пов'язана з наявністю *універсальної мови* спілкування, зрозумілої усіма елементами системи. Такою «мовою» спілкування стала *цифрова* (digital) мова. Саме вона дала можливість приводити будь-які види інформації (друкованої, аудіо, відео, ін.) до вигляду, що дозволяє здійснювати процеси її передачі, перероблення, зберігання, але головне однозначного сприйняття комп'ютерами, мобільними телефонами та іншими технічними засобами. Перші загальнодоступні цифрові фото- і відеокамери почали впроваджуватися з початку 1990 років. Це можна вважати і початком цифрової революції.

Саме *цифрові технології* стають сполучною ланкою між інформаційними технологіями (ІТ), що автоматизують бізнес-процеси і процеси обробки інформації, а також операційними технологіями (ОТ), що автоматизують процеси у виробничій сфері (Bloen et al, 2014).

Серед найважливіших базових досягнень Т.п.р., що закладають основу для реалізації «Індустрії 4.0», необхідно назвати *засоби ідентифікації* об'єктів фізичного світу («речей»). До основних із них належать: штрих-коди, Data matrix, QR-коди, засоби визначення місцезнаходження в режимі реального часу (супутникова навігація, MAC-адреса). При загальному поширенні «Інтернету речей» необхідно забезпечити унікальність ідентифікаторів об'єктів, що, у свою чергу, вимагає стандартизації (Інтернет вещей, 2016). Усе це стало можливим саме завдяки цифровим технологіям.

Ключовим принципом Ч.п.р. є ідентифікація матеріалів, з яких складаються речі, за допомогою належних їм міток. На будь-якій деталі міститиметься інформація про те, де вона зроблена, з яких матеріалів, для чого призначена і т. ін. Такі мітки дозволять встановити комунікацію між речами, які до цього не могли «розмовляти».

Ведучи мову про спадщину Т.п.р., без якої була б неможлива реалізація «Індустрії 4.0», не можна не згадати про машини-автомати, роботів, 3-D принтери, штучний інтелект і відновлювані джерела енергії.

Необхідно зазначити про ще одну важливу деталь. Процеси, що відбуваються в ході Т.п.р. і Ч.п.р., являють собою метасистемний перехід, коли з окремих економічних суб'єктів та локальних громадських спільнот формується нова реальність надсистемного рівня – єдина глобальна соціально-

економічна система. Дії кіберфізичних систем, що формуються в ході Ч.п.р., також будуть об'єднані в рамках єдиної глобальної системи. Характерною особливістю метасистемних переходів (тобто трансформацій, коли системи, об'єднуючись, формують новий надсистемний рівень) є утворення якихось «мозкових» центрів, що забезпечують за рахунок процесів обробки інформації координацію будь-яких форм руху. При реалізації феномену «Індустрія 4.0» таку роль починає виконувати «хмара», тобто система суперкомп'ютерів, що утворюють всепланетну систему пам'яті і обробки інформації.

Інтернет речей. Основним результатом Четвертої промислової революції повинен стати саме «Інтернет речей» (Internet of Things – IoT).

Інтернет речей – концепція обчислювальної мережі фізичних об'єктів («речей»), оснащених вбудованими технологіями для взаємодії між собою або з зовнішнім середовищем. Така взаємодія може відбуватися частково або повністю без участі людини; передбачається, що організація таких мереж здатна перебудувати економічні та суспільні процеси, сприяючи соціальному розвитку людини. Основні сфери застосування «Інтернету речей» показані на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Сфери застосування «Інтернету речей» (складено автором)

«Інтернет речей» дозволить реалізувати цілий комплекс комунікацій (інтерфейсів). На основі аналізу публікацій (Bloen et al, 2014; Груман, 2014; Вострилова, 2015) автор сформулював зміст основних із них.

Комунікація людини («соціо») із самою собою. Може бути реалізована, зокрема, через соціальні мережі, коли людина отримує зворотний зв'язок на висловлені думки. Це може сприяти переосмисленню її переконань або навпаки посиленню впевненості в них. Являє собою своєрідне посилення рефлексії.

Комунікація людини («соціо») зі своїм тілом (людиною «біо»). За допомогою датчиків, що постійно удосконалюються, людина буде в змозі контролювати системний стан свого здоров'я і виявляти (діагностувати) критичні відхилення певних параметрів.

Комунікація людини з машиною (Human + Machine). Подібні комунікації використовуються все частіше, хоча людина не завжди їх помічає, адже вони стають звичними. Такі комунікації використовуються на виробництві (де машини дозволяють контролювати хід виробничих процесів або попереджають про небезпеку зривів) і в побуті (досить згадати пульт для відкривання гаражу, контроль за плитою, дистанційний ключ від авто в машині і т. ін.).

Крім того, системи, наділені штучним інтелектом, можуть допомагати приймати рішення, наприклад, прораховувати відповідність запропонованих рішень (проектів) існуванню наявних на підприємстві або в державі ресурсів або встановлювати їх відповідність чинній правовій основі.

Комунікація людини з речами, якими вона користується. Одяг, взуття, годинник, мобільний телефон – усе, що носить людина із собою, може, завдяки зворотному зв'язку, стати предметом оптимізації та підвищення ступеня сумісності в даній парі.

Електромобіль Tesla розумнішає з кожним місяцем експлуатації користувачем, отримуючи оновлення через Інтернет і обмінюючись інформацією зі смартфоном користувача. Вивчаючи звички власника, електромобіль адаптується до маршрутів, розраховує час виїзду залежно від планів в календарі і місця наступної зустрічі, прогріває салон перед розрахунковим часом виходу з дому. Скоро багато предметів навчатися взаємодіяти між собою, і кавоварка сама буде готувати каву після дзвінка будильника, на плиті буде готуватися сніданок, а електромобіль сам під'їде від парковки до ваших дверей (Комиссаров, 2015).

Комунікація машин з машинами (M2M) або речей із речами (речей з машинами). Вирішує за допомогою системи зворотних зв'язків цілу низку завдань, найважливішими з яких є: підвищення ефективності виробництва та експлуатації речей, удосконалення споживчих властивостей товарів (за допомогою встановлення комунікації між споживачем та виробником), екологічне вдосконалення виробництва і споживання товарів.

Комунікація людини з іншою людиною або групою людей. Ч.п.р. обіцяє змінити не лише техносферу і середовище мешкання людини, а й відно-

сини між людьми. Значну роль тут повинно відіграти, з одного боку, посилення психологічної стійкості кожної людини та її вміння працювати в команді, з іншого – удосконалення інструментарію міжособистісного спілкування (бізнес-етика, крос-культурні відносини та ін.).

Існують ще два важливі аспекти цієї проблематики. Це ставлення *людини до суспільства* (що відіграє значну роль в умовах істотного збільшення вільного часу і підвищення добробуту людей), а також ставлення *суспільства до людини*. Як одну із можливостей тут необхідно розглядати цілеспрямований вплив із боку суспільства з метою формування в людині особистісного начала, готового до соціального розвитку в умовах інформаційного суспільства та жорстких екологічних обмежень.

Як стверджується в звіті «Connected World: Smart Home Is Key To Tomorrow's Internet Of Things» («Підключений світ: розумний будинок як ключ до майбутнього Інтернету речей»), вже в кінці 2017 року у світі повинно було працювати близько 20 млрд IoT і підключених пристроїв . Ще 10 млрд додадуться протягом наступних чотирьох років (Коленов, 2017).

Екологічний вектор революції. Один із важливих результатів Ч.п.р. може проявитися в екологічній сфері. «Індустрія 4.0» може допомогти замкнути цикли використання різних видів ресурсів, перетворивши, за влучним висловом К. Боулдінга, «ковбойську економіку» на «економіку космонавтів». Передумови для цього містяться в самій природі виробничо-споживчих систем, до яких сьогодні рухається світ. Невипадково, економічну систему «Індустрії 4.0» багато дослідників називають «циркуляційною», або «циркулярною» (circular), економікою.

Кріс Дедікот, старший віце-президент компанії Cisco, звертає увагу на екологічні можливості технічного прогресу: «У циркулярній економіці кожен продукт матиме свою мітку, яка покаже джерело ресурсів, технологію виробництва, вид енергії, використаний для цього, тощо.

...Отримана на основі даних інформація дає можливість підприємствам, містам та країнам ефективніше відновлювати і переробляти відповідні ресурси» (Dedicoat, 2016).

Сьогодні окремі елементи *Інтернету речей* використовуються для вирішення екологічних проблем лише в найбільш багатих і розвинених країнах (Японія, США, Європа, Китай). Однак світ неухильно просуватиметься до його повсюдної реалізації цього в міру того, як зникатимуть бюрократичні, технічні, соціальні та економічні бар'єри. Таким чином, Ч.п.р. неначе завершує справу, розпочату Т.п.р. у тому, щоб замкнути цикли використання природних ресурсів, перетворивши економіку на рециркуляційну систему.

Соціальні ризики. Ч.п.р. може принести людству не лише незаперечні переваги (зокрема і згадані нами вище), але і серйозні загрози. Головні з них полягають у соціальній сфері і пов'язані з тим, що людина може витіснитися на периферію економічного життя, де їй буде відведена роль останньої ланки виробничо-споживчого ланцюжка, нехай навіть і наділеної для цього достатніми коштами.

Не випадково один із головних пропагандистів «Індустрії 4.0» Клаус Шваб на відомому Давоському економічному форумі 2016 року сказав: «Ніколи ще не було часів, які б несли настільки великі обіцянки (promise) або настільки великі загрози (peril)» (9 quotes, 2016).

У цих умовах від стагнації людство може врятувати лише його колективний розум, здатний зниження виробничої зайнятості людини (зокрема пов'язане з можливою втратою роботи) перетворити на засіб його *соціального (особистісного) розвитку*. Власне, в цьому і полягає основна мета *сестейнового розвитку*, проголошеного вже понад двадцять років тому на історичному Саміті в Ріо-де-Жанейро.

Питання до розділу 3

1. Дайте визначення Третьої і Четвертої промислових революцій. Прокоментуйте їх зміст.
2. Лідируюча роль яких факторів мала місце впродовж Першої промислової революції (П.п.р.)? Поясніть свою думку.
3. Які передумови сприяли розвитку П.п.р.?
4. Лідируюча роль яких факторів мала місце впродовж Другої промислової революції (Д.п.р.)?
5. Охарактеризуйте результати Д.п.р.
6. Яким чином Д.п.р. вплинула на людські фактори?
7. Як інтелектуалізувалися засоби виробництва і споживчі товари у ході Д.п.р.?
8. Яка основна проблема Д.п.р. зумовила виникнення Третьої промислової революції (Т.п.р.)?
9. У чому основні завдання Т.п.р. відрізняються від завдань, що вирішували П.п.р. і Д.п.р.?
10. Які принципи екологічні завдання покликана вирішувати Т.п.р.?
11. Охарактеризуйте три групи передумов переходу суспільства до Т.п.р.
12. Яка роль синергетичних факторів при переході суспільства до сестейнової економіки?
13. Яка роль екологічних чинників у виникненні Т.п.р.?
14. Які події прискорили хід Т.п.р.?
15. Які завдання покликана вирішити Т.п.р. щодо людини?
16. Яка роль інформаційних факторів у реалізації Т.п.р.?

17. Охарактеризуйте коротко «хмарні» технології та їх роль у реалізації Т.п.р.
18. Охарактеризуйте роль вартісних чинників у реалізації Т.п.р.
19. Охарактеризуйте зміст ресурсного виклику перед Т.п.р.
20. Охарактеризуйте зміст енергетичного виклику перед Т.п.р.
21. Охарактеризуйте зміст технологічного виклику перед Т.п.р.
22. Охарактеризуйте революцію в зростанні ефективності технічних та економічних у ході Т.п.р. Проілюструйте це конкретними цифрами.
23. Наведіть приклади інновацій, завдяки яким відбувається революція у зростанні ефективності.
24. Охарактеризуйте роль самоорганізації в сучасних економічних процесах.
25. Які процеси спричиняють підвищення ролі самоорганізації в сучасних трансформаціях економіки?
26. Які принципи можуть сприяти самоорганізації економічних систем в інтересах їх екологізації?
27. Охарактеризуйте зміст горизонтальних структур в економіці. Які їх особливості можна виділити?
28. Охарактеризуйте суть віртуальних підприємств.
29. Що таке розумні мережі? Де вони використовуються?
30. Що таке «хмарні» технології? Яку роль вони відіграють у розвитку сучасних економічних систем?

Розділ 4

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНОВИ І НОВЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

4.1. Адитивні технології як основа сестейнового виробництва

Як було зазначено в розділі 1, дематеріалізація процесів життєзабезпечення суспільства є одним із найважливіших завдань, вирішення якого покликана забезпечити «зелена» економіка. Під дематеріалізацією тут розуміється зниження матеріаломісткості та енергоємності виробництва і споживання виробів та послуг.

На сьогодні виробничий комплекс використовує лише незначну частину видобутих із надр природних ресурсів. Лєвова частка їх (за деякими оцінками, від 90% до 95%) повертається в природу, проте вже в значно токсичнішому і неврегульованому стані, обумовлюючи процеси руйнування і забруднення природних систем. Вихід полягає в переході від субтрактивного до *адитивного* методу виробництва. Перший базується на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу (від англ. subtract – відняти), другий навпаки – на додаванні (від англ. add – додати) лише необхідного, що практично усуває неминучість відходів.

Зміст методу. Згідно з визначенням, що використовується в англійській літературі, «*адитивне виробництво* (additive manufacturing – AM) – це термін, що позначає технології, які створюють 3D-об'єкти (build 3D objects) з комп'ютерної 3D-моделі нанесенням (adding) шар за шаром матеріалів: або пластику, або металу, бетону або в один із днів... людської тканини» (Additive, 2017; What, 2016).

Сторінки історії

Адитивне виробництво (AB), включаючи відповідний інструментарій і матеріали, бере свій початок з 1980 років. У 1981 р. Хідео Кодама (Hideo Kodama) з Нагойського муніципального індустріального науково-дослідного інституту винайшов два методи AB тривимірної моделі з полімеру, що фото затвердіває (photo-hardening polymer). У цих методах робоча зона контролювалася за допомогою модельного шаблону (mask pattern).

У 1984 р. французький інженер і винахідник Алан Ле Мєхо (Alain Le Mehaute) зі своїми колегами Олівером де Вітте (Olivier de Witte) і Жаном Клодом Андре (Jean Claude Andre) подали заявку на патент для процесу стереолітографії (stereolithography). Трьома тижнями пізніше американський винахідник Чак (у деяких публікаціях зазначається ім'я Чарльз) Халл (Chuck Hull) подав заявку на свій власний метод стереолітографії. Термін «стереолітографія» був визначений ним у заявці на патент як «система ге-

нерування тривимірних об'єктів за рахунок пошарового формування», що фактично повторювало опис формування 3-вимірних об'єктів Х. Кодамою.

В остаточному підсумку заявка французьких винахідників була відхилена Французькою генеральною електрокомпанією і Лазерним консорціумом. Формальною причиною відмови стало формулювання: «недостатні перспективи для бізнесу».

Халл діяв більш енергійно. Він розробив установку STL (STereoLithography), що включала також програмне забезпечення. Установка дозволяла за допомогою лазера шар за шаром наносити фотополімери. Крім того, винахідник створив фірму 3D Systems, яка в 1988 році виготовила перший пристрій об'ємного друку під назвою StereoLithography Apparatus, або SLA-250, який отримав значне поширення (3D printing, 2017).

Як бачимо, адитивний метод має відразу кілька засновників. Але офіційним вважається Чак Халл.

У 1990 році був використаний новий метод отримання «друкованих відбитків» – метод наплавлення, тобто струменевого нанесення матеріалів. Його розробив Скотт Крамп (Scott Crump). Метод отримав значне поширення завдяки дешевизні як самих принтерів, так і витратних матеріалів. Крамп заснував компанію Stratasys, яка в 1991 році випустила свій перший принтер. Після цього стали активно використовувати поняття: «лазерний 3D-принтер» і «струменевий 3D-принтер». Саме ж поняття «3D-друк» з'явилося у 1995 році, коли два студенти Массачусетського технологічного інституту модифікували струменевий принтер і створили на ньому об'ємне зображення (История создания, 2017; Холодов, 2014).

Реалізація адитивних технологій забезпечується широким впровадженням 3D-принтерів. Як образно висловився відомий вчений Джеремі Ріфкін: «3D-друк сигналізував про початок Третьої промислової революції» (Рифкин, 2016).

Технологічна сфера формує найважливіший кластер інновацій. Він, як уже було зазначено, обумовлений очікуваним широким впровадженням у виробництво *адитивних* методів. У майбутніх виробництвах формування виробів відбуватиметься шар за шаром (нічого зайвого) з екологічно сприятливих матеріалів («чорнил»).

Крім колосальної економії витрат на сировину, значно знижуються технологічні витрати на підготовку виробничих процесів (витрати праці, енергії, матеріалів). Про сам процес виготовлення, включаючи за необхідності внесення змін і диверсифікацію форм продукції, що випускається, «дбає» керуючий виробничим процесом комп'ютер із 3D-принтером за мінімальних витрат.

Адитивні методи виробництва дозволяють реалізувати значні переваги (Определение, 2015; Самойлов, 2014; Щедровицкий, 2014), зокрема:

- необмежені можливості конструювання;
- *безкоштовність* забезпечення складності;

- *безкоштовність* забезпечення варіативності;
- мінімальну *відходність*;
- виготовлення під *вимоги індивідуального замовника* з мінімальною зміною вартості виробництва;
- можливість внесення змін *в останній момент*;
- виключення етапу *збирання*;
- пряма *матеріалізація* інформаційних образів (останні можуть задаватися, зокрема, безпосередньо голосом людини, а в перспективі – і думкою).

3D-принтери. Сьогодні дедалі більш чітко вимальовуються завдання, які покликані вирішувати інформаційне забезпечення сучасного матеріалознавства, орієнтоване на використання 3D-принтерів:

- а) збільшення складності і різноманітності виробів;
- б) забезпечення гнучкої варіабельності, тобто можливості швидко і з мінімальними витратами змінювати властивості матеріалів;
- в) екологізація речовинної основи матеріалів, що використовуються через максимальне наближення їх до природної основи;
- г) максимальне зниження вартості матеріалів і вартості обладнання, що працює з цими матеріалами (3D-принтерів).

Команда вчених з Лабораторії інформатики і штучного інтелекту (CSAIL) Массачусетського технологічного інституту представила новий 3D-принтер, який працює відразу з *десятьма (!)* різними матеріалами і використовує методику *3D-сканування*, тобто збирання інформації про прототип об'єкта, який потрібно відтворити. Це дозволяє заощаджувати час і гроші під час виробництва. Крім того, сам 3D-принтер дешевший і більш зручний, ніж існуючі аналоги. Вчені вже надрукували на ньому чохли для смартфонів, світлодіодні лінзи, оптоволоконні кабелі та багато іншого (рис. 4.1) (Горина, 2015).



Рисунок 4.1 – Вироби, роздруковані на 3D-принтері (Горина, 2015)

Робота 3D-принтерів із кількома матеріалами, крім усього іншого, розкриває нові можливості матеріалознавства роботи з матеріалами. Можна регулювати жорсткість, прозорість/непрозорість, твердість, пластичність та інші характеристики, запустивши відповідну комп'ютерну програму.

- Згідно з даними компанії Context світовий ринок 3D-друку до 2020 року досягне 17,8 млрд дол., а ринок самих 3D-принтерів у період 2016–2020 рр. зросте з 1,8 млрд дол. до 6,4 млрд дол., тобто збільшуватиметься на 30–40% щорічно.



Рисунок 4.2 – Будинки, надруковані на 3D-принтері Шанхайською компанією WinSun (Шанхайская, 2015)

У 2016 році в світі вироблялося вже близько 2,5 тисяч моделей різних 3D-принтерів (Boing, Samsung, Siemens, Canon, General Electric) (Курьшев, 2016).

- У 2014 році розпочався прорив у галузі зведення будівель з використанням 3D-друку бетоном. Шанхайська компанія WinSun за 24 години звела десять 3D-друкованих будинків, а після надрукувала п'ятиповерховий будинок (рис. 4.2) і котедж. Блоки будівель були надруковані на окремому майданчику, а потім були використані для складання будинку (Шанхайская, 2015).

У травні 2016 року в місті Дубаї відбулося відкриття, як представлено творцями, першої в світі будівлі, повністю надрукованої на 3D-принтері. Будівля була побудована за 17 днів. Вона оснащена всіма необхідними комунікаціями. Для будівництва було використано промисловий принтер розмірами 36 x 12 x 6 метрів (Dubai, 2017).

- Австрійський стартап Overtes запропонував спосіб друку на 3D-принтері бетонних деталей будь-якої форми, включаючи складні вигини і

спіралі. Для цього використовується надпотужний принтер вагою 1,8 тонн і розміром в 4 кв.м. Запропонований метод дозволить архітекторам проектувати більш незвичайні будівлі, а будівельним компаніям – істотно знизити витрати. Адже для існуючих сьогодні технологій будь-яке ускладнення форми будівель (зокрема, пов'язане з увігнутими, опуклими і конусоподібними поверхнями) різко підвищує трудомісткість робіт і пов'язані з цим витрати (Гоголадзе, 2017 в).

- У голландському місті Гемерт (на півдні країни) відкрили перший у світі міст, надрукований на 3D-принтері. Конструкція була спроектована інженерами з Технічного університету Ейндховена і будівельною компанією BAM Infra. Міст має близько 800 шарів матеріалів і створений з посиленого, попередньо спресованого залізобетону. Така технологія потребує набагато менше бетону і практично не залишає відходів (Иртлач, 2017 б).

- У 2013 році канадський інженер Джим Кор надрукував перший автомобіль, і вже невдовзі автомобілі методом роздруковування були створені в Китаї (рис. 4.3) та Японії (Представлен, 2013).



Рисунок 4.3 – Роздрукований на 3D-принтері електромобіль китайської компанії Sanya Sihai (Китайці, 2015)

- З 2013 року 3D-принтери широко використовуються в харчовій промисловості (рис. 4.4) (Kolodny, 2017; Gauthier, 2014).

- Провідні взуттєві фірми, за повідомленнями медіа, вже широко використовують 3D-друк (рис. 4.5).

- 3D-принтер вже давно працює на міжнародній космічній станції. На ньому, зокрема, роздруковуються відсутні інструменти. За необхідності їх цифрові образи передаються із Землі.

- Американський стартап Madein Space надрукував на 3D-принтері захисний протирадіаційний екран для датчиків REM усередині «надувного» модуля BEAM, пристикованого до МКС. Модуль дійсно може в буквальному розумінні збільшуватися, як повітряна куля, при накачуванні повітрям (Никитин, 2017 в).

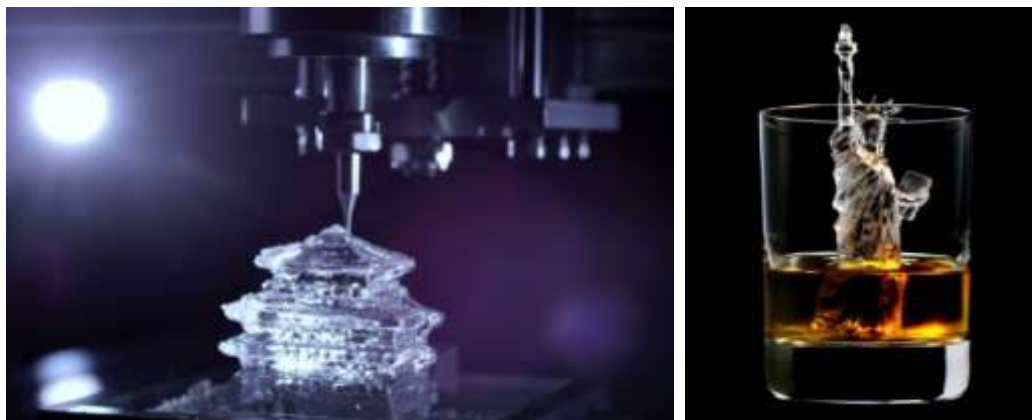


Рисунок 4.4 – Фігурки з льоду і шоколаду, надруковані на 3D-принтері (Gauthier, 2014)

- З 2013 року 3D-біопринтери почали активно використовуватися в медицині. В експериментальних установках друк 3D-структури майбутнього об'єкта (тканин або органу для пересадки) проводиться краплями, що містять живі клітини. Далі поділ, зростання і модифікація клітин забезпечують остаточне формування об'єкта (Murphy, 2014). У 2013 році китайські вчені почали друкувати вуха, печінку і нирки з живої тканини. Очікується, що повністю функціональні друківані органи з'являться в найближчі 10–12 років. У тому самому році в університеті Хассельт у Бельгії успішно надрукували нову щелепу для 83-річної бельгійки. У 2016 році з'явилося повідомлення, що в Росії на біопринтері надрукована щитовидна залоза, яка була імплантована в організм лабораторної миші. Після пересадки орган запрацював і став виділяти гормони (3D-принтер, 2017; Грэй, 2015).



Рисунок 4.5 – Взуття, надруковане на 3D-принтері (Горина, 2014)

- За прогнозом нідерландського банку ING, до 2060 року половина продукції в світі буде друкуватися на 3D-принтерах. При цьому обсяг світової торгівлі може скоротитися на 25% через те, що значна частина продукції зможе друкуватися на місцях, зокрема і безпосередніми споживачами (Иртлач, 2017 а).

Можливості нових технологій на основі 3D-принтерів можна продемонструвати на численних прикладах.

Побутовий 3D-принтер. Компактний 3D-принтер обіцяє коштувати не більше холодильника (\$ 179) (рис. 4.6). Його розміри становлять лише 390 x 221 x 237 міліметрів, а вага –1,7 кг без урахування катушки з

ниткою. Загальний об'єм простору, де відбувається друк, – 2,27 літра (Загорская, 2015 б).



Рисунок 4.6 – Побутовий 3D-принтер за ціною холодильника (Загорская, 2015 б)

Папір для багаторазового друку. Вченими та інженерами створений папір для багаторазового друку (рис. 4.7). Текст або картинка на такому носіїві зберігається протягом кількох днів, після чого надрукована інформація може бути стерта за допомогою простого нагрівання паперу (Доронин, 2014 а).

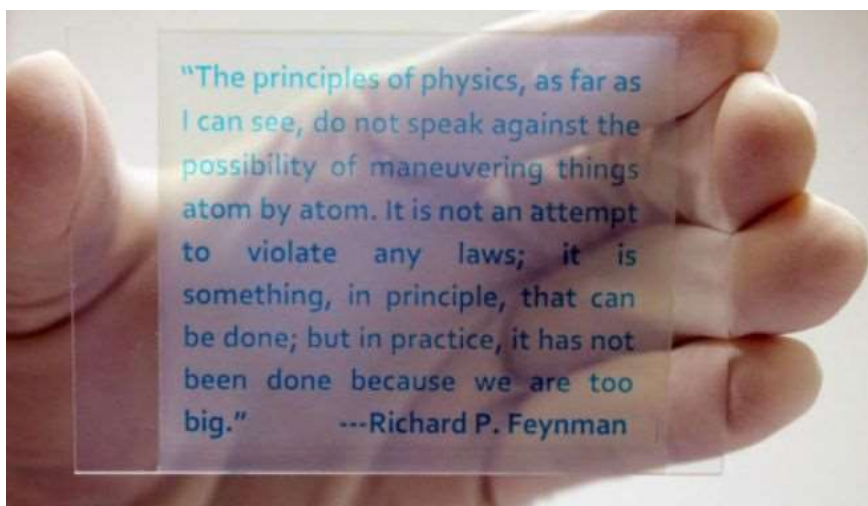


Рисунок 4.7 – Папір для багаторазового друку (Доронин, 2014 а)

Крім уже зазначених вигід конструкторського і технологічного характеру, як уже зазначалося в розділі 1, адитивні методи виробництва мають значні екологічні переваги. Зокрема, вони дають можливість зменшити у

рази (а іноді на порядок) матеріаломісткість виробничих процесів. Крім того, вони створюють передумови для переходу на органічні для природи матеріали.

4.2. Самовідтворювальні виробничі системи

Починаючи з середини 2000 років, стали розвиватися нові напрямки створення виробничих систем, здатних до самовідтворювання. Ще в 2005 році викладач (senior lecturer) Британського батського університету (University of Bath) Адріан Боуер (Adrian Bowyer) зробив заяву, що працює над створенням «чарівної машини», яка може за відповідною програмою зробити майже все, що завгодно (Make-it-all Machine), зокрема – виготовити саму себе.

Ґрунтуючись на досвіді використання експериментальних машин, здатних у промисловості виготовляти пластмасові автозапчастини, британець запропонував створити невеликі автоматизовані фабрики з виробництва «всього». На цих фабриках роботи могли б виготовляти, зокрема, клони самих себе, тобто здійснювали б *реплікацію* (Англичанин, 2005).

Історична довідка

Ідею виробничої реплікації свого часу передбачив один із засновників нанотехнологій угорський і американський учений Джон фон Нейман (John von Neumann / Janos Lajos Neumann). Крім своїх відомих світу праць (теорія оператора до квантової механіки, функціональний аналіз, теорія ігор, клітинний автомат, цифровий комп'ютер), у 1950 роки він висловив ідею про створення універсального конструктора (будівельника) (universal constructor).

Його аналіз структури самореплікації передував відкриттю структури ДНК (DNA) (John, 2017).

Пізніше до робіт А. Боуера приєдналися новозеландські та американські дослідники. До 2008 року був створений перший робот, який мав здатність до самореплікації. Він був названий RepRap Version 1.0 Darwin (від англійських слів: Replicating Rapid – prototyper).

29 травня 2008 року відбулася знаменна подія в історії людства. Вперше робот виготовив деталі для відтворення самого себе, тобто точної своєї копії, а зібрана копія почала виготовляти «онука» першої машини (рис. 4.8) (Попов, 2008).

Створення копії здійснювалося методом 3D-друку шляхом послідовного нанесення тонких шарів розплавленого полімеру. Конструкція RepRap була оптимізована так, щоб його частини можна було надрукувати на ньому самому.

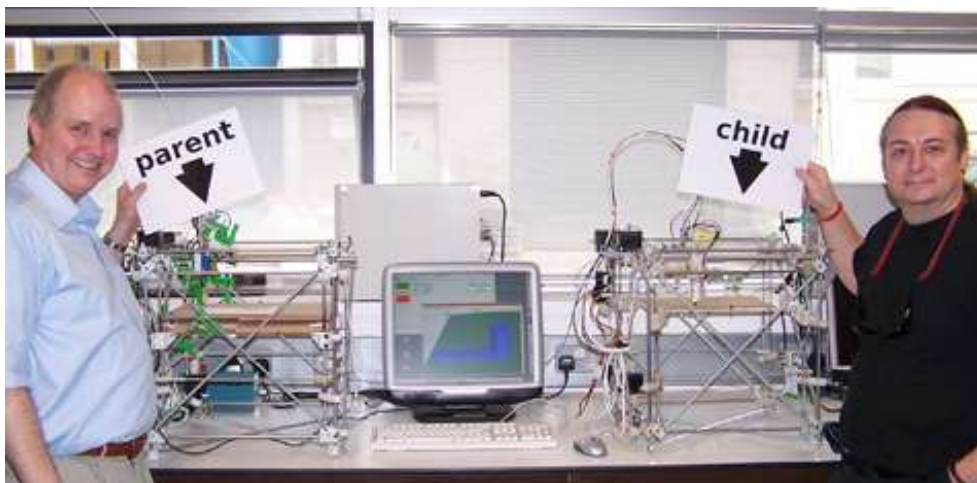


Рисунок 4.8 – Едріан Боуер (зліва) і його напарник Вік Оллівер (Vik Olliver) поряд із RepRap-«батьком» (зібраним із деталей, створених на звичайному 3D-принтері) і першим повністю завершеним і працездатним апаратом RepRap-«дитиною», який уже через кілька хвилин після «народження» створив першу деталь свого «сина», тобто «онука» першої машини (фото з сайту reprap.org) (Попов, 2008).

При цьому необхідно зробити кілька зауважень. По-перше, самовідтворювальний 3D-принтер машини RepRap міг відтворювати далеко не всі власні деталі. Металеві елементи, як і електроніку, роботу доводилося брати ззовні. По-друге, фінальне збирання його копії теж здійснювалося не роботом, а руками людей.

На думку Боуера, зовнішня доповнюваність деталей цілком допустима, оскільки нагадує харчування біологічних організмів. «Ні ви, ні я не можемо відтворюватися без постачання ззовні амінокислот, полісахаридів, жирів. Тому ми прийняли правило: машини повинні вміти скласти свої основні частини так, щоб вони могли працювати механічно, але ми додаємо їм чіпи, гайки і болти, а також одну або дві інші речі ззовні... Додаткове правило полягає в тому, що додані частини повинні бути стандартними, доступними і дешевими» (Попов, 2008).

Втім, творці робота вважають, що в майбутньому можливо і відтворення роботами таких складних частин, як електроніка та електричні прилади (Попов, 2008).

Запропонована модель має ряд унікальних властивостей. По-перше, вона закладає можливість 3D-принтера в поєднанні з відповідною комп'ютерною моделлю (відкрите програмне забезпечення для Linux, Windows, MacOS) його самовідтворення (зокрема, самостійного виробництва власних деталей для заміни зношених, крім того, часткового створення власної копії). По-друге, творцям вдалося домогтися відчутної дешевизни запропонованої моделі порівняно зі звичайними моделями 3D-принтерів. По-третє, вони виклали ліцензію на виробництво винаходу для безкоштов-

ного використання всім бажаючим, включаючи малі спільноти (GNU – General Public License). Як підкреслив один з учасників команди творців RepRap Вік Оллівер, це робиться «для розвитку світу» (world) (O’Neill, 2017).

Прикладною сферою цього напрямку робіт є створення так званих фаблів або фаблабів (від англ. Fab lab – fabrication laboratory). Під цим терміном розуміють невеликі майстерні, що пропонують учасникам можливість виготовляти необхідні їм предмети на верстатах із числовим програмним управлінням. Зазвичай фабли оснащені набором універсальних інструментів та комп’ютерних програм, дозволяючи зробити «майже все» з «практично нічого». Інакше кажучи, фабл (фаблаб) у сукупності представляє ту саму «машину, що може зробити майже все» «make-it-all machine» (Fab lab, 2017).

Доречно зазначити, що подібні фабли відкриваються і в Україні. Зокрема, в Києві відкрито вже дві майстерні-лабораторії, які є частиною світової мережі «фаблабів» (рис. 4.9). Тут зібрано найсучасніше обладнання, лазерні прилади, 3D-принтери, 3D-сканери, металорізальне знаряддя, необхідні інструменти. Всі бажаючі за певну плату (а раз на тиждень – безкоштовно) можуть зібрати необхідний пристрій або надрукувати 3D-предмет (В Києві, 2016).



Рисунок 4.9 – Лабораторія Fab Lab Fabricator у Києві (на вул. Воздвиженській) (В Києві, 2016)

Ще вищий клас у забезпеченні самовідтворення створених людиною сутностей продемонструвала Google. Тут навчили своє програмне забезпечення самостійно робити більш досконалий варіант програмного забезпечення (Пальчинская, 2017).

Це досягнення, безсумнівно, є значним проривом у створенні штучного інтелекту. По-перше, набагато важче навчити штучно створені людиною сутності (нехай навіть і нематеріальні) вирішувати завдання, що вимагають застосування інтелекту. Це набагато складніше, ніж змусити робота виконувати механічну роботу за заздалегідь закладеною програмою. По-друге, за версією Google програма не лише відтворює себе, а і здатна самовдосконалюватися, тобто має навички самонавчання. Отримані результати мають велике прикладне значення для автоматизації робіт, що вимагають розумової праці (створення програмного забезпечення, архітектура, охорона здоров'я, конструкторські роботи тощо).

Органічним продовженням зазначених досліджень у наші дні є розвиток так званих когнітивних технологій. Вони будуються на основі програм, які мають можливість самодописуватися і самовдосконалюватися.

У країнах ЄС був ініційований проект «Завод за один день» (Factory-in-a-day). На сьогодні все більше підприємств, зайнятих виробництвом роботів та 3D-принтерів, продають для малих і середніх підприємств гнучкі заводи (із програмним забезпеченням), які здатні розгортатися за 24 години. Завод продається як смартфон або планшет (EU Project, 2017; Factory-in-a-day, 2013).

Цифри і факти

У 2016 році в світі використовувалося близько 1,5 млн роботів. Відсоток роботів, що використовувалися в трьох провідних галузях, становив: автомобілебудування – 33%, електротехнічна і електронна промисловість – 10%, хімічна промисловість – 9,5%. Відсоток використання роботів під час виконання різних виробничих завдань становив: обробка матеріалів – 35%; зварювання – 29%; збирання – 13%; дозування – 4% (Золотов, 2016).

На основі досліджень Массачусетського технологічного інституту (Бостон, США) розроблено технологію під умовною назвою MIT Fab Lab. Використовуючи наявне обладнання, завод здатний самодобудовуватися і саморозширювати наявний функціонал (Gershenfeld, 2017).

4.3. Революція в матеріалознавстві

Розгортання Т.п.р. і Ч.п.р. обумовлює і революційні процеси в роботі з матеріалами. З одного боку, перехід до нових технологій висуває нові вимоги до матеріалів, що обумовлює необхідність вирішення нових, раніше не звіданих завдань, які пов'язані з пошуком нових характеристик матеріалів. З іншого боку, наукові відкриття і досягнення технічного прогресу відкривають можливості використання широкого спектру унікальних властивостей і функцій нових матеріалів, які здатні вирішувати такі завдання.

Можна сформулювати кілька напрямків, за якими розвивається сучасне матеріалознавство (DARPA, 2015). Кожен із них обумовлений вимогами виконання конкретних технічних завдань. Серед них можна виділити:

- досягнення технічних характеристик (фізичних властивостей), необхідних для роботи в певних фізико-хімічних умовах (високих або низьких температурах, високому або низькому тиску, ударних навантаженнях, агресивних середовищах, інтенсивному терті та ін.);
- забезпечення можливості роботи як «чорнила» для 3D-друку;
- забезпечення високої точності в конструюванні, тобто при розрахунку, прогнозуванні та досягненні заданих властивостей і характеристик;
- досягнення з мінімальними витратами праці, часу і коштів гнучкої зміни властивостей і характеристик;
- здатність перетворювати одні форми енергії на інші;
- придатність для імплантації в біологічні організми;
- прийнятність для метаболізму екосистем;
- достатня дешевизна отримання, експлуатації та утилізації.

Серед технологічних напрямків створення нових матеріалів можна виділити ряд основних.

Композитні матеріали (КМ), або *композити*, завдяки своїм властивостям є одним із найбільш застосовуваних наразі видів матеріалів.

«У більшості *КОМПОЗИТІВ* (за винятком шаруватих матеріалів) їх компоненти можна розділити на матрицю (або елементи, які зв'язують) і включені в неї елементи наповнення (або наповнювачі). У композитах конструкційного призначення наповнювачі зазвичай забезпечують необхідні механічні характеристики матеріалу (міцність, жорсткість та ін.), а матриця забезпечує спільну роботу армуючих елементів і захист їх від механічних пошкоджень і агресивного хімічного середовища. Композитні матеріали, що являють собою гетерофазні системи, утворюються з двох або більше компонентів зі збереженням індивідуальності кожного окремого компонента. КМ є однорідним у макромасштабі і неоднорідним у мікромасштабі.

Механічна поведінка композиції визначається співвідношенням властивостей наповнювачів і матриці, а також міцністю зв'язків між ними. Характеристики та властивості створеного виробу залежать від вибору вихідних компонентів і технології їх поєднання.

При суміщенні наповнювачів і матриці утворюється композиція, яка має набір властивостей, що відображають не лише вихідні характеристики її компонентів, але і нові властивості, яких окремі компоненти не мають» (Композиционные, 2017).

До зазначеного можна додати, що «КМ – це штучно створений неоднорідний суцільний матеріал, що складається із двох або більше компонентів з чіткою межею поділу між ними».

«Матеріалознавці експериментують з метою створити більш зручні у виробництві, а отже, і більш дешеві матеріали. Досліджуються самозроста-

ючі кристалічні структури, з'єднані в єдину масу полімерним клеєм (цементи з додаванням водорозчинних клеїв), композиції з термопласту з короткими армуючими волокнами та інші» (Композиционные, 2017).

«Головна перевага КМ – в тому, що матеріал і конструкція створюються одночасно під виконання певних завдань. Відповідно вони не можуть вміщати в себе всі можливі переваги, але, проектуючи новий композит, інженер має можливість задати йому характеристики, що значно перевершують параметри традиційних матеріалів при виконанні даної функції в даному механізмі, але поступаються їм у будь-яких інших аспектах. Це означає, що КМ не може бути кращим за традиційний матеріал у всьому. Для кожного виробу інженер проводить усі необхідні розрахунки і тільки потім вибирає оптимум між матеріалами для виробництва. Можливими цілями пошуку можуть бути:

- висока питома міцність;
- висока жорсткість;
- висока зносостійкість;
- висока втомна міцність;
- можливість виготовлення з КМ певних конструкцій;
- легкість.

Причому різні класи композитів можуть мати одну або кілька переваг. Усіх переваг неможливо домогтися одночасно» (Композиционные, 2017).

Композитні матеріали широко застосовуються в авіації, космічній техніці, приладобудуванні, зв'язку, машинобудуванні, будівництві, побуті, спорті.

Метаматеріали (ММ) є різновидом композиційних матеріалів. Їх властивості обумовлені не стільки властивостями складових елементів, скільки штучно створеною періодичною структурою.

«ММ являють собою штучно сформовані і особливим чином структуровані середовища, що мають електромагнітні або акустичні властивості, які складно досягати технологічно або які взагалі не трапляються в природі. Під такими властивостями необхідно розуміти здатність набувати особливих значень фізичних параметрів середовища, наприклад, від'ємні за величиною значення як діелектричної, так і магнітної проникності, просторову структурування (локалізацію) розподілу величин цих параметрів (зокрема, періодичну зміну коефіцієнта заломлення, як у фотонних кристалах), наявність можливості управління параметрами середовища в результаті зовнішніх впливів (метаматеріали з електрично керованою діелектричною та магнітною проникністю) і т. ін. Розробник метаматеріалів при їх синтезі має можливість вибору (варіювання) різних параметрів (розміри структур, форма тощо)» (Метаматериал, 2017).

Дослідники бразильської компанії Braskem розробили новий вид пластиків харчових контейнерів. Упаковка мимовільно змінює колір, коли рівень рН усередині неї починає змінюватися (а це явна ознака того, що вміст перестав бути їстівним) (Иртлач, 2017 а).

Завдяки своїм унікальним властивостям метаматеріали застосовуються у сонячній енергетиці, приладобудуванні, зв'язку, оборонній промисловості (зокрема, завдяки від'ємним показникам заломлення світла використовуються для маскування об'єктів).

Увага до метаматеріалів викликана тим, що вони перенаправляють не тільки видиме світло. Залежно від того, як і де вони будуть використовуватися, метаматеріали здатні перенаправляти мікрохвилі, радіохвилі, а також маловивчені Т-хвилі – щось середнє між мікрохвилями та інфрачервоним світлом в електромагнітному спектрі. Практично будь-який вид хвиль електромагнітного спектру може маніпулюватися метаматеріалами.

Завдяки метаматеріалам одного разу можна буде створити спеціальні Т-хвильові сканери для медичних процедур, компактні радіоантени, що здатні змінювати свої властивості прямо за ходом, і багато чого ще. Коротше кажучи, метаматеріали є дуже багатообіцяючим проектом. Їх теоретичні можливості практично нескінченні. Однак до комерційного використання цих матеріалів доведеться пройти дуже довгий і важкий шлях (Хижняк, 2015).

Наноматеріали (НМ) являють собою речовини, отримані на основі наночастинок з унікальними характеристиками, що впливають із мікроскопічних розмірів їх складових.

Можна назвати кілька видів наночастинок, що найчастіше використовуються (Нанотехнологии, 2017; Нанотехнология, 2017; Алферов и др., 2017).

Графен – двовимірний алотропний модифікація вуглецю, утворена шаром атомів речовини товщиною в один атом. Має велику механічну твердість і рекордно велику теплопровідність. Матеріал отримано в 2004 році. Створення графену дозволяє отримувати модифікації різних матеріалів на його основі (рис. 4.10). Зокрема, в Массачусетському технологічному

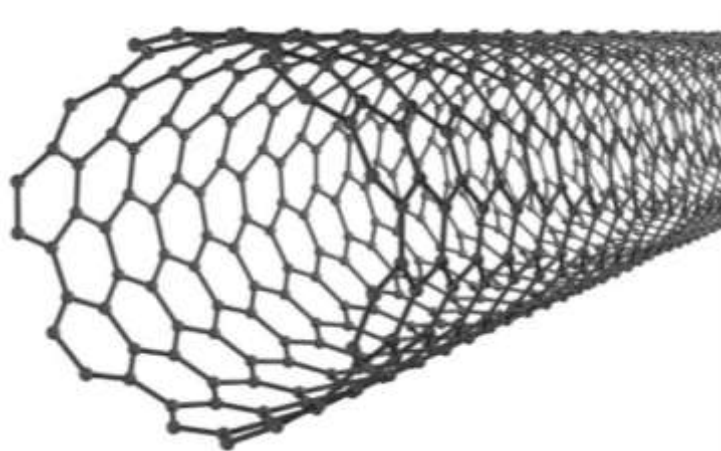


Рисунок 4.10 – Реконструкція структури нового надлегкого матеріалу, який міцніший за сталь у 10 разів (В США, 2017)

інституті розроблена технологія отримання нового надміцного матеріалу, який міцніший за сталь в 10 (!) разів. Новий матеріал отримано з пластівців графену за допомогою нагрівання і величезного тиску. Він має порівняльну щільність всього 5%, а також губчасту структуру і унікальні електропровідні властивості (В США, 2017; Глущенко, 2017).

- *Вуглецеві нанотрубки* – циліндричні структури діаметром від одного до кількох десятків нанометрів і завдовжки до кількох сантиметрів, що складаються з однієї або кількох згорнутих у трубку гексагональних графітових площин (графенів) і, як правило, закінчуються напівсферичною голівкою.

- *Фулерени* – молекулярні сполуки, що належать до класу алотропних (тобто таких простих речовин, що мають однаковий склад, але розрізняються за структурою) форм вуглецю (інші – алмаз, карбін та графіт) і являють собою опуклі замкнені багатогранники, складені з парного числа трикоординованих атомів вуглецю.

- *Аерогель* (від лат. aer – повітря і gelatus – заморожений) – клас матеріалів, що являють собою гель, в якому рідка фаза повністю замінена на газоподібну. Такі матеріали мають рекордно низьку щільність і демонструють ряд унікальних властивостей: твердість, прозорість, жароміцність, надзвичайно низьку теплопровідність та ін.

- *Аерографіт* являє собою синтетичну піну, що утворюється з трубчастих волокон вуглецю. Завдяки низькій щільності може бути названий найлегшим на сьогоднішній день матеріалом.

- *Наноаккумулятори*. На початку 2005 року компанія Altair Nanotechnologies (США) оголосила про створення інноваційного нанотехнологічного матеріалу для електродів літій-іонних акумуляторів. Акумулятори з $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ електродами мають час зарядки 10–15 хвилин. У лютому 2006 року компанія почала виробництво акумуляторів на своєму заводі в Індіані (Нано-аккумулятори, 2017).

- *Поверхні, що самоочищаються, на основі ефекту лотоса*. Ефект полягає у вкрай низькій змочуваності поверхні. Вода, потрапивши на неї, стікає і заодно захоплює із собою частинки пилу. Хоча феномен самоочищення лотоса був відомим в Азії із давніх часів, його наукове обґрунтування стало можливим лише з появою сканувального електронного мікроскопа. В 1977 р. це, зокрема, зробив із колегами німецький ботанік Вільгельм Бартлотт (Wilhelm Barthlott). Сьогодні цей ефект використовується для самоочищення поверхні сонячних панелей (Lotus effect, 2017).

Створено гідрофобні (тобто незмочувані) кремнієві наноструктури. Нові наноструктури місяцями залишаються сухими, перебуваючи під водою. Оскільки наноструктури стійкі до тиску, їх можна використовувати для захисту стелс-покриттів підводних човнів та поверхонь, які перешкоджають

обростанню суден нижче від ватерлінії різними організмами. Останнє веде до зниження швидкості кораблів (Доронин, 2015 а).

Американська фармацевтична компанія Argescia Pharmaceuticals отримала дозвіл від Управління із санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США (FDA) на використання так званого адитивного друку для виробництва лікарських препаратів.

Завдяки новій технології фармацевтам вдалося зробити таблетку швидкорозчинною настільки, що дисперсія відбувається дійсно за частку секунди. Це полегшує приймання препаратів у літніх людей і маленьких дітей, а також пацієнтів, які мають проблеми з функцією ковтання (Горина, 2015).

Станен, як графен, являє собою структуру, що складається з одиничного шару атомів. Однак на відміну від графену, який утворюють атоми вуглецю, станен складається з олова. І саме ця особливість дозволяє станену мати ті надзвичайні властивості, які не властиві *графену* – 100-відсоткову провідність. Завдяки цьому станен може проводити електрику з нульовим опором і, що більш важливо, при кімнатній температурі. Якщо передбачені властивості станену дійсно підтвердяться, то цей матеріал буде здатний зробити революцію у створенні мікрочіпів практично для всіх пристроїв, що використовуються сьогодні. По-перше, чіпи зможуть стати набагато продуктивнішими. Можливості сучасних чіпів на основі кремнію обмежені об'ємом тепла, що виділяється електронами. Чим швидше чіпи працюють, тим гарячішими стають. Станен же, маючи здатність 100-відсоткової провідності, буде позбавлений цього недоліку (Хижняк, 2015).

Матеріали для енергоперетворення. Цей вид матеріалів має здатність перетворювати одні форми енергії на інші. Ці властивості набувають особливо великого значення в епоху промислових революцій, коли енерготрансформаційні процеси лягають в основу розвитку енергетики, зв'язку, транспорту. Зокрема, створення нових матеріалів (наприклад, перовскитів) дозволило за кілька років підняти ефективність перетворення сонячного світла на електрику з 3–4% (в 2000 роки) до 15–20% (у середині 2010 років). Велику роль також відіграють матеріали для перетворення енергії в таких процесах, як акумулювання енергії, теплоізоляція, електропровідність, трансформація тепла в електрику і навпаки, світлопровідність, звукопроникність та ін. (DARPA, 2017).

Фахівці ізраїльської фірми SolCold створили фарбу, що охолоджує будівлі в спеку. В основу технології покладено принцип лазерного охолодження за допомогою взаємодії променя світла з певними матеріалами. При цьому температура може знизитися на 150 °С через те, що молекули матеріалів абсорбують ті фотони, які збігаються з ними за частотою і переміщують високочастотні фотони, які переносять більше енергії. Із

втратою енергії знижується і температура. Фарба складається з двох шарів. Зовнішній – фільтрує деякі сонячні промені. Внутрішній шар здійснює конверсію тепла у світло, охолоджуючи себе до температури нижче від навколишнього середовища (Ревадзе, 2017).

Каліфорнійська компанія Alphabet Energy представила термоелектричний генератор, який можна приєднати до звичайного генератора, зібрати вироблене ним тепло і перетворити його знову в корисну енергію. При цьому генератор Alphabet Energy використовує відносно дешевий і фактично натуральний термоелектричний матеріал у своїй основі – *тетраедрит*, мінерал, який складається з кристалів, що нагадують форму тетраедра (звідси і назва). Однак у лабораторії вже проводяться дослідження, можливо, навіть більш ефективного термоелектричного матеріалу, що має назву *скутерудит*. Зазначені матеріали належать до класу так званих термоелектричних. Вони здатні виробляти електрику з різниці температур (Шесть, 2017).

Варто зазначити, що термоелектричні матеріали вже знайшли своє застосування в деяких сферах. Наприклад, у космічних кораблях. Однак скутерудит дешевший у виробництві і може цілком підійти для використання в повсякденному житті. Скажімо, при заборі тепла з вихлопних труб автомобілів, холодильників та практично будь-яких предметів і пристроїв, що використовують енергію для роботи (Хижняк, 2015).

Мембранні матеріали характеризуються здатністю проявляти різні властивості в різних напрямках. Наприклад, пропускати струм, світло, тепло, вологу або різні речовини в одному напрямку і не пропускати (пропускати набагато гірше) у зворотному. Мембранні матеріали використовуються в багатьох сферах науки і техніки. Зокрема, вони застосовуються в установках для розділення і очищення рідин, в апаратах для газорозподілу, при виготовленні одягу (пропускають вологу або тепло лише в одному напрямку), в апаратах для поділу плазми крові.

Існують галузі, де мембранні матеріали і мембранні технології взагалі не мають конкурентів. Такими, наприклад, є: апарати «штучна нирка» і «штучна легеня», отримання надчистих речовин і зон у мікроелектроніці, виділення біологічно активних речовин та ін. (Терещенко, 2017).

Біоактивні матеріали. Мають здатність зрощуватися з живими (зокрема кістковими) тканинами. Одним з видів таких матеріалів є *біоситали*. Основною галуззю застосування таких матеріалів є медицина, де вони демонструють свої унікальні властивості: біосумісність (біоінертність, біоактивність), високий рівень фізико-механічних характеристик, стабільність властивостей, довговічність роботи в людському організмі (Новые материалы, 2017).

Фахівці Північно-Східного університету (США) і Сіднейського університету (Австралія) розробили еластичний хірургічний клей, здатний загоювати рану на шкірі або органах без швів або скоб лише за 60 секунд. В основі клею – заміщений метакриловою кислотою тропоеластин (MeTro), еластичний білок, який наноситься на рану і запечатує її, не перешкоджаючи природному загоєнню органів або шкіри. Як тільки клей контактує з тканинами, він твердне у вигляді гелю і нікуди не зміщується. Потім гель піддають ультрафіолетовому випромінюванню, щоб герметик утворив міцний зв'язок із пошкодженими тканинами (Голованов, 2017 б).

Екологічно прийнятні матеріали. Одним з велінь часу стало створення екологічно прийнятних матеріалів (в англійській мові екологічна прийнятність предметів передається термінами *ecologically friendly* – екологічно дружній або *environmentally sound* – співзвучний природному середовищу, тобто екологічно безпечний).

В даному контексті екологічна прийнятність означає здатність матеріалів залучатися до метаболізму екосистем без шкоди для них. Інакше кажучи, вони здатні розкладатися під впливом сил природи і повторно споживатися рослинами і тваринами в циклах кругообігу в природі речовин та енергії. З цієї точки зору, з нових матеріалів найбільш цікавими є ті, вихідними компонентами яких є кремній і целюлоза – найпоширеніші в природному середовищі речовин.

Учені з Технічного університету Чалмерса (Швеція) навчилися виготовляти «чорнило» (так називають матеріали, з якими працюють 3D-принтери) для 3D-біопринтера з целюлози – найпоширенішої органічної сполуки планети, яка абсолютно безболісно сприймається й утилізується екосистемами планети після завершення експлуатаційного терміну виробу. Більше

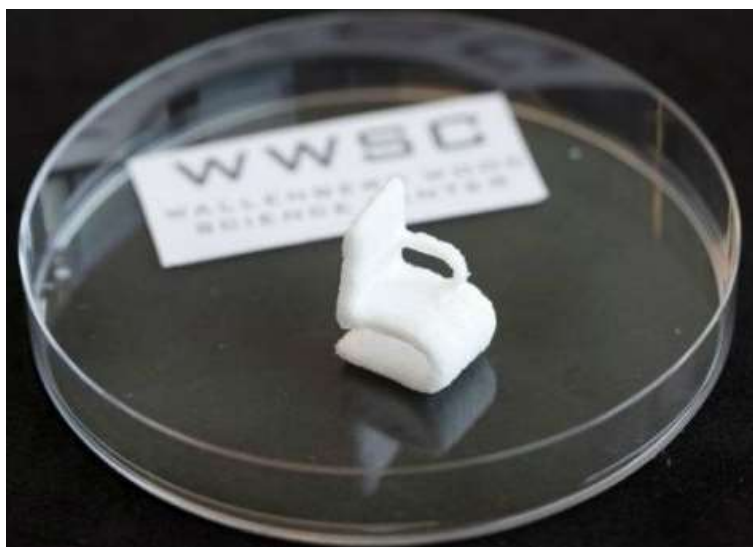


Рисунок 4.11 – Предмет, надрукований на 3D-принтері «чорнилом» із целюлози (Доронин, 2015 б)

того, шляхом додавання вуглецевих нанотрубок вчені змогли отримати матеріали, що проводять електрику (Доронин, 2015 а; Доронин, 2015 б).

«Чорнило» з пилу. Оси надихнули інженерів на 3D-друк будинків із бруду і глини (рис. 4.12). У зв'язку зі зростанням чисельності населення в деяких частинах нашої планети Організація Об'єднаних Націй (ООН) уже прогнозує необхідність будівництва близько 100 тисяч нових будинків щодня протягом найближчих 15 років (Загорская, 2015 а).



Рисунок 4.12 – 3D-принтер компанії WASP (висота 12 м, діаметр – 6 м) (Загорская, 2015 а)

Як це часто буває, рішення проблеми підказує сама природа. Поодинокі оси будують міцні, схожі на глиняний горщик, гнізда зі звичайного бруду. Принцип роботи цих працюючих комах нагадує роботу 3D-принтера, адже вони теж методично, шар за шаром, викладають свої гнізда. І саме оси надихнули італійських інженерів, які створили компанію WASP (аббревіатура – від World's Advanced Saving Project, або «Світовий передовий рятувальний проект», wasp означає англійською «оса») (Загорская, 2015 а).

Матеріали, що самотрансформуються. Вчені в різних країнах працюють над тим, щоб «навчити» матеріали довільно змінювати свої характеристики (зокрема форму) в заданому напрямку. Фактично це стає можливим завдяки технологіям, які працюють із 3D-принтерами. Умовно можна говорити, що виникає неначе ще один – четвертий – вимір. Цим виміром стає *час*. Вироблений предмет продовжує змінювати свою форму або властивості після того, як його надрукували на 3D-принтері, доводячи свої параметри до необхідних значень.

Вченим Массачусетського технологічного інституту вдалося домогтися значних результатів в освоєнні 4-го виміру. В результаті експериментів вдалося отримати решітку розміром 38 на 38 сантиметрів. У ній елементи з

жорсткого пластику з'єднувалися за допомогою речовини, яка збільшується в об'ємі при поглинанні вологи.

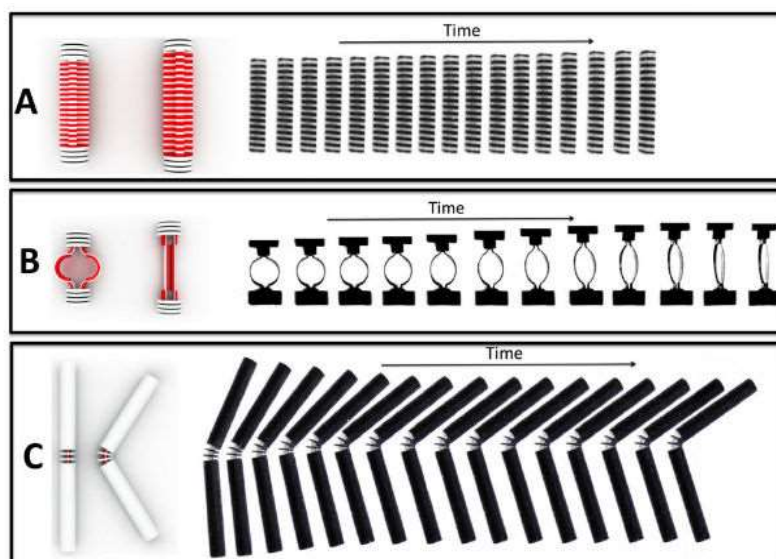


Рисунок 4.13 – Приклади виробів, що самозмінюються в часі (Загорский, 2014)

Під час експериментів вони виявили, що якщо покласти вироблений предмет у воду, адсорбуючий матеріал деформується, і решітка змінює свою форму. При цьому залежно від розташування і структури елементів, що можуть змінюватися, діапазон різних форм зі складною геометрією може бути дуже широким. Наприклад, учені надрукували фігуру, в якій аббревіатура інституту MIT згодом перетворювалася на букви SAL.

На думку авторів роботи, в доступному для огляду майбутньому цей підхід дозволить виробляти речі, які зможуть адаптуватися до мінливих умов, реагуючи на вологість або температуру. Крім того, 4D-друк відкриє дорогу абсолютно новим медичним імплантатам, які зможуть змінювати свою форму, розмір та функціональність без додаткового хірургічного втручання.

Однією з основних сфер застосування нової технології може стати виготовлення *стентів* – невеликих трубок, які поміщають усередину коронарних судин, звужених унаслідок атеросклерозу.

Надруковані стенти можна буде вводити в судини в складеному стані, після чого вони набуватимуть свою постійну трубчасту форму і розширять уражену ділянку (Загорский, 2014).

Самовідновлюваний пластик. Дослідникам вдалося розробити матеріал із неймовірною здатністю до регенерації (рис. 4.14). Створений американськими вченими пластик «загоює» на собі значні «поранення» (Ученые, 2015; Доронин, 2014 б).

Особливістю цього полімеру є його структура. У ній містяться мікрогранули, заповнені особливою рідиною. При їх пошкодженні рідина витікає і закриває пошкодження, що утворилося (Хижняк, 2015). Вчені впевнені,

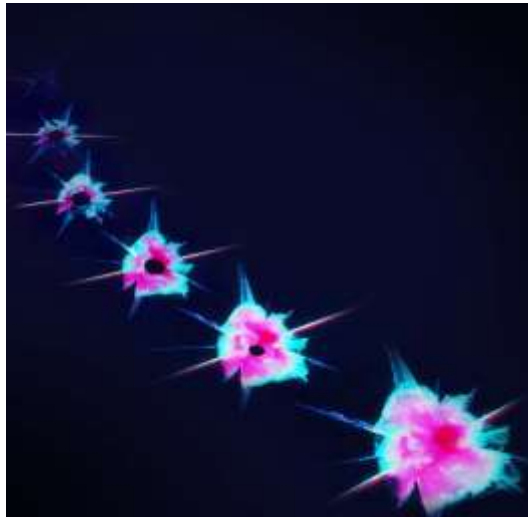


Рисунок 4.14 – Самовідновлюваний пластик (Доронин, 2014 б)

що така технологія самовідновлення пластику, що схожа на біологічне загоєння, може бути впроваджена у виробництво вже в зовсім недалекому майбутньому. Проста й ефективна методика виготовлення судинних матеріалів вже існує, тепер необхідно оптимізувати склад регенерувальних хімічних агентів для різних типів матеріалів.

Така здатність може стати дуже корисною для комерційних товарів (наприклад, подряпаний бампер автомобіля міг би відновити себе сам за кілька хвилин після аварії). Але ще важливішим є винахід для тих деталей і виробів, які важко замінити або відремонтувати, наприклад, тих, що використовуються в аерокосмічній промисловості або на дні глибоких свердловин (Паймакова, 2014).

Дослідники з Гарвардської школи інжинірингу та прикладних досліджень імені Дж. Полсона (SEAS) розробили новий міцний тип гуми, який може самовідновлюватися після проколу (Никитин, 2017 б).

Учені лондонського Університету Королеви Марії розробили біоактивне скло, яке, розпадаючись, вивільняє фторид, утворюючи хімічну речовину, що імітує мінеральний склад зубної пасти. Вона допоможе вилікувати, відновивши пошкоджені зуби (Гоголадзе, 2017 а).

Сьогодні матеріали все більше перетворюються з речовинних субстанцій, властивості яких досягаються в ході тривалих виробничих процесів, на «конструкції», потрібні характеристики яких закладаються безпосередньо в процесі виробництва з них створюваних виробів.

Більше того, як показано вище, реальністю стає конструювання композитних матеріалів із керованими властивостями, які можуть змінювати свої характеристики і форму вже після їх створення, виходячи з конкретних завдань та функцій виробів (Краснянский, 2015; Щедровицкий, 2014).

Таким чином, нові технології в поєднанні з новими матеріалами зробили реальністю вирішення низки найважливіших завдань. По-перше, досягається гнучке, а головне швидке конструювання під потреби виконання

певних функцій в умовах експлуатації виробу. По-друге, отримується великий діапазон (варіабельність) властивостей та параметрів матеріалів. По-третє, значно збільшуються граничні значення корисних властивостей матеріалів: міцності, щільності, гнучкості, електропровідності, теплопровідності, гідрофобності та ін. – іноді в десятки і навіть сотні разів. По-четверте, параметри матеріалів у заданому напрямку можуть змінюватися вже після виготовлення виробів.

4.4. Конвергенція та мініатюризація у виробництві та споживанні

Досягнення науки зробили реальним ще одне дуже важливе явище – *конвергенцію*.

Слово «конвергенція» походить від англійського converge, що означає «зводити в одну точку», «зводити воєдино». Щодо виробництва, бізнесу і споживання конвергенція передбачає об'єднання кількох властивостей та функцій в одному предметі або пристрої для подальшого використання цього пристрою для різних цілей (Толмачёв, 2005). Таким чином, під *конвергенцією*, як правило, розуміється багатофункціональність.

Один з продуктів конвергенції кожна сучасна людина носить з собою. Це його мобільний, який вміщує все те, що ще кілька років тому було окремим, причому досить об'ємним предметом: комп'ютер, телефон, фотоапарат, відеокамера, ліхтарик, записна книжка, годинник-будильник, календар і багато ще чого (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Деякі функції сучасного мобільного телефону (айфона) (складено автором)

Функція	Функція
<ul style="list-style-type: none"> • Телефон • Комп'ютер • Фотоапарат • Слайдоскоп • Відеокамера • Словник • Бібліотека • Диктофон • Калькулятор • Довідник • Пульт дистанційного управління 	<ul style="list-style-type: none"> • Записна книжка • Годинник • Таймер • Ліхтарик • Календар • TV-приймач • Радіоприймач • Передавач • Програвач • Принтер • Коректор • Навігатор (GPS)

Утім, в цьому списку повинні з'явитися і носії таких функцій, яких раніше взагалі не існувало, наприклад: «оператор електронної пошти» або «персональний блок пам'яті».

Процес конвергенції став можливим завдяки ще одному науково-технічному досягненню – колосальній мініатюризації виробів. Особливо це стосується засобів обробки інформації. Характер цього явища дуже яскраво описав класик постіндустріалізму Д. Белл, хоча, зауважимо, з моменту його висловлювання пройшло вже понад 15 років. Інакше кажучи, це означає, що наукові й технічні звершення пішли далеко вперед.

«Сьогодні в одній крупинці інтегральної схеми вартістю менше долара, сконцентрована потужність десятків тисяч транзисторів з усіма провідниками, що їх з'єднують. Його ємність – мільйони байтів і швидкодія – трильйони операцій на секунду»(Белл, 1999).

Ще грандіозніші перспективи обіцяє впровадження нанотехнологій, що повинно змінити до невпізнання не тільки виробництво, але і весь спосіб життя людства.

На думку багатьох учених, сьогодні реальністю стає створення нанокomp'ютера, тобто обчислювального пристрою на основі електронних технологій, розмірами в декілька нанометрів – зокрема, величиною з молекулу. Фактично в нанокomp'ютер може перетворитися наночастинка, запрограмована на потрібні хімічні або фізичні властивості. Корейсько-американський консорціум розробив підходи для створення нанотранзистора, базової частини нанокomp'ютера. Шість атомів водню і вуглецю були розміщені циклічно, перетворившись на молекулу бензолу. Таке розташування атомів дозволило проходити струму від одного золотого електрода до іншого без будь-якого напруження. Головним тут є навіть не мініатюрні розміри, а колосальна енергоефективність. На порядку денному – вдосконалення механізму роботи пристрою і принципової схеми його збирання (Нанотранзистор, 2017).

Нанокomp'ютер може бути створений на основі здатності наночастинок під впливом сигналів зовнішнього середовища проявляти різні хімічні або фізичні властивості, наприклад, з'єднуючись, утворювати нові сполуки, або випромінювати/поглинати промені різного спектру. Таким чином, з'являється теоретична можливість формування вхідного і вихідного сигналів (Будыка, 2016).

Учені канадського Університету Конкордія експериментально встановили, що в транзисторах із дуже коротких нанотрубок позитивно і негативно заряджені частинки поведуться по-різному. Позитивні – більш ізольовані і поведуться здебільшого як частинки, тоді як негативні заряди менш обмежені і більше нагадують хвилі. Це означає, що можна скористатися квантовою природою електронів для зберігання інформації, а позитивних зарядів – для передачі інформації. Усе разом відкриває нові можли-

вості для появи нового покоління квантових пристроїв і наближає появу квантового комп'ютера, що, у свою чергу, дозволить створювати більш розумні й ефективні прилади (зокрема гаджети) для споживачів (Громов, 2017).

На початок 2018 року заплановано старт обчислень квантового комп'ютера Google, оснащеного 22-кубітовим чіпом (*кубіт* – найменший елемент для зберігання даних у квантових комп'ютерах). Заплановано розрахунок складної задачі, розв'язання якої зайняло б на класичному комп'ютері мільярди років. Успіх буде означати наступ «квантової переваги» – переломного моменту, коли квантовий комп'ютер вирішить незбагненне раніше завдання. Квантові чіпи Google знаходяться в лабораторії, де підтримується мінусова температура – 273,11°С, що необхідно для збереження надпровідності. Такі складні і дорогі умови означають те, що Google та інші компанії, швидше за все будуть продавати квантові обчислення через «хмару» за чималі гроші. Однак уже сьогодні вчені в світі (зокрема в компанії Intel) напружено працюють над створенням чіпів, здатних працювати при більш високій температурі (Никитин, 2017 а).

Сьогодні при створенні нових видів продукції основні витрати праці йдуть не на матеріальне виробництво, а на формування інформаційного змісту виробів. За даними дослідників, при випуску таких наукоємних товарів, як комп'ютер, лише чверть витрат праці йде безпосередньо на їх виготовлення (Агамірзян, 2013). Решта припадає на роботу науково-дослідних інститутів, конструкторських бюро та лабораторій, де формуються інформаційні алгоритми функціонування виробів.

4.5. Дематеріалізація як основа «зеленого» виробництва

Можна говорити про два напрями реалізації ресурсозаощаджувальної політики. Перший – пов'язаний із проведенням різних технічних та організаційних заходів з економії ресурсів (сировини, допоміжних матеріалів, палива, енергії), запобігання псуванню або непродуктивним втратам сировини, теплоізоляції будівель та ін. Другий напрямок (і йому належить провідна роль) базується на технологічному зниженні ресурсоемності (Пильцер, 1999).

За останні 20 років вага фото- і відеокамер, магнітофонів, акумуляторів знизилася в рази, а то – і на порядок. За сорок років паливоємність автомобілів зменшилася майже в 10 разів (із 20 до 2 літрів на 100 км шляху) (Вайцеккер и др., 2000; Вайцеккер и др., 2013). Перехід фото- і кіноіндустрії на цифрові технології зробили непотрібною цілу галузь, зайняту виробництвом фото- і кіноматеріалів (плівки, паперу, хімічних реагентів). Крім

того, стало непотрібним і виробництво обладнання, необхідного для проявлення, закріплення, друку відповідної продукції. Наочним наслідком зазначених процесів, зокрема, є банкрутство всесвітньо відомої фірми «Кодак», яка понад ста років справно обслуговувала ринок фотоматеріалів.

Дуже переконливо про це явище сказав на Давоському міжнародному економічному форумі 2016 П'єр Нантерме: «Цифрові технології (digital) – це основна причина, через яку більше половини компаній, що мали місце в списку» Фортуна 500, «зникли звідти з 2000 року» (9 quotes, 2016).

Зниженню ресурсоемності сприяє і всебічне впровадження енергоощадних технологій на виробництві та в побуті.

Узагальнюючи сказане, можна виділити кілька напрямків розвитку економічних систем, що забезпечують зниження ресурсоемності їх функціонування:

- заходи щодо масштабного ресурсозбереження (наприклад, теплоізоляція будинків, застосування менш енергоємного обладнання, ін.);
- використання ресурсощадних технологій;
- використання ефективних ресурсощадних режимів роботи;
- використання природозбережних технологій, що знижують екологічні наслідки і пов'язані з цим витрати.

При цьому необхідно зазначити, що не тільки останній, але і кожен із названих напрямів тією чи іншою мірою також пов'язаний зі зберіганням природи.

Використання нових матеріалів. Цілеспрямована зміна властивостей матеріалів є надзвичайно ефективним напрямком ресурсозбереження, адже дозволяє впливати на ресурсомісткість усієї економічної системи. Зокрема, це дає можливість знижувати ресурсомісткість виробничих систем на трьох стадіях: при виробництві вихідних ресурсів, виготовленні самого матеріалу і використанні його в технічних системах.

Так, завдяки впровадженню волоконно-оптичного зв'язку (кварцове, скляне або полімерне волокно) вдалося підвищити швидкість передачі інформації більш ніж на 5 порядків. Один світловод здатний легко замінити цілий кабель, що містить кілька сотень металевих дротів. Зокрема, один світловод, що має діаметр близько 1,5 см, може з успіхом замінити телефонний кабель 7,5 см у діаметрі, що містить 900 пар мідних дротів. Він також має цілу низку інших істотних переваг (Бутов, 2003).

Крім того, що нові матеріали при їх незрівнянно вищих функціональних властивостях дозволяють замінити цілий ряд дорогих і ресурсомістких (при їх виробництві) матеріалів, вони, як правило, також значно (часто на порядки) знижують ресурсомісткість функцій, що виконуються ними.

Зокрема, теплоприток при передачі сигналів у каналах зв'язку з волоконних світлодіодів приблизно в 100 разів менший від теплопритоку передачі сигналів по кабелях із нікелю (Оптическое, 2015).

Але і цим ресурсозбережні ефекти застосування нових матеріалів не обмежуються. Зазвичай має місце також ефект, обумовлений істотно меншою матеріаломісткістю та енергоємністю їх виробництва порівняно з матеріалами, які вони замінюють.

4.6. Інноваційний вектор технологій

Принциповою особливістю сучасного етапу розвитку виробничої сфери є перенесення центру ваги (а відповідно і витрат) у виробничому процесі з циклу тиражування продукції (тобто, власне, виробничого процесу) на цикл їх проектування. Саме там закладається основна цінність майбутнього виробу, тобто його інформаційні характеристики: властивості, функції, експлуатаційні параметри (надійність, естетичність тощо). За влучним висловом І. Агамирзяна, в найближчому майбутньому ми почнемо сприймати виробничі потужності не інакше, як звичайний принтер, який вмикається натисненням кнопки, коли нам потрібно роздрукувати пачку документів (Агамирзян, 2013).

У 2010 році перша модель iPad-а продавалася майже за \$ 500. При цьому сукупні витрати на виготовлення його матеріальних компонентів та їх збирання становили лише \$ 33. «Аналогічна структура спостерігається в інших галузях. У мікроелектроніці до початку 2000 років відбулося остаточне розділення на fabless-компанії (тобто безфабричні, а саме ті, що не мають власних виробничих потужностей), які займаються дослідженнями і проектуванням мікročіпів, і foundry-компанії, які займаються їх виробництвом. Причому обороти перших уже перевищили обороти других» (Агамирзян, 2013).

«Як і будь-яка революція, третя промислова революція буде руйнівною... Як Генрі Форд залишив без роботи ковалів, роботизація і нові методи виробництва перетворюють фабрики на безлюдні приміщення, якими будуть керувати кілька десятків кваліфікованих операторів...

Зараз модно говорити, що виробництво повертається в розвинені країни. Але... нехтується дуже важлива деталь, що це вже зовсім інше виробництво...» (Агамирзян, 2013).

Таким чином, основним видом продукції в бізнесі стають не вироби і послуги, а стартапи, а точніше інновації, на виробництво яких орієнтовані дані стартапи. Причому коло інновацій, які продукуються стартапами, надзвичайно широке і стосується всіх сфер життя (рис. 4.15).

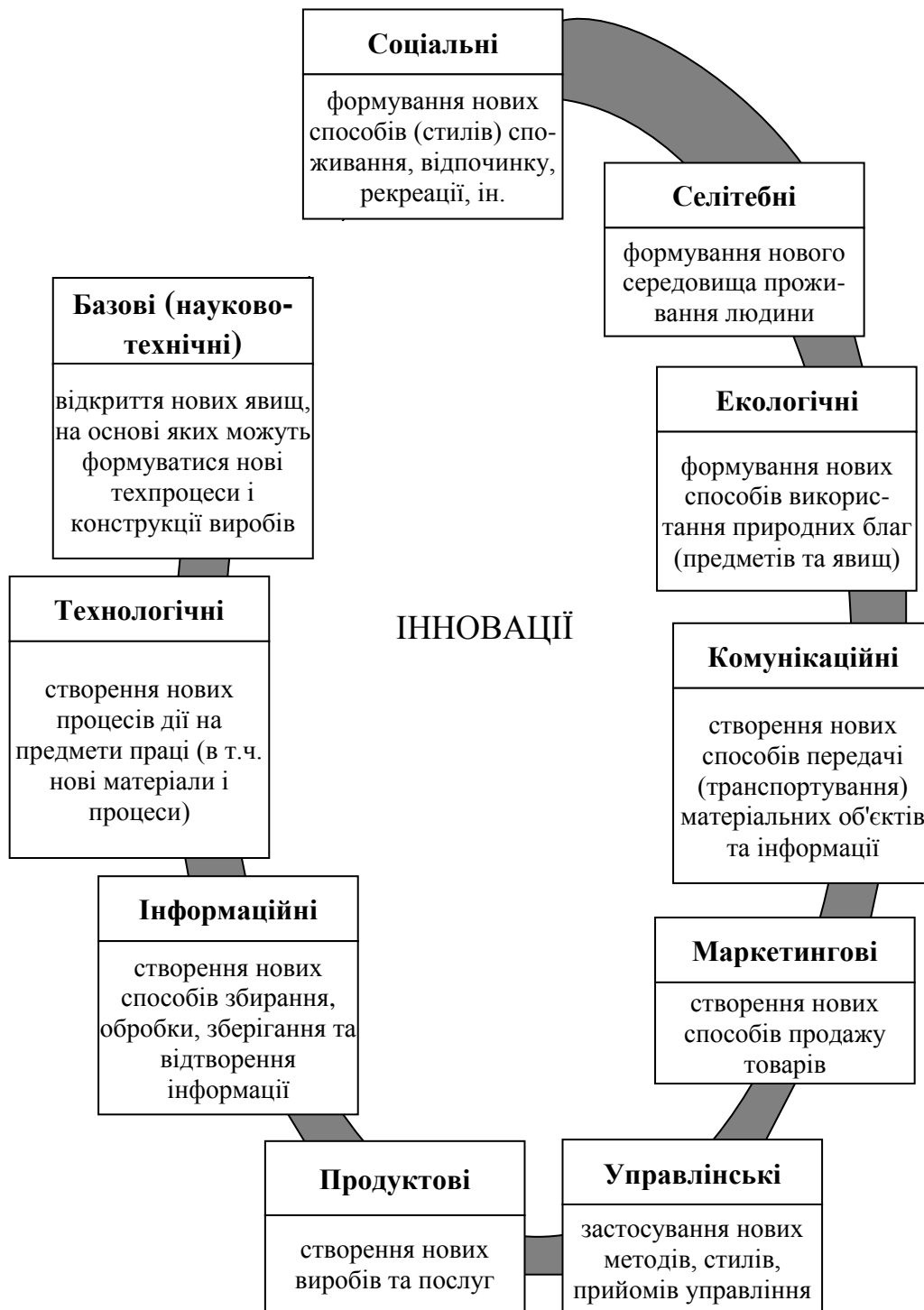


Рисунок 4.15 – Види економічних інновацій (складено автором)

Можна назвати ще точніше вид предметів, які продаються у вигляді стартапу – це різні форми підвищення ефективності процесів життєзабезпечення людини.

Сказане змушує підкреслити одну важливу деталь. Згадані інноваційні технології, як і будь-які інновації в цілому, можуть бути успішно реалізовані при концентрації зусиль усього суспільства. Як інструмент такої концентрації в країнах ЄС використовуються так звані «технологічні платформи: від визначення до загальної програми досліджень». Під цим терміном розуміється об'єднання представників держави, бізнесу, науки та освіти навколо спільного бачення тренду науково-технічного розвитку та формування загальних підходів до розроблення і промислового освоєння відповідних технологій (European, 2017).

Лише консолідована участь різних суб'єктів суспільства дозволить вирішити фінансові, організаційні, технічні, інформаційні та соціальні проблеми впровадження кластерів сучасних технологічних інновацій.

Питання до розділу 4

1. Поясніть зміст адитивної технології.
2. Яка роль адитивних технологій у вирішенні екологічних проблем?
3. Коротко розкажіть історію виникнення 3D-принтера.
4. Які переваги має адитивна технологія у поєднанні із 3D-принтером?
5. Які завдання допомагає вирішувати 3D-принтер?
6. Як ви бачите роль 3D-сканування?
7. Які функції можуть виконувати 3D-принтери?
8. У яких видах виробництва наразі застосовуються 3D-принтери? Наведіть приклади.
9. Які, на вашу думку, сфери застосування мають біологічні 3D-принтери? У чому їх сутність?
10. Яке значення може мати істотно здешевлення 3D-принтерів?
11. Що таке самовідтворювальні виробничі системи?
12. Яка роль самовідтворювальних виробничих систем у розвитку економіки?
13. Коротко розкажіть про історію створення першої самовідтворювальної системи та принципи, за якими вона була створена.
14. Розкрийте зміст «фаблів» («фаблэбів»). Яке їх призначення?
15. Чи існує, на вашу думку, загроза від поширення самовідтворювальних роботів? Якщо так, поясніть, у чому вона може полягати?
16. Роль роботів у сучасному виробництві?
17. Які завдання стоять перед сучасним матеріалознавством?
18. Які види сучасних матеріалів ви можете назвати? Коротко охарактеризуйте їхні властивості.
19. Що таке композитні матеріали? Які їхні властивості використовуються у виробництві?
20. Що таке метаматеріали? Які їхні властивості використовуються у виробництві?

21. Які властивості сучасних матеріалів і у яких сферах виробництва наразі вони застосовуються?
22. Що таке екологічно прийнятні матеріали? Їх значення у сучасному виробництві?
23. Зміст матеріалів, що самотрансформуються?
24. Що таке 4D-виробництво? Його значення у сучасному виробництві?
25. Що означає конвергенція у виробництві і споживанні?
26. Наведіть приклади конвергенції у сучасній економіці.
27. Як ви розумієте зміст «дематеріалізації» економіки?
28. Які напрями дематеріалізації економіки ви можете назвати? Наведіть приклади.
29. Роль інновацій у розвитку сучасної економіки?
30. Які істотні зміни відбулися у структурі створення та виготовлення сучасних виробів?

Розділ 5

«ЗЕЛЕНА» ЕНЕРГЕТИКА ЯК ПРОВІДНА ЛАНКА «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ

5.1. Сестейнізація енергетики як ключова передумова сестейнізації економіки

Енергетика є базовою ланкою будь-якої економіки. Ціна енергії значною мірою визначає ціну вироблених товарів та послуг. А від екологічності процесів отримання енергії залежить ступінь техногенного навантаження суспільства на природні системи. Таким чином, екологічно обумовлена трансформація енергетики відіграє вирішальну роль у сестейнізації економіки.

Не випадково із п'яти напрямків (принципів) реалізації Т.п.р. у країнах ЄС, прийнятих як директивні планові завдання Парламентом ЄС в червні 2007 року, чотири – безпосередньо пов'язані зі змінами в енергетичному секторі, а п'ятий – повною мірою залежить від них (Рифкин, 2016).

Ось ці напрямки.

1. Розвиток відновлюваних джерел енергії.
2. Використання просторів існуючих соціальних та промислових об'єктів (наприклад, дахів і фасадів будинків, поверхонь доріг, ін.) для установки генераторів відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової, геотермальної, ін.).
3. Розроблення високоефективних засобів акумуляування енергії.
4. Інтеграція розподілених відновлюваних джерел енергії в єдину загальноєвропейську інформаційно-енергетичну мережу (ЕнерНет).
5. Електрифікація транспорту.

Згідно зі згаданим Директивним планом Євросоюз взяв на себе зобов'язання, які в адміністративних колах були названі як «Три двадцятки (20–20–20)». Це означає, що до 2020 року має бути досягнуто: підвищення ефективності енергосистем на 20%; зниження викидів двоокису вуглецю на 20%; підвищення частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі країн Євросоюзу в середньому на 20%.

Як ми переконуємося далі, досягнення останнього показника відбувається зі значним випередженням (Рифкин, 2014).

Як уже зазначалося, відновлювані джерела енергії мають незаперечні переваги. Вони більш екологічні порівняно із традиційними способами отримання енергії, заснованими на спалюванні викопних видів палива.

Крім того, вони мають кілька очевидних властивостей, які вигідно відрізняють їх від об'єктів традиційної енергетики.

По-перше, джерела відновлюваної енергії характеризуються *відносною стабільністю і невичерпністю*, що дозволяє їм забезпечувати стійкий режим роботи енергетичних систем, а разом із ними – і всієї економіки. Мабуть, когось ці слова можуть здивувати. Про яку стабільність може йти мова, якщо сонце світить не постійно, і не завжди дує вітер? Це правда. Але ця нестабільність відрізняється стійкою регулярністю. А, крім того, вже існують технічні рішення, що забезпечують роботу вітрових електростанцій при мінімальній швидкості вітру і навіть повному штилі. Ще стабільнішим джерелом є геотермальне тепло. У поєднанні з ефективними засобами *акумулявання і зберігання енергії* зазначені джерела забезпечують дійсно стійкий режим роботи енергосистеми як за енергопостачанням, так (що надзвичайно важливо) і за ціною виробленої енергії. Це дозволяє встановлювати стійкий порядок регулювання (диверсифікації відпускних цін залежно від періоду доби і сезонності споживання). Щоб було зрозуміло, про що йде мова, порівняємо цю картину із ситуацією зміни економічної кон'юнктури, залежно від цін на ринках традиційних енергоносіїв.

Мабуть, не випадково період прийняття п'яти згаданих принципів реалізації Т.п.р. збігся в часі з енергетичною кризою 2007 року, коли ціна на нафту на світових ринках підскочила з 30–40 доларів, які були лише за кілька років до цього, в середньому до 120 дол. за барель. Економіки провідних країн світу відреагували на це різким стрибком цін на вироблені товари і гальмуванням своєї активності. Коли ж у липні 2008 року ціна за барель нафти підскочила до 147 дол., і ціни на вироблені товари по всьому ланцюжку злетіли вгору, подвоївшись і потроївшись на деякі групи товарів, через різке зниження купівельної спроможності населення провідні економіки світу практично зупинилися зовсім. Через два місяці після цього відбулася жорстка світова фінансова криза.

Природною реакцією економічних систем на енергетичну кризу стало значне зниження їх активності. Внаслідок цього в 2009 році ціни на нафту впали взагалі до 30 доларів за барель. Дешеві ціни на нафту активізували економічну активність, що, у свою чергу, з часом мотивувало підвищення ціни на нафту. І до 2012 р. вона знову досягла позначки 120 дол. За нею поповзли вгору і ціни на інші товари. Через два роки маятник хитнувся у зворотному напрямку, довівши ціни на нафту до 30 дол. І економіка знову пішла «зачарованим» замкненим колом.

Як бачимо, сам характер енергетики, заснованої на спалюванні викопного палива, обумовлює надзвичайно нестійкий режим поведінки економічних систем. Цей недолік дозволяє подолати відновлювана енергетика. За умов достатньо розвиненої власної інфраструктури (акумуляційні системи, «розумні» мережі розподілу енергії, ін.) вона досить легко може не

тільки забезпечити стабільний режим поставок електроенергії, але і впоратися з проблемами істотних коливань споживання енергії протягом добових і тижневих періодів часу. Це, як відомо, створює досить серйозні труднощі для традиційної енергетики.

У той самий час у березні 2011 року сталася ще одна подія, яка підштовхнула країни ЄС до активізації робіт з реалізації Т.п.р. Такою подією стала одна з найбільших у сучасній історії радіаційна катастрофа (максимального 7-го рівня за Міжнародною шкалою ядерних подій) на АЕС Фукусіма-1 (Японія). Саме вона змусила терміново переглянути стратегічні плани розвитку ЄС.

Як зазначалося в підрозділі 1.2, у багатьох країнах Євросоюзу частка електроенергії, що вироблялася на атомних електростанціях, становила в середньому від 30 до 40%, в низці країн вона становила більше половини національної електроенергії (Бобылёв, 2016; Одессер, 2016). Шок від японської катастрофи був настільки сильним, що змусив шукати заміну енергетичному атому. Європа не мала достатньо природних паливних енергоресурсів для такої компенсації. Проблема могла бути вирішена лише через інтенсифікацію використання відновлюваних джерел енергії. Це і дало старт системному явищу під назвою «Третя промислова революція».

Іншою відмінною рисою відновлюваних джерел енергії можна вважати їх відносну *економічність*. Вона обумовлена тим, що вартісні показники виробництва альтернативної енергії мають одну чудову особливість. В її собівартості практично відсутні (або наближаються до нуля) *змінні витрати*. Це справедливо щодо більшості видів відновлюваної енергії, за винятком хіба що біогазової.

Економісти знають, що до змінних витрат належать ті види, які реагують на зміни обсягів виробництва продукції. Наприклад, для традиційної енергетики (чи то теплової, чи атомної електростанції) операційні витрати виробництва зростають зі зростанням обсягу виробленої електроенергії. Адаже з кожною виготовленою кВт-годиною електроенергії необхідно більше платити за придбання палива і людську працю, що забезпечує виробничий процес.

Сонячний, вітровий або геотермальний генератори не потребують палива. Джерелами їх роботи безкоштовно служать сили природи. Так само і праця людини при їх роботі ніяк не пов'язана з обсягом виробленої енергії. Вона спрямована передусім на усунення можливих неполадок. За винятком початкових витрат (інвестицій) на установку генератора саме вироблення електричної або теплової енергії обходиться безкоштовно.

Як бачимо, «зелена» енергетика (сонце, вітер, геотермальне тепло, приливна енергія) дозволяє взагалі обходитися без палива і хімічних про-

цесів його спалювання. Це означає, що з виробничих циклів виключаються цілі галузеві ланки, які забезпечують: видобуток викопних ресурсів, рекультивацію порушених ландшафтів, транспортування сировини (вагонами/сухогрузами – у разі вугілля або цистернами/трубопроводами/танкерами – у разі нафти і газу), спалювання палива в електростанціях; виготовлення очисного обладнання і утилізацію відходів, а також процеси створення машинобудівних і будівельних підприємств, де формуються потужності для реалізації всіх згаданих процесів. Хоча, безумовно, не можна забувати, що створення самих установок для генерування відновлюваної енергії теж не може обійтися без значних витрат. Необхідно пам'ятати також про ті витрати, які знадобляться для утилізації генераторів альтернативної енергетики, коли вони будуть вичерпувати терміни своєї роботи. Втім, при значних обсягах відпрацьованих генераторів, ця робота може бути поставлена на потік. Це буде істотно полегшено, якщо процеси розроблення та утилізації генераторів будуть передбачені конструктивно при проектуванні самих генераторів.

Все ж необхідно визнати, що майже всі напрямки відновлюваної енергетики, зокрема сонячна та вітрова, забезпечують виробництво енергії з мінімальними витратами праці на стадії їх експлуатації. Американський економіст Дж. Ріфкін назвав це явище енергією «з нульовими змінними витратами». Крім того, порівняно з вуглецевою і атомною енергетикою при експлуатації відновлюваних джерел енергії практично виключаються витрати, матеріалізовані у видобуток і перероблення вихідних енергоносіїв (Рифкін, 2016).

На рубежі 2015–2016 років середньосвітова вартість виробництва одиниці енергії в альтернативній енергетиці вже зрівнялася з такими самими показниками в традиційній енергетиці.

При цьому необхідно врахувати, що завдяки технічному прогресу питомі витрати на одиницю встановленої потужності в альтернативній енергетиці будуть стрімко знижуватися. Наприклад, очікується, що тільки з 2016-го до 2018 року вартість виробництва одиниці сонячної енергії повинна скоротитися майже на 50%, а вітрової – майже на 35% (New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016). І це відбуватиметься при нескінченних джерелах відновлюваної енергії.

Зовсім інша перспектива спостерігається для традиційної енергетики. Її технічна основа знаходиться вже на межі вдосконалення і поліпшення питомих економічних показників. Це в той час, як природні умови видобутку викопних енергоносіїв постійно погіршуються через виснаження запасів природної сировини. «Сланцева революція» може лише уповільнити процес об'єктивного подорожчання традиційної енергії. Зупинити його неможливо.

Ще однією перевагою відновлюваних джерел енергії є їх розподіленість. На відміну від джерел палива традиційної енергетики, якими володіють одиниці, відновлювані джерела енергії доступні більшості жителів планети. Причому це стосується не тільки повсюдної фізичної наявності самих джерел енергії (сонця, вітру, геотермального тепла), але і економічних можливостей самого генерування енергії. Вже сьогодні багато домовласників можуть собі дозволити мати свою власну електростанцію, що задовольняє їхні потреби в електроенергії. Завтра це буде доступно мільйонам, а післязавтра – мільярдам мешканців Землі.

Один з ідеологів здійснення Т.п.р. революції в Європі Дж. Ріфкін у своїх працях неодноразово підкреслював необхідність системної реалізації усіх п'яти напрямків (принципів), згаданих на початку цього підрозділу. Реалізація будь-якого з них у відриві від інших значно знижує ефективність проведення заходів.

5.2. Витоки розвитку «зеленої» енергетики

«Зелена» енергетика, яку, безсумнівно, цілком заслужено вважають однією з головних інновацій сучасності, належить швидше до того нового, що згідно з відомим висловом є «добре забутим старим». До певної міри «зелена» енергетика знаменує повернення людини до своїх витоків, коли вона використовувала енергетичні сили природи: вітру, води, сонця, біохімічних процесів. Але щоб це повернення відбулося, людству треба було піднятися на новий технічний рівень, удосконалити свої знання, світогляд, виробничі технології, вихідні матеріали, організаційні підвалини. Тому в даному випадку повернення до природних основ необхідно розцінювати не стільки як «назад до природи», скільки як «уперед до природи».

Сторінки історії

Вітроенергетика. Перші відомості про використання вітру для приведення механізмів у дію датуються ще 1750 роками до н. е. (Вавилон). Відомо також, що в XI ст. вітряні млини використовувалися на Близькому Сході (Іран, Ірак, Афганістан), зокрема як силові установки для зрошення земель. Застосовувалися два типи коліс: із вертикальною віссю (навколо якої оберталося кілька лопаток) і горизонтальною віссю (на якій розміщувалися лопаті крана пропелерного типу). Цілком ймовірно, ідею про використання вітрових установок до Європи завезли зі Сходу хрестоносці на початку 1100 років. Французькі хроніки 1180 років та англійські – 1190 уже розповідають про працюючі млини. Звідти вітряки поширилися в Голландію, Фландрію, Німеччину та інші країни. Економічний розквіт Голландії в XVII–XVIII століттях значною мірою був обумовлений розвитком там вітроенергетики. Спочатку вітряки головним чином приводили в рух насоси для осушення земель, а потім уже стали широко використовуватися як приводи

в різних виробництвах. Це забезпечило лідерство тодішньої Голландії в енергооснащеності серед європейських країн і фактично зумовило старт місцевої промислової революції (яку деякі дослідники називають «нульовою» – вона начебто була прологом Першої промислової революції, яка стартувала за кілька десятиліть в Англії). У 1700 роки в Європейських країнах (Англія, Німеччина, Голландія, Іспанія, Франція, Росія, Україна) працювали вже тисячі вітряків. У кінці XIX століття в Голландії їх налічувалося понад 10 тисяч. Лідером побутового використання вітряків була Данія. У ній було близько 30 тисяч побутових вітряків і тільки 3 тисячі – промислових (Мосейчук, 2014).

Україна – країна із багатотисячними традиціями використання енергії вітру, який масово використовувався для розлому зерна і перекачування води. За деякими оцінками, перед 1917 роком сумарна потужність вітряків в Україні доходила до 1400 МВт (що можна порівняти, наприклад, з потужністю Хмельницької АЕС (Мосейчук, 2014)).

Із початком використання парових машин та двигунів внутрішнього згорання кількість вітряків, що використовувалися, стала скорочуватися. Перші промислові вітрогенератори були сконструйовані в Данії в 1890 році. Свої типи вітроустановок в 1920 роки запропонували інженери Франції, США, Нідерландів, Німеччини.

У дореволюційній Росії теорію вітрогенераторів створюють Н. Є. Жуковський та його учні (В. П. Ветчинкін, Г. Х. Сабін, Н. В. Красовський, Г. Ф. Проскура). Зокрема, академіком Г. Ф. Проскурою із Харківського політехнічного інституту зроблені теоретичні розрахунки різних типів вітроколеса. У 1933–1934 рр. у Харкові під керівництвом Ю. В. Кондратюка (А. І. Шаргея), ім'я якого згодом стало відомим після реалізації американської програми польоту на Місяць, був розроблений проект найбільшої на той момент у світі ВЕС на 12 тис. кВт. У 1936 р. в Криму навіть було розпочато її будівництво, яке незабаром було зупинено.

У період із 1940 по 1970 роки вітроенергетика зазнала спаду. З'явилася відносно недорога електроенергія, вироблена на теплових електростанціях, що забезпечували до того ж незалежне від погоди енергопостачання. Новий інтерес до вітроенергетики став виявлятися після нафтової кризи 1973 року. Пізніше чорнобильська, а потім фукусімська катастрофи також стимулювали інтерес до відновлюваних джерел енергії і до вітрової енергії зокрема.

Гідроенергетика. Вода, як і вітер, використовувалася людиною як силовий фактор для полегшення праці людини. Водяні млини працювали нарівні з вітровими, застосовувалися в сільському господарстві, ткацькій справі, металургії.

Прийнято вважати, що вперше для виробництва електрики гідроенергетичний метод у 1878 році використав англієць Уільям Армстронг (William George Armstrong) для живлення електродугової лампи у своїй художній галереї. Він же винайшов і гідроаккумулятор, який накопичував енергію піднятої води. Перша електростанція була запущена в 1882 році на Фоке-Рівер у місті Еплтон, штат Вісконсин, США. Через п'ять років у США та Канаді

було вже 45 гідроелектростанцій, а в 1889 році – 200 (Гидроэнергетика, 2017).

У дореволюційній Росії перші гідроелектростанції були побудовані в Сибіру на березі річки Березовка (притоки р. Бухтарм) у 1892 році і на річці Нігр (притоки р. Вачі) у 1896 році (Гидроэнергетика, 2017). Як відомо, в Україні найбільша на той момент в СРСР гідроелектростанція ДніпроГЕС була запущена в 1936 році.

Сьогодні будівництво великих ГЕС на рівнинних територіях вважається недоцільним. Будівництво ГЕС доцільне лише там, де можна обійтися без затоплення територій (малі річки, гірські річки, рукавні мікроГЕС). І тут лідирують скандинавські країни (передусім Норвегія).

Сонячна енергетика. Головними способами перетворення сонячного випромінювання на електроенергію є фотоелектричний та геліотермічний. Перший базується на фотоефекті, тобто випромінюванні електронів речовиною під дією світла.

Другий – на концентрації сонячних променів за допомогою дзеркал із подальшим підігріванням теплоносія (наприклад, води). Останній, у свою чергу, перетворюється на пару і приводить у дію турбіну.

Як відомо, енергію сонця люди використовували з давніх часів. Зокрема, сонце активно застосовується у виробничих процесах (наприклад, при сушінні). А Архімед згідно з древньогрецькими хроніками у битві під Сиракузами 212 року за допомогою зв'язаних дзеркал запалив весь римський флот. Сучасні дослідження підтвердили теоретичну можливість подібного факту. А палаючим агентом могла виявитися смола на кораблях, яка допомогла зберегти дерев'яні корпуси судів, але легко запалювалася під впливом високої температури (Володин, 2017).

Сучасний етап розвитку сонячної енергетики, вочевидь, слід необхідно датувати з 1839 роком, коли французький фізик Александр Беккерель (Alexandre Edmond Becquerel) відкрив явище фотоефекту. А в 1883 році американець Чарльз Фріттс (Charles Fritts) сконструював із селену перший фотоелемент. Щоправда, його ККД ледь досягав 1%.

Великий внесок у дослідження фотоефекту зробив Альберт Ейнштейн (Albert Einstein), який саме за цю працю (а не за теорію відносності) отримав Нобелівську премію в 1921 році. У СРСР під керівництвом Абрама Іоффе (вихідця з України) у 1930 роки були створені сонячні сірчано-талієві елементи, щоправда, теж із невисоким ККД.

Проривним виявився 1955 рік, коли компанія Bell Telephone представила сонячну батарею на основі кремнію. Її ККД становив уже близько 6% і був у подальшому збільшений до 11%.

Із виходом людини в космос використання фотоелементів було активізоване. Зокрема, в першому супутнику (1958 р.) використовувалися фотоелементи. Черговий поштовх до розвитку сонячної енергетики дала нафтова криза 1973–1974 рр. Почали виготовлятися вироби із сонячними елементами (годинники, калькулятори). Будувалися будівлі, що використовують сонячну енергію.

Перша геліотермальна електростанція (10 МВт) була запущена в США в 1981 році. В 1988 році корпорація Applied Solar Energy Corporation (ASEC),

скориставшись ідеєю групи наукових дослідників під керівництвом Жореса Алферова, розробила на основі галій-арсемічних батарей елемент із ККД 17%. Наразі ККД серійних панелей доведено до 20%. А компанія Boeing випустила сонячні панелі з ККД 39,2% (История развития, 2014).

Біогазова енергетика. Згадки про використання примітивних біогазових технологій трапляються в рукописах Китаю, Індії, Азії, Персії і датуються ще до нашої ери. Однак відносно системні дослідження та використання біогазу почалися лише в XVIII столітті н. е. Вперше дослідив і описав самозаймисті гази в болотах і озерних відкладах Алессандро Вольта (Alessandro Volta) в 1776 р. Він виявив наявність метану в болотному газі і дослідив його властивості.

Після того, як англійський хімік Джон Дальтон (John Dalton) у 1804 році відкрив формулу метану, європейськими вченими були зроблені кроки з практичного застосування біогазу. В 1875 році знаменитий російський фізик і хімік А.С. Попов описав вплив температури на кількість біогазу, що виділяється. А трохи пізніше В. Л. Омелянський дослідив природу анаеробного бродіння і бактерій, що беруть участь у ньому (История развития, 2017).

Із початку 1880 років у Європі почалися дослідження з використання біогазу для обігріву приміщень та освітлення вулиць. Перша задокументована біогазова установка була побудована в Бомбеї, Індія, в 1859 році. З 1895 року біогаз почав застосовуватися у Великобританії для вуличного освітлення (Биогаз, 2017).

Перший великомасштабний завод з виробництва біогазу був побудований у 1911 році в Бірмінгемі, Англія. Значний поштовх до розвитку біогазові технології отримали у країнах, що воювали (Німеччина, Угорщина, Франція), через нестачу палива в період Другої Світової війни. Після війни багато установок були демонтовані на тлі відносно дешевого палива. Новий сплеск уваги до біотехнологій виник лише під час нафтової кризи на початку 1970 років, а потім на початку 2000 років.

Розвиток біогазових технологій відбувався в трьох основних напрямках: обробка стічних вод, обробка органічних відходів (зокрема тих, що містяться у твердих побутових відходах), обробка відходів тваринництва. Перша промислова біогазова установка з перероблення тваринницьких відходів була відкрита в США в 1939 році. У 1954 році теж у США був побудований перший завод із перероблення комунальних відходів з одержанням біогазу. Сьогодні там діють тисячі таких заводів. Своім шляхом, починаючи з 1970 років, йдуть країни Азії, зробивши акцент на створенні невеликих сімейних установок. Сьогодні в Китаї завдяки фінансовій підтримці держави, нараховується понад 10 млн таких установок, в Індії – близько 4 млн. У Фінляндії, Швеції, Австрії частка енергії біомаси досягає 15–20% від усієї енергії, що споживається (История развития, 2017).

За кілька років із кінця 2000 років відновлювана енергетика стрімко пройшла величезний шлях, перетворившись з екзотичного експериментального сектору на повноцінну ланку енергетичної системи, яку вже

можна порівнювати за обсягом виробництва з її лідерами. Більше того, вона стала відкрито витіснити їх із, здавалося б, непорушних позицій, відбираючи їхніх клієнтів та інвестиційні потоки.

5.3. Практичні кроки з розвитку альтернативної енергетики

Розвиток сонячної та вітрової енергетики. Про те, що альтернативна енергетика давно вже перейшла з існуючих на папері планів у реальну дійсність, переконливо свідчать численні цифри і факти. Досить ознайомитися лише з деякими з них, щоб переконатися, що це дійсно так.

У 2015 р. потужності вітрових електростанцій у світі вперше перевищили потужності АЕС (Мощность, 2015). У 2016 р. в США кількість працівників «сонячної» енергетики вперше перевищило за цим показником нафтову промисловість (Турлікьян, 2016 б; Число, 2017; Федосенко, 2016).

2015-й став роком, коли собівартість сонячної і вітрової енергії стала нижчою за собівартість атомної енергії і майже зрівнялася із собівартістю отримання енергії на теплових електростанціях (Randall, 2015; Solar Power, 2016).

У 2015 і 2016 роках кількість сонячних установок у світі збільшувалася більш ніж на третину порівняно з попереднім роком (Solar Power, 2016).

У 2016 році в Європі 86% (21,1 з 24,5 ГВт) нових електростанцій, підключених до національних енергомереж, генерують енергію з відновлюваних джерел (В Европе, 2017; В Украине, 2017 f).

Щогодина в Китаї встановлюються одна вітряна турбіна і сонячна електростанція розмірами як три футбольних поля. Очікується, що вже в 2018 році Китай виконає завдання з розвитку відновлюваної енергетики, заплановане на 2020 рік (Каждый, 2017).

У цілому в 2016 році в світі було запущено 161 ГВт нових «зелених» потужностей енергетики. За даними Міжнародного агентства з поновлюваних джерел енергії (IRENA) на 1 січня 2017 року встановлена потужність «зелених» електростанцій у світі досягла 2006 ГВт. У 2016 р. приріст потужностей за видами енергії становив: сонячна – 71 ГВт, вітрова – 51 ГВт, гідроенергія – 30 ГВт, біоенергія – 9 ГВт, геотермальна енергія – 1 ГВт (Вязов, 2017).

Серед регіонів з найбільшим приростом ВДЕ у 2016 році лідирує Азія – 58%. Серед лідерів за приростом потужностей сонячної енергетики в 2016 році на першому місці Китай – 34 ГВт нових потужностей, потім США – 11 ГВт, Японія – 8 ГВт, Індія – 4 ГВт (Авельсник, 2017 б). Європа збільшила сонячні потужності на 5 ГВт, досягнувши 104 ГВт (лідирують Німеччина і Великобританія) (Вязов, 2017).

За 2017 рік у Китаї збільшилися потужності СЕС на 50 ГВт. Це майже вдвічі перевищує сумарні потужності, введені в дію традиційною енергетикою (1,1 ГВт – АЕС; 6,7 – ГЕС; 18,9 – ТЕС). Ще 7,3 ГВт становить приріст потужностей вітроелектростанцій. Загальна потужність СЕС у країні на кі-

нець 2017 р. наблизилася до 130 ГВт. Завдяки Китаю загальна потужність нових сонячних електростанцій у світі у 2017 році перевищила 100 ГВт – більше, ніж будь-якого іншого виду станцій. За оцінкою Asia Europe Clean Energy Consultants, до 2020 року СЕС Китаю досягнуть потужності 248 ГВт, що вище за всю потужність російської енергетики (Китай, 2017; Михайлова, 2017).

Сьогодні європейські біогазові установки в змозі замінити 15 вугільних електростанцій із середньою потужністю 500 МВт (Бельгія, 2015).

У принциповій життєздатності відновлюваних джерел енергії переконують рекорди, які вони встановлюють.

Зокрема, за даними кількох джерел, в один із сонячних днів (8 травня 2016) в Німеччині частка електроенергії, отриманої лише від сонця і вітру, перевищила 87% від загальної добової потреби в енергії за цей день. Виникла критична ситуація перевиробництва енергії в країні, що змусило енергетичний сектор на кілька годин ввести негативну (від'ємну) ціну для стимулювання інтенсивного споживання енергії. Протягом усього цього періоду за використання енергії платили не споживачі, а споживачам (Bolton, 2016 року; Coren, 2016). Подібні ситуації (виробництво понад 85% за рахунок ВДЕ) стали повторюватися в Німеччині у святкові дні із завидною постійністю (грудень, 2016 року; січень, 2017; травень і грудень, 2017). У березні 2017 року Німеччина вийшла на середньомісячний показник – 41% виробництва енергії з відновлюваних джерел (Федосенко, 2017 б; Reed, 2017).

Ще більше вражає інший рекорд: 9 вересня 2015 року, в день, який видався дуже вітряним, вітроенергетика Данії виробила 144% електроенергії, спожитої за цей день у країні. Це змусило посилити експорт енергетичної продукції. До речі, в Данії надзвичайно високий і середньорічний показник використання вітроенергії. Ще в 2015 році її частка досягла 42%. Причому в 17% балансу часу частка вітроенергетики «зашкалює», доходючи до 100% (1 460 годин із 8 760 можливих) (Denmark, 2015).

Із 7 по 11 травня 2016 р. впродовж 107 годин Португалія споживала енергію винятково з відновлюваних джерел. Це неоднозначне досягнення, адже мова йде не тільки про вихідні дні, коли енергоспоживання знижується, але і про робочі. Близько чверті цієї енергії забезпечується вітроелектростанціями. Цікаво, що лише 15 років тому на частку вітрових електростанцій у цій країні припадав 1% споживаної енергії (Португалія, 2016).

Уже 2017 рік приніс нові рекорди. У Великобританії більшість ліній електропоїздів перейшли на сонячну енергію (Srivani, 2017). А у Нідерландах взагалі всі 100% електропотягів національних залізниць перейшли на використання енергії вітру (Dutch, 2017).

2 жовтня 2017 року вітрові турбіни Шотландії виробили 206% від загальної потреби в електроенергії регіону. За підрахунками фахівців, цього б вистачило більш ніж на 7 млн будинків – у три рази більше, ніж є в Шотландії. На місяць раніше вітрогенератори протягом усього місяця виробили енергії на 63% від загальної потреби регіону (Ветрогенераторы, 2017).

В останню суботу жовтня 2017 вітрові генератори, установлені в 28 країнах ЄС, виробили майже чверть (24,6%) споживаної енергії. Всього в цей день вітрогенератори забезпечили потреби Данії на 109%; Німеччини – на 61%; Португалії – на 44%; Ірландії – на 34%. Із 28 країн 10 отримали не менше 20% необхідної електроенергії від вітрогенераторів (Європа, 2017).

На сьогодні країною, яка повністю зупинила АЕС, стала Італія. В найближчому майбутньому її приклад планують перейняти Бельгія, Іспанія і Швейцарія. В Німеччині останню АЕС планують відключити до 2022 року (Алексеева, 2017).

Однією з вирішальних ділянок боротьби «зеленої» енергетики за своїх споживачів є економічна. Саме ціна за одиницю отриманої енергії найчастіше є визначальним фактором при прийнятті рішень на користь розвитку цього виду енергії.

Справжня боротьба за рекорд у ціні сонячної енергії відбулася в 2016–2017 роках.

- компанія SunEdison на аукціоні в Чилі на початку 2016 року запропонувала фантастично низьку ціну – 2,91 євроцента (¢) за 1 кВт·год електроенергії; це вдвічі нижче від ціни за електроенергію, що отримується на вугільних електростанціях (Нижче, 2016);
- у серпні 2016 року в ОАЕ було встановлено новий рекорд – 2,42 ¢ / кВт·годину (там само);
- у грудні 2016 року датська енергокомпанія Pure & Better Energy в кінці року встановила новий світовий рекорд, продавши 20 МВт·годин сонячної енергії за ціною 1,81 ¢ / кВт·годину (там само);
- у вересні 2017 року в Саудівській Аравії був встановлений новий рекорд – 1,79 ¢ / кВт·годину (Названа, 2017);
- в листопаді 2017 року в Мексиці компанія ENEL Green Power запропонувала новий рекордний тариф – 1,77 ¢ / кВт·год електроенергії від СЕС потужністю 167 МВт (там само).

Згідно зі звітом Світового економічного форуму відновлювана енергія стала дешевшою нафту і газ уже в 30 країнах (зокрема 11 країн – із ЄС), включаючи: Австралію, Бразилію, Німеччину, Данію, Ізраїль, Нову Зеландію, Мексику, Туреччину, Чилі, Швецію, Японію та ін. країни. У найближчі кілька років паритет вартості енергії буде досягнуто вже у 80% усіх країн (Возобновляемая, 2017).

Можна з упевненістю стверджувати, що коли читач буде тримати в руках цю книгу, більшість рекордів, поставлених відновлюваною енергетикою, будуть перебиті її новими досягненнями (Дияшев, 2017). Упевненості в цьому додає динаміка розвитку «зеленого» сектору енергетики. Досить, зокрема, поглянути на дані табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Динаміка обсягів і вартості виробництва відновлюваної енергії (NewEnergy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016)

Показник	Значення
Подвоєння обсягу виробництва альтернативної енергії з 2000 р.: – щодо сонця – щодо вітру	7 разів 4 рази
Прогнозоване збільшення обсягів виробництва енергії з 2016 до 2018 року: – щодо сонця – щодо вітру	2 рази 1,5 раза
Скорочення вартості виробництва енергії при кожному подвоєнні її обсягу: – щодо сонця – щодо вітру	на 24% на 17%

Наведемо ще один факт. На Саміті глав держав з питань клімату (Париж, грудень, 2015) був представлений проект щодо повного переходу на відновлювані джерела енергії (ВДЕ) для 139 країн. У їх числі – Україна (Для 139 країн, 2015).

Окремою сторінкою формування альтернативної енергетики є суперництво двох напрямків її розвитку, що базуються на створенні концентрованих і деконцентрованих (розподілених) електростанцій.

Перше орієнтується на концентрацію виробничих енергетичних одиниць (сонячних панелей або вітрогенераторів) на одній території. При цьому відбувається не лише територіальна, а й суб'єктна концентрація. Іншими словами, виробничі потужності концентруються в руках одного, нехай навіть і колективного власника (юридичної особи). У цьому напрямку рухаються країни, що мають достатню площу вільних територій. Для сонячної енергетики це, як правило, території пустель (Китай, Індія, Австралія, Африканські країни, США), для вітрової – прибережна морська зона (Японія, Великобританія, Нідерланди, Німеччина).

У 2014 р. найбільшою сонячною (фотоелектричною) електростанцією була СЕС у Каліфорнії (США) Toraz (550 МВт). У листопаді того самого року вона поступила першістю сонячній електростанції в Камуті, Індія (648 МВт). З 2016 р. титул найбільшої СЕС у світі належить китайській Dam Solar Park (850 МВт, тобто майже 1 ГВт).

Треба відзначити, що з 2016 року Китай став найбільшим у світі виробником сонячної енергії, обігнавши Німеччину, США та Японію. У 2015 році сумарна потужність встановлених у Китаї сонячних панелей збільшилася з 15 до 43 ГВт, в 2016 р. зросла до 77 ГВт, а в 2017 р. – до 128 ГВт (Шульц, 2017).

В Україні значні перспективи розкриваються у зв'язку з планами розвитку сонячної енергетики в Чорнобильській зоні. Наразі близько 60 ком-

паній (включаючи закордонні) висловили своє бажання інвестувати свій капітал у будівництво там потужностей СЕС. Потенціал цієї території оцінюється в 2 ГВт виробництва електроенергії за рік. І вже розпочато будівництво першої електростанції (Терехова, 2017).

Другий напрямок пов'язаний з деконцентрацією джерел енергії, тобто розосередженням окремих потужностей як по території, так і за формами власності. Наприклад, окремі панелі або вітрогенератори можуть належати різним домовласникам. Концентрація ж виробленої енергії відбувається вже на завершальній стадії завдяки створенню єдиної енергетичної системи (ЕнерНет), яка буде вирішувати всі економічні й технічні проблеми виробництва і споживання енергії. Цим шляхом йдуть більшість європейських країн.

Перехід на відновлювані джерела енергії має надзвичайно велике значення для більшості країн. Це є одним із найважливіших кроків до забезпечення їх енергетичної незалежності і подальшої реструктуризації господарських систем у напрямку формування «зеленої» економіки. Відрадно, що поряд з іншими країнами свої зусилля в цьому робить і Україна.

Розвиток біогазової енергетики. На сьогоднішній день максимальна кількість біогазових установок – близько 15 млн – діє в Китаї. В Індії – близько 10 млн установок. Активно розвивається біогазова галузь в Європі. В європейській практиці 75% біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17% – з органічних відходів приватних домогосподарств і підприємств, ще 8% – на каналізаційних очисних спорудах (Обзор, 2017).

Сьогодні перше місце в Європі за кількістю діючих біогазових установок належить Німеччині – в 2016 р. їх налічувалося близько 10 800. Лише 7% виробленого цими підприємствами біогазу надходить у газопроводи, решта – використовується для потреб виробника. У перспективі 10–20% природного газу, що використовується в країні, може бути замінено на біогаз. З точки зору масштабів застосування біогазу лідирує Данія: цей вид палива забезпечує майже 20% енергоспоживання країни.

За даними Європейської біогазової асоціації, лідерами за кількістю біогазових заводів, крім Німеччини, є: Італія – 1 491, Великобританія – 813, Франція – 736, Швейцарія – 633, Чехія – 554, Австрія – 436 заводів (Как получить, 2017).

Ринок біогазу в США розвивається значно повільніше, ніж у Європі. Наприклад, незважаючи на наявність великої кількості ферм, на території країни діє лише близько 200 біогазових заводів, які працюють на сільськогосподарських відходах (Обзор, 2017).

В Україні, незважаючи на величезний потенціал, біогазові технології не отримали належного розвитку. Перша біогазова установка в Україні

була побудована ще в 1965 р. на базі Бортницької станції аерації. Для виробництва біогазу вона використовувала осад стічних вод. Перша біогазова установка вітчизняного виробництва на відходах тваринництва була впроваджена в м. Сумах в середині 1970 років на підсобному тваринницькому комплексі НВО «Завод ім. М. В. Фрунзе». Інженери цього науково-виробничого об'єднання самі ж і розробили конструкцію установки. Отриманого газу повністю вистачало на опалення комплексу і на заправку всіх автомобілів, які обслуговували господарство. На виході установки лише через кілька днів після входу на неї отримували також сухе (обезводнене), знезаражене і вільне від живого насіння бур'янів органічне добриво. Установка прослужила аж до розпаду Радянського Союзу.

У 1993 р. металургійний комбінат «Запоріжсталь» установив біогазову установку датської компанії Bigadan Ltd потужністю 50 кВт на своїй свинофермі. За добу установка могла переробляти 20–22 т свинячого гною.

У 2003 році «Українська молочна компанія» (УМК) запустила на своїй фермі біогазову установку з перероблення гною великої рогатої худоби та силосу кукурудзи. Потужність цієї установки стала рекордною за всю історію біогазової галузі в Україні – 1 МВт.

Трохи пізніше біогазова установка для перероблення силосу кукурудзи була впроваджена на Вознесенському кон'ячному заводі, а установки на стічних водах – на Рубіжанському картонно-тарному заводі і Луганському спиртзаводі. З'явилися і установки зі збору так званого звалищного біогазу (landfill gas) – на Львівському, Маріупольському, Запорізькому, Луганському, Київському та ін. полігонах ТПВ (Первые, 2013).

Аналіз статистичних даних для тваринницьких і птахівничих підприємств України свідчить, що на свинофермах у діапазоні потужності 30–190 кВт можна побудувати не менше 370 біогазових установок (сумарною потужністю 27 МВт), на фермах ВРХ у діапазоні потужності до 300 кВт – 965 таких установок (загалом на 75 МВт) і ще 90 (сумарною потужністю 5 МВт) у птахівничих господарствах – у діапазоні потужності 15–110 кВт (Украинские фермы, 2017).

За три останні роки в Україні було впроваджено кілька великих біогазових станцій потужністю від 2 до 5 МВт на відходах агровиробництва в Київській, Тернопільській та Хмельницькій областях. На сьогодні в Україні функціонує понад 30 заводів біогазової енергетики. Проектується і будується в різних областях України ще більше десяти об'єктів біогазової енергетики (Михайлюта, 2017; В Днепре, 2017; В Украине построят, 2017 а).

Геотермальна енергетика (ГЕ). Основним джерелом енергії в ГЕ є тепло, що міститься в надрах Землі. Розвиваються два основні напрямки: перший – пов'язаний із використанням гарячих підземних вод (зокрема, в

місцях дії гейзерів або вулканічної активності); другий – із використанням сухого підземного тепла. У другому випадку енергія вилучається за допомогою буріння глибоких свердловин, куди закачується вода для її нагрівання. На виході виходять окріп і пара, які можуть використовуватися для опалення приміщень та виробництва енергії.

Геотермальна енергетика має більш ніж столітню історію. У липні 1904 року в італійському містечку Лардерелло був проведений перший експеримент, що дозволив отримати електроенергію з геотермальної пари. А за кілька років тут же була запущена перша геотермальна електростанція, що працює до цього часу (Геотермальные, 2016).

Господарське застосування геотермальних джерел поширене більш ніж у 30 країнах, зокрема: в Ісландії, Новій Зеландії, Італії, Франції, Литві, Мексиці, Нікарагуа, Коста-Риці, Філіппінах, Індонезії, Китаї, Японії, Кенії (Геотермальная, 2017).

Встановлена потужність геотермальних електростанцій у світі на початок 1990 років становила близько 5 ГВт, на початок 2000 років – близько 6 ГВт. У середині 2010 сумарна потужність геотермальних електростанцій планети перевищила 12 ГВт (там само).

Головна з проблем, що виникають при використанні підземних термальних вод, полягає в необхідності відтворення циклу надходження (закачування) води (зазвичай відпрацьованої) в підземний водоносний горизонт. У термальних водах міститься велика кількість солей різних токсичних металів (наприклад, свинцю, цинку, кадмію), неметалів (наприклад, бору, миш'яку) і хімічних сполук (аміаку, фенолів), що виключає можливість скидання цих вод у природні водні системи, розташовані на поверхні (там же).

У ряді країн частка геотермальних електростанцій у загальному балансі енергоспоживання країн перевищує 10%, а на Філіппінах і в Ісландії наближається до 30% (табл. 5.2)

Таблиця 5.2 – Виробництво енергії геотермальними електростанціями по країнах на початок 2010 років (Геотермальна, 2017)

Країна	Потужність, МВт	Частка в енергобалансі, %
США	4 400	0,3
Філіппіни	1 904	27
Індонезія	1 200	4
Мексика	1 000	3
Італія	843	0,5
Нова Зеландія	628	10
Ісландія	580	30
Японія	536	0,1
Сальвадор	204	14
Кенія	170	12
Коста-Ріка	166	14
Нікарагуа	88	10

Значний потенціал розвитку геотермальної енергетики має Україна. За різними оцінками, ресурси геотермальної теплоти з урахуванням розвіданих запасів і ККД перетворення геотермальної енергії зможуть забезпечити роботу ГеоТЕС загальною потужністю до 200–250 МВт (при глибинах буріння свердловин до 7 км і періодах роботи станцій до 50 років) і систем геотермального теплопостачання загальною потужністю до 1 200–1 500 МВт (при глибинах буріння свердловин до 4 км і періодах роботи до 50 років (Геотермальная, 2005).

Найбільш перспективним регіоном для розвитку геотермальної енергетики є Закарпаття. Дослідницька підземна циркуляційна система вже працює біля м. Ужгорода. Вона забезпечує теплопостачанням теплично-парниковий комбінат і тваринницьку ферму. Глибина системи 2,3 км, температура води 124 °С (там само).

Може розвиватися геотермальна енергетика і в інших регіонах країни (Прикарпаття, Донбас, Запорізька, Полтавська, Харківська, Херсонська області, Крим) (там само). І все ж геотермальна енергетика в Україні, мабуть, не має значних перспектив через необхідність великих капітальних вкладень порівняно з іншими видами альтернативної енергетики і меншу ефективність.

Припливні електростанції (ПЕС). Цей вид електростанцій використовує енергію припливів і є однією з форм гідроенергетики. Припливи більш передбачувані, ніж джерела вітрової та сонячної енергетики, а вироблена енергія має низьку собівартість. Проте ПЕС широко не використовуються через надто високі капітальні вкладення і обмежену доступність місць з досить високими припливними діапазонами (у деяких місцях перепад висот може досягати 18 м).

Перші припливні енергоустановки (млини) використовувалися на Атлантичному узбережжі Європи і Північної Америки, зокрема для подрібнення зерна.

Перша в світі великомасштабна ПЕС почала функціонувати у Франції (Ла Ранс) у 1966 р. Її будівництво велось шість років, а потужність склала 240 МВт (успішно працює і сьогодні). У 2011 році в Кореї на озері Шива була запущена ПЕС потужністю 254 МВт. Проекти великих ПЕС почали реалізовуватися в Уельсі, Великобританія (м. Суонсі – до 400 МВт) і в Індії (затока Кач – до 50 МВт).

Невеликі ПЕС (від 0,5 до 10 МВт) вже працюють або будуються також в інших країнах: Канаді, Китаї, Кореї, Росії, США, Шотландії (Приливные, 2015).

Сучасні технології дозволяють значно підвищити ефективність роботи ПЕС. Зокрема, в так званих динамічних припливних електростанціях для цього використовується взаємодія кінетичної і потенціальної енергії потоку. Через циклічність роботи ПЕС, максимальну віддачу вони можуть забезпечити в поєднанні з іншими видами електростанцій (Приливные, 2017).

Хвильові електростанції. Як випливає з назви, цей вид електростанцій використовує енергію морських хвиль, перетворюючи її на електричну. Потужність таких електростанцій значно нижча за потужність ПЕС, досягаючи в окремих випадках 10 МВт, проте і їх кількість значно більша. Вони забезпечують електроенергією невеликі об'єкти: берегові споруди, невеликі поселення, маяки, науково-дослідницькі прилади, бурові платформи.

Сьогодні хвильові електростанції діють у багатьох країнах (Австралія, Великобританія, Іспанія, Норвегія, Португалія, Росія та інші країни). Перша дослідна хвильова електростанція (0,5 МВт) була введена в дію в Норвегії в 1985 р. Перша в світі велика хвильова електростанція з потужністю 2,25 МВт почала експлуатуватися в Португалії в 2008 році (район містечка Агу-садор).

Хвильові електростанції мають як переваги (наприклад, захист берега від хвиль), так і низку недоліків (перешкода рибним промислам і судноплавству) (Есть ли, 2015).

Використання приповерхневого тепла Землі. Приповерхневі шари Землі є природним тепловим акумулятором. Вони накопичують енергію, що надходить від Сонця.

На глибині близько 3 м і більше (нижче від рівня промерзання) температура ґрунту протягом року практично не змінюється і приблизно дорівнює середньорічній температурі зовнішнього повітря. На глибині 1,5–3,2 м взимку температура становить від +5 до +7 °С, а влітку – від +10 до +12 °С. Цим теплом можна взимку не допустити замерзання будинку, а влітку не дати йому перегрітися вище 18–20 °С (Закопана, 2015).



Рисунок 5.1 – Труби для збирання підземного тепла/прохолоди (Закопана, 2015)

Грунтовий теплообмінник (ГТО). Є найпростішим інструментом використання тепла землі. Він являє собою систему повітропроводів, які прокладаються під землею. Взимку входить холодне повітря, яке надходить до будинку і, проходячи по ГТО, нагрівається, а влітку – охолоджується. При раціональному розміщенні повітропроводів можна відбирати з ґрунту значну кількість теплової енергії з невеликими витратами електроенергії (там само).

Теплові насоси – ще один напрямок використання тепла Землі. Принцип їх дії – зворотний роботі холодильника. Джерелом енергії є будь-який перепад температур, що виникає у середовищі. У холодильнику реагент переносить холод, а при застосуванні теплового насоса – тепло. Температура носія, яку він генерує, 35–40 °С. Теплові насоси можуть відбирати тепло із землі, ґрунтових вод або повітря (Гандзій, 2013).

5.4. Розвиток альтернативної енергетики в Україні

Наразі розвиток відповідної енергетики в Україні зазнає значного підйому. І хоча на середину 2017 року частка «зеленої» енергетики в загальному балансі була не дуже вагомою (близько 2%), слід врахувати, що ще п'ять років тому досягнення подібного результату планувалося лише на 2025 рік (Орел, 2017).

За перше півріччя 2017 року в Україні було побудовано 79 нових об'єктів «зеленої» енергетики (із них 67 – СЕС) загальною потужністю майже 183 МВт. При цьому потужності СЕС зросли на 23%, вітрових електростанцій – на 5%, малих ГЕС – на 1,5% і об'єктів на біомасі – на 6%.

Усього на перше півріччя 2017 року потужності електростанцій на ВДЕ забезпечували майже 1 462 МВт енергії, із них 705 МВт становила потужність СЕС, 459 МВт – вітрових електростанцій, близько 120 МВт – малих ГЕС і 33 МВт – електростанцій на біомасі.

За даними Центру інноваційного бізнесу (Innovative Business Centre), який в Україні надає послуги в галузі альтернативної енергетики та енергозбереження, до кінця 2017 року в країні планується ввести ще 70 нових об'єктів «зеленої» енергетики загальною встановленою потужністю понад 430 МВт. Таким чином, потужності об'єктів відновлюваної енергетики в Україні повинні досягти 1,9 ГВт і наблизитися до 3% у загальному енергобалансі (Скрипін, 2017 а).

Стратегічною метою є довести до 2020 року потужності альтернативної енергетики в країні до 7–8% загального енергобалансу. До 2030 року планується довести обсяг встановлених потужностей «зеленої» енергетики до 8 ГВт. Половина зазначених потужностей повинна бути забезпечена за рахунок сонячної генерації (Планы, 2014; Енергетика, 2017).

Сьогодні потужності альтернативної енергетики створюються практично в усіх областях України. Найбільше працюючих СЕС функціонують в Одеській, Миколаївській, Херсонській, Вінницькій, Львівській, Кіровоградській, Харківській областях. Вітрові електростанції вже працюють в Запорізькій, Львівській, Миколаївській, Херсонській, Харківській областях.

До речі, одна з СЕС («Солар парк Підгородне»), яка запрацювала на повну потужність під містом Дніпро, є досить унікальною і не має аналогів у Східній Європі. Справа у тому, що її сонячні модулі є рухомими і стежать за пересуванням сонця протягом дня. Це дозволяє на 50% підвищити ефективність роботи електростанції.

Усього на ринку ВДЕ України працюють близько 230 компаній. Значна їх частина представлена зарубіжними інвесторами. Велику активність проявляють підприємства Німеччини, Китаю, Кореї, Індії, Нідерландів, Данії, Швеції та інших країн. Сегмент вітроенергетики представлений всього 13 компаніями (15 діючих ВЕС). Більшу частину (більше 90%) «зеленої» енергії виробляють підприємства сонячної і вітрової енергетики, поділяючи виробництво енергії приблизно порівну (Енергетика, 2017).

Значний потенціал розвитку сонячної енергетики має зона відчуження Чорнобильської АЕС. За словами Прем'єр-міністра України В. Гройсмана, вже подано 60 заявок від різних організацій, що претендують на будівництво СЕС у цій зоні. Багато з них представляють зарубіжних інвесторів. Фахівці відібрали масив розміром 1100 га землі для цих цілей (В Чернобыльской, 2017).

Залученню зарубіжних інвесторів і розробників покликана сприяти інтерактивна карта розвитку проектів відновлюваної енергетики. Розробленням карти, за визнанням глави Держенергоефективності С. Савчука, займається його відомство. Карта повинна демонструвати відповідні земельні ділянки під розміщення об'єктів відновлюваної енергетики (для електростанцій потужністю від 27,5 до 150 кВт), а також можливі точки підключення «зелених» об'єктів в енергосистему України. За допомогою карти інвестори ще на початку роботи зможуть знайти точку входу для реалізації проекту та розрахувати його рентабельність. Планується також розробити і запропонувати типові фінансові моделі для різних проектів, що посилить інформаційну цінність карти (Савчук, 2017).

У середньому на 1 МВт встановленої потужності «зеленої» енергетики в Україні необхідно близько 1 млн євро інвестицій. Це означає, що будівництво потужностей 1 ГВт обходиться в 1 млрд євро. Втім, на це можна поглянути і з іншого боку. Створення потужностей в 100 МВт дає можливість залучити в країну зарубіжні інвестиції на 100 млн євро. Соняч-

ної активності в Україні достатньо, щоб забезпечити окупність інвестицій за 6–7 років із використанням «зеленого» тарифу і 13–15 років без нього. Цей термін можна порівняти з окупністю класичної ТЕС (Когда Украина, 2017).

Фахівці відзначають істотну різницю в ринкових умовах створення потужностей сонячної і вітрової енергетики. Різниця обумовлена тим, що «поріг входу» (вартість проекту) в сегменті сонячної енергетики нижчий, ніж у вітроенергетиці. Це обумовлено тим, що процес будівництва СЕС простіший, а вимоги до досвіду та експертизи слабші. Через це на сонячний ринок потрапити набагато простіше. Процес створення вітрової електростанції набагато більш трудомісткий. Глава української асоціації відновлюваної енергетики О. Оржель згадує, що якимось після доставки в український порт лопатей для вітряків, щоб вивезти їх за межі міста, довелося розбирати частину будинків. Складною також є експертиза місця будівництва ВЕС. Необхідно провести попередній вітромоніторинг, що може зайняти від двох до трьох років (Когда Украина, 2017).

Відомим фактом є те, що для ефективного функціонування об'єктів відновлюваної енергетики необхідна наявність потужної системи зберігання (акумуляування) енергії. Така система дозволяє домогтися значних результатів з підвищення ефективності та забезпечення безпеки енергетичних систем. По-перше, з'являється інструмент для балансування системи в умовах перепаду споживання енергії; по-друге, усувається необхідність утримувати надлишкові енергопотужності для покриття пікових навантажень; по-третє, підвищується енергобезпека і знижуються ризики аварійних відключень енергії. Обнадіює те, що керівництво країни, як мінімум, розуміє існуючу проблему. Зокрема, Прем'єр-міністр В. Гройсман офіційно звернувся до відомого підприємця і засновника Tesla Ілона Маска з пропозицією побудувати в Україні сховище відновлюваної енергії, схоже на те, яке він уже будує в Австралії. У пресі з'явилося повідомлення, що підприємець готовий обговорити цю пропозицію (Гройсман, 2017).

Ще більше вражає розвиток альтернативної енергетики в приватних домогосподарствах. Лише за три квартали 2017 року понад 1 200 українських домогосподарств перейшли на сонячну енергію, довівши кількість приватних міні-СЕС до 2 323, а показник загальної встановленої потужності – до 37 МВт. До кінця року ці показники можуть перевищити позначки відповідно в 3 000 одиниць і 50 МВт (Скрипін, 2017 а)

Переконує динаміка зростання потужностей «зеленої» енергетики в приватних господарствах країни (рис. 5.2. і 5.3.), якщо врахувати, що лише три роки тому вони практично були близькими до «нуля».

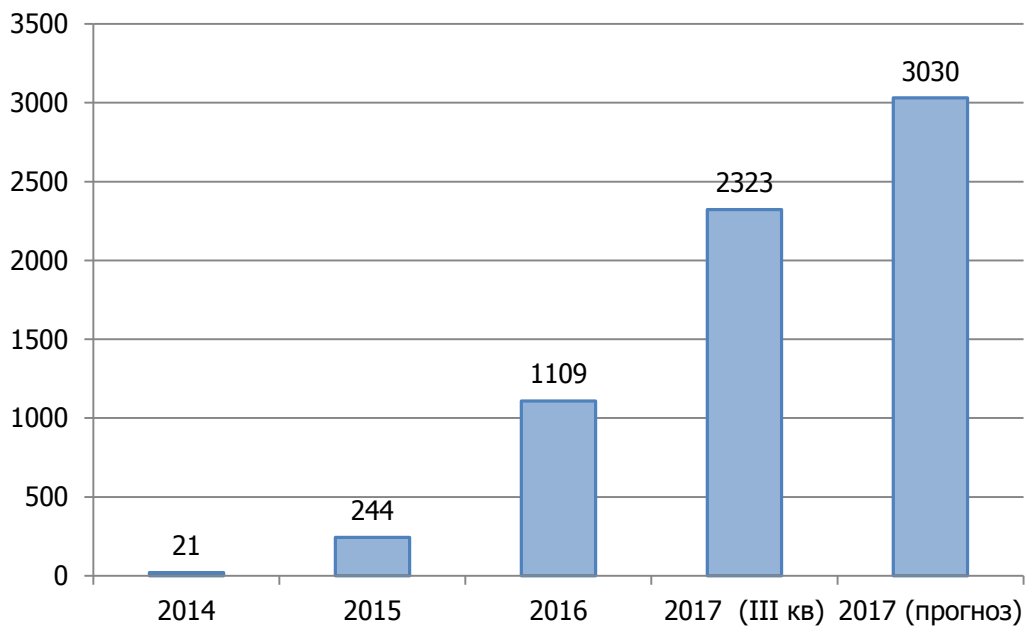


Рисунок 5.2 – Динаміка кількості сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах (Скрипін, 2017 д)

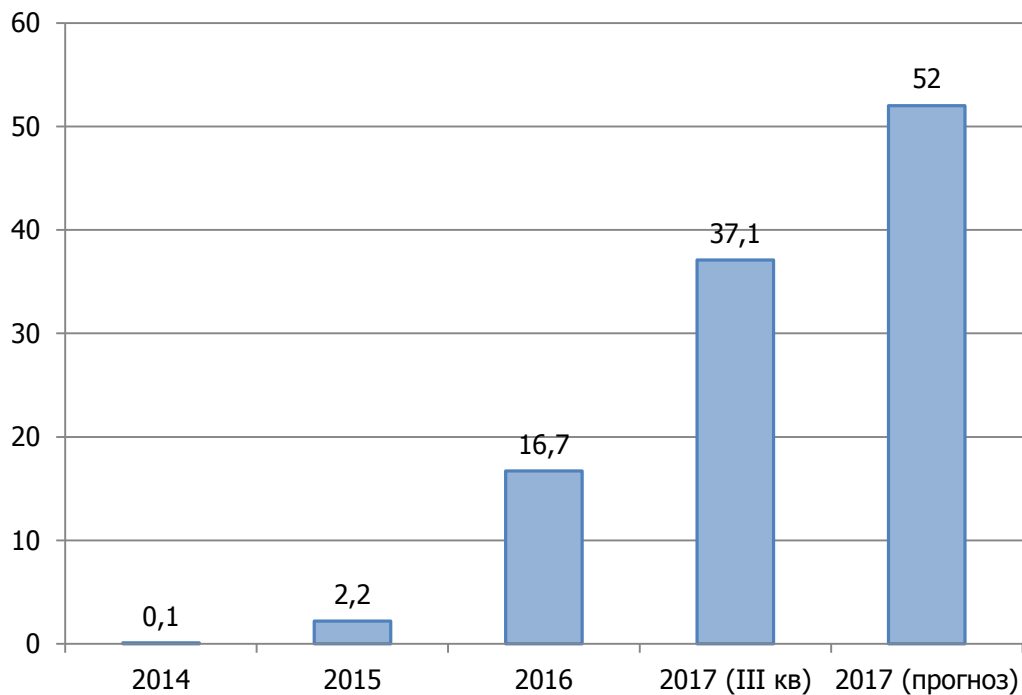


Рисунок 5.3 – Динаміка встановлених потужностей (МВт) сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах (Скрипін, 2017 д)

Кількість сонячних установок у приватних домогосподарствах за областями України показано на рис. 5.4.

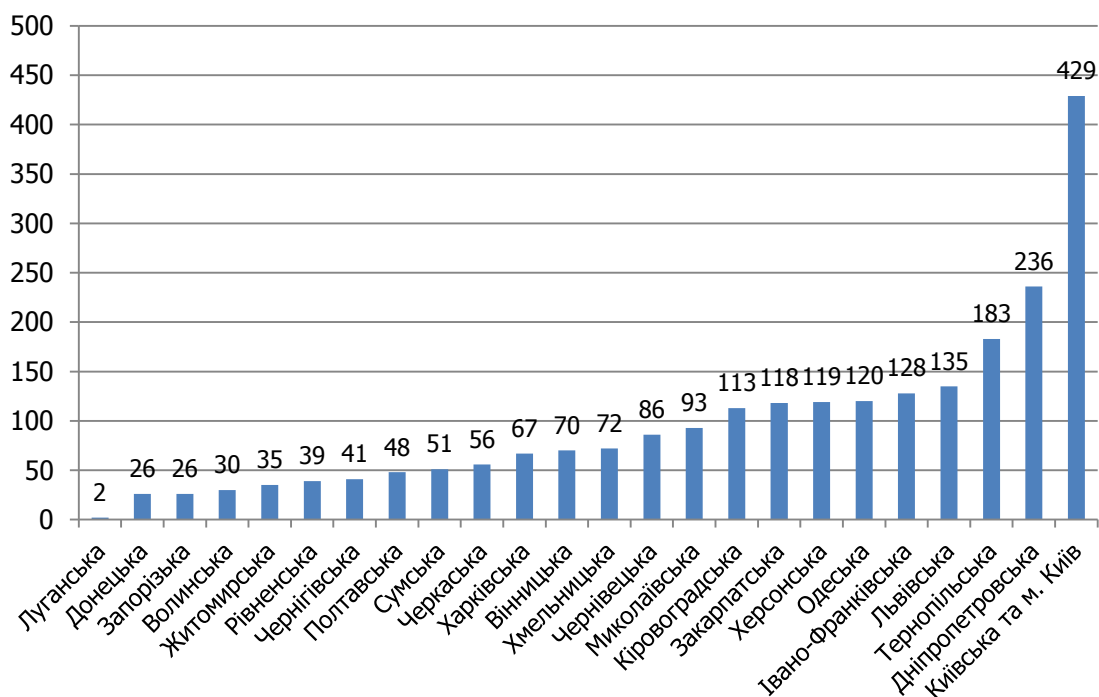


Рисунок 5.4 – Кількість сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах по областях України (Скрипін, 2017 д)

Безумовно, така динаміка розвитку приватної «зеленої» енергетики в Україні має позитивні тенденції. Однак все пізнається у порівнянні. Наведемо лише одну цифру. В Італії близько 500 тисяч домогосподарств встановили сонячні станції, що більше ніж у 330 разів перевищує показники України (Яковлева, 2017 г). Це одночасно може свідчити і про горизонти «зеленої» енергетики для України.

Необхідно зазначити, що для установки зазначених приватних міні-СЕС тільки за дев'ять місяців 2017 вдалося мобілізувати інвестицій на суму в 35 млн євро.

На тлі нестабільності банківської системи сонячні станції виявилися вигідними інвестиціями. Вкладати гроші в середню за розміром сонячну станцію стало вигідніше, ніж у середній за розміром депозит. Цьому сприяє і те, що за останні кілька років дуже знизилася вартість сонячних батарей і зростає їх доступність. А це, у свою чергу, призвело до зниження терміну окупності подібних проектів. Якщо два роки тому побутова сонячна станція обходилася в 10 тис. доларів і окупалася в середньому за 10 років, то зараз вона коштує 6–8 тис. доларів і може окупитися за 5–7 років (В Україні, 2017 а).

Значну роль в активізації розвитку «зеленої» енергетики в країні відіграють економічні інструменти.

По-перше, в Україні діє один із найвищих «зелених» тарифів в Європі, який також значно вищий, ніж для інших видів вітчизняної генерації: до 18 євроцентів за 1 кВт·год, що в перекладі – близько 5,5 грн за 1 кВт·год. Крім того, Україна гарантує купівлю електроенергії за таким спецтарифом до 2030 року. По-друге, після Революції гідності була ліквідована норма про місцеву складову – для отримання «зеленого» тарифу. Раніше діяла норма для об'єктів «зеленої» енергетики: від 30 до 50% (в різні роки) обладнання повинно бути вітчизняного походження. Реально це відкривало шлях провідним фірмам і закривало іноземним інвесторам. Тепер же норма про обов'язковість вітчизняного обладнання замінена на механізм заохочувальних надбавок (до + 10% до зеленого тарифу), що враховує інтереси вітчизняних виробників і забезпечує вільний доступ нових гравців на ринок (Орел, 2017).

Підвищений попит населення на сонячні панелі передусім пояснюється прийнятим у 2015 році законом, яким встановлено «зелений» тариф на рівні 18,09 євроцента (близько 5,5 грн) за 1 кВт·год на електроенергію, вироблену сонячними установками потужністю до 30 кВт. Простіше кажучи, в денний час доби, коли ви практично не споживаєте електроенергію, ваша сонячна панель працює на максимумі і продає в мережу електрику по 18,09 євроцентів за 1 кВт·год. При цьому ввечері, коли ваша станція не працює, ви купуєте електрику з мережі за звичайним тарифом: 1,68 грн за 1 кВт·год при споживанні понад 100 кВт·год або 0,9 грн за 1 кВт·год при меншому споживанні (там само).

Істотну допомогу в розвитку альтернативної енергетики надають також місцеві адміністрації. Так, наприклад, у Львівській області з обласного бюджету домогосподарству повертають 22% річних за кредитом на сонячні панелі, а в Житомирській області – 20% від суми кредиту (Скрипін, 2017 а).

Слід зазначити, що сонячні панелі встановлюються не лише в приватних будинках, але і в багатоповерхівках. Приклади подібних ініціатив уже демонструють об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) у Києві, Дніпрі, Рівному, Сумах. Як правило, фінансову підтримку (до 70%) надає місцевий бюджет.

З 2017 року істотну підтримку розвитку малої «зеленої» економіки став надавати державний Укргазбанк. Він почав видавати фізичним особам кредити на купівлю й установку «домашніх» сонячних електростанцій, сонячних колекторів та теплових насосів під 0,01% річних. Максимальна сума кредитування 1 млн гривень на термін до 5 років (В Україні, 2017 а).

Додатковий оптимізм надає інноваційний вектор розвитку «зеленої» енергетики в Україні. Тут виникають оригінальні рішення зі створення нових вітрових генераторів, сонячних концентраторів і панелей, засобів малої гідроенергетики (Янович, 2011; Украинский стартап, 2015; Остапович, 2016; Стартапы, 2017). Значна частина цих рішень знаходить втілення в реальних виробках.

5.5. Інноваційний вектор розвитку «зеленої» енергетики

Згадані перетворення енергетичних систем на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) можуть бути реалізовані лише завдяки новим науковим ідеям. Унаслідок інтенсифікації інноваційної діяльності з початком Т.п.р. різко збільшилася різноманітність технологічних принципів реалізації енергетики, що працює на відновлюваних джерелах. У кожній її складовій (сонячній, вітровій, біогазовій, геотермальній та ін.) сьогодні успішно розвиваються цілі кластери напрямків.

До основних напрямів розвитку енергетичних систем належать:

- розроблення нових принципів реалізації ВДЕ ;
- удосконалення технологічних рішень (підвищення ефективності) в межах освоєваних напрямків;
- підвищення ефективності процесів акумулювання енергії;
- оптимізація просторових рішень розміщення ВДЕ;
- формування інформаційних систем, що оптимізують роботу ВДЕ і відповідної інфраструктури;
- формування комунікаційних систем, що інтегрують роботу окремих ВДЕ в цілісні енергетичні системи.

Завдяки науковим проривам і технологічному прогресу вдається значно збільшити кількість ефективних напрямків у сонячній енергетиці. У сонячні панелі перетворюються не лише дахи будинків, а й вікна приміщень, крім того, волосся людини, рослини, транспортні магістралі і багато іншого. Технічно реалізована ідея «сонячного дерева», кожен листочок якого («надрукований», до речі, за допомогою 3D-принтера) являє собою мініатюрну сонячну електростанцію (Искусственные, 2015).

З'явилися конструкції вітряних генераторів, здатних вловлювати буквально легкий вітерець. Вони зовсім не схожі на звичні величезні лопаті вітряних млинів і швидше нагадують дитячі вертушки, але зібрані у великій кількості, стають відчутним джерелом енергії. З'явилися вітрові електростанції, здатні працювати взагалі при повному штилі. Вони використовують перепад тисків на різних висотах (до 700 м) (Ромова, 2013). У Швеції в електростанцію перетворилася телевежа. Для цього вона була обвішана тисячами електростатичних соломинок, що виробляють електроенергію від тертя між собою. Такі електрогірлянди до того ж повністю змінили вигляд банальної інженерної споруди, яка набула ознак цілком привабливого архітектурного об'єкта (Мохнатый, 2013). В Америці електростанцією стала автомагістраль, де енергію виробляють автомобілі, що проїжджають по ній (Карпусь, 2016). Подібну дорогу-електростанцію збираються побудувати в США (Скрипин, 2016 б). А в Європі в сонячну панель перетворилася велодоріжка (Лищук, 2014).

У розвинених країнах звичним явищем стає використання перепаду температур під землею і на її поверхні. Мова йде про використання так званих *теплових насосів*. Взимку вони можуть служити для обігріву приміщень, а влітку – для їх охолодження. Причому і перше, і друге забезпечується з мінімумом витрат енергії.

Розширюється спектр технологічних процесів, що утилізують хімічну енергію трансформації відходів біомаси (виробництво біогазу, біоетанолу, біодизелю, ін.).

Наукові успіхи дозволяють утилізувати різні види відновлюваної енергії, розлитої по планеті. Стає реальним використання не лише енергії сонця. Джерелом енергії може стати будь-яка різниця потенціалів; інакше кажучи, перепад температур, тиску, висот, хімічних характеристик. Набуває ознак цілком реальних технічних проектів те, що ще недавно здавалося лише вигадкою письменників-фантастів або жартами гумористів. У джерела енергії починає перетворюватися буквально все, що рухається, включаючи наше взуття (Обувь, 2016).

Зазначене можна проілюструвати на конкретних прикладах.

Сучасна сонячна установка. У м. Сумах (вул. Новомістенська) вже майже два роки працює сонячна установка (рис. 5.5). Фотоелектричні панелі, встановлені на трекерах, стежать за рухом сонця. Електроенергія забезпечує багатоквартирний будинок. Залишок продається в мережу за зеленим тарифом, який у 6 разів вищий від тарифу облenergo (5,5 грн за 1 кВт·год порівняно з 0,9). Різниця дозволяє окупати витрати на установку. До сказаного необхідно додати, що в будинку також встановлено тепловий насос, що дозволяє використовувати підземне тепло для часткового опалення будинку (Яковлева, 2016 а).



Рисунок 5.5 – Сонячна установка в Сумах (Україна) (Яковлева, 2016 а)

Енергетичне дерево. Розробка фінських вчених дозволяє збирати і акумулювати сонячну енергію, достатню для підзарядження гаджетів. Про-

дукт виготовлений із застосуванням технології 3D-друку. «Листя» дерева – це сонячні панелі на основі органічних матеріалів (рис. 5.6). Вироблену електрику спрямовують по провідниках у ствольову частину. 200 листків генерують струм 3,2 А / 10,4 Вт у гарний сонячний день, займаючи при цьому лише 1 кв.м території (Искусственное, 2015).



Рисунок 5.6 – «Листя» для енергетичного дерева (Карасёв, 2015)

Сонячний концентратор. Завдяки українському стартапу EnergyTorrent (рис. 5.7) відновлювана енергія стала ще доступнішою. Це стосується не лише ціни, основна справа – в самій суті технології перетворення сонячної енергії. У цьому випадку мова йде про сонячні концентратори – пристрої, що дозволяють отримати високотемпературне тепло і з трохи складнішими доробками – електрику. Тепер будь-хто зможе зробити такий концентратор просто в своїй домашній майстерні – вся необхідна документація, креслення і покрокова інструкція знаходяться у відкритому джерелі EnergyTorrentWiki (Украинский, 2015).



Рисунок 5.7 – Сонячний концентратор EnergyTorrent (Украинский, 2015)

Сонячні панелі з волосся людини. Перші в світі панелі з волосся людини створені молодим винахідником з Непалу (рис. 5.8). Панель вдвічі дешевша за звичайні кремнієві (Солнечные, 2014; Созданы, 2015).

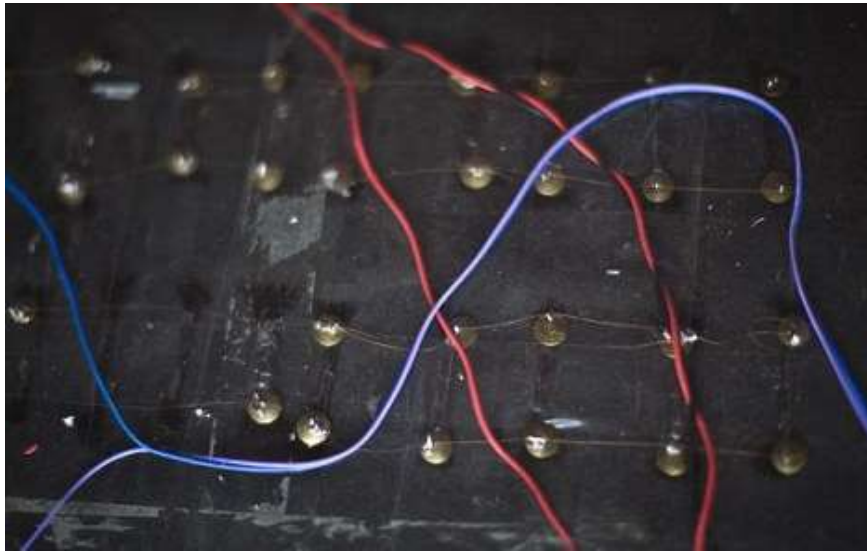


Рисунок 5.8 – Сонячні панелі з волосся (Созданы, 2015)

Термосонячна станція. Фізик-ентузіаст з Миргорода (Полтавська область) розробив і сконструював надзвичайно просту і дешеву сонячну станцію для підігрівання води (рис. 5.9). Інноваційна сонячна станція працює за принципом збільшувального скла. Вже розроблений проект забезпечення центральної частини Миргорода гарячою водою з використанням сонячної енергії. Проект вартістю 533 000 євро допоможе забезпечити гарячим водопостачанням 7% жителів міста. Планується, що сонячна станція окупиться вже через 2–3 роки, а щорічна економія становитиме 825 000 кубометрів газу (Солнечная, 2015).



Рисунок 5.9 – Термосонячна станція в м. Миргороді (Солнечная, 2015)

Централізована СЕС. У Китаї розпочато будівництво величезної сонячної теплової електростанції площею 6 300 акрів (В Китае, 2015).



Рисунок 5.10 – Централізована СЕС у Китаї (В Китае, 2015)

Гнучкі сонячні панелі. Американські вчені створили легку і гнучку сонячну панель, яку вони назвали Dragon SCALE («Луска дракона»). Її можна буде нанести на будь-яку поверхню. Схожі на зміїну шкіру сонячні панелі можуть наноситися на поверхню дронів, супутників, смартфонів. Сонячна луска згинається як папір. Ці мініатюрні панелі коштують набагато дешевше за традиційні і у виготовленні, і при використанні. При цьому технологія більш надійна та ефективна, ніж у випадку поширених сьогодні кремнієвих фотоелектричних елементів. Втім, останнім вона іще істотно поступається за ККД. Має дуже високий рівень міцності.

У галузі сонячних панелей існують й інші проривні технології. Стартап Sunflare з Лос-Анджелеса розробив гнучкі сонячні батареї товщиною лише в декілька мікрометрів, які можна розмістити на будь-якій поверхні – даху автомобіля, стіні будівлі тощо. До поверхні вони кріпляться за допомогою спеціальної двосторонньої клейкої стрічки (рис. 5.11 і 5.12) (Учёные, 2017; New Solar, 2017).

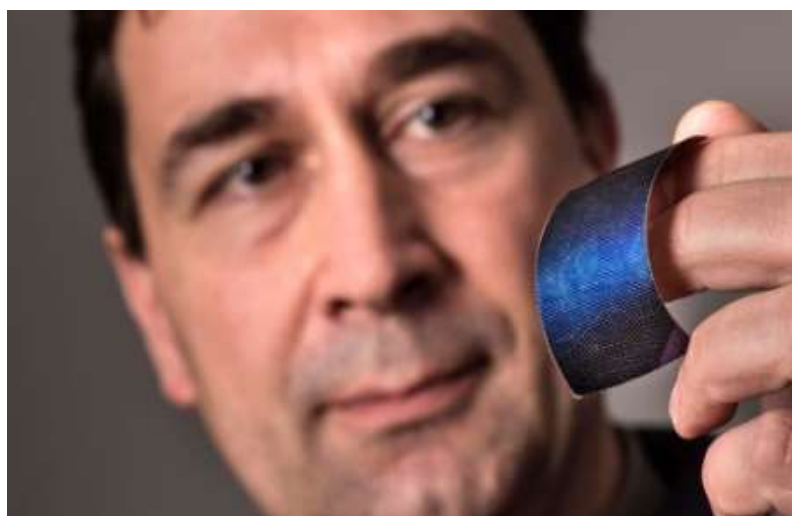


Рисунок 5.11 – Гнучкі сонячні панелі (New Solar, 2017)

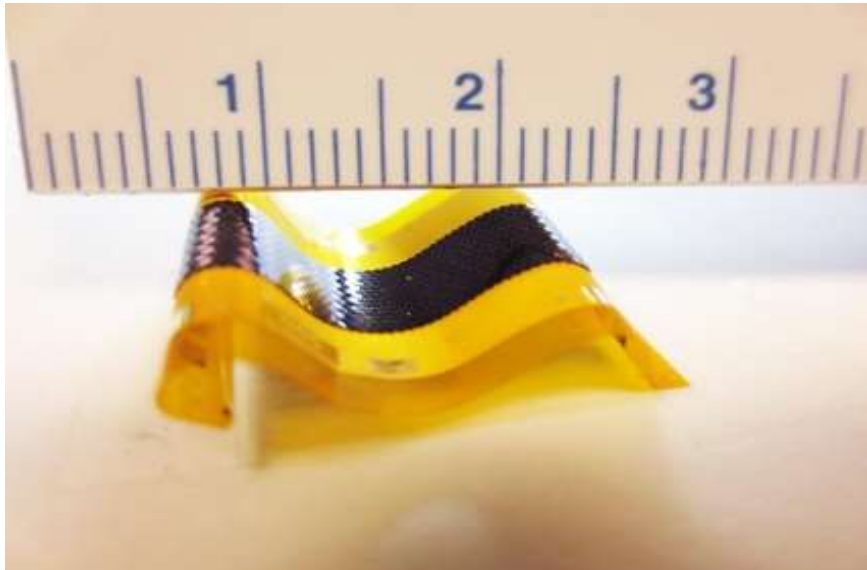


Рисунок 5.12 – Надтонкі гнучкі сонячні панелі (New Solar, 2017)

«Вітрове дерево». Замість одного великого вітрогенератора використовується система маленьких вітряків, здатних працювати навіть при невеликій швидкості вітру (4м/с) (рис. 5.13) (Во Франции, 2017; Ильченко, 2016).



Рисунок 5.13 – Вітрове дерево (Дерево, 2014; Во Франции, 2017)

Безлопатеві вітряки. Іспанська компанія запропонувала новий проект безлопатевих вітряків «VortexBladeless», передає hi-news.ru. (рис. 5.14). Інноваційні генератори мають вигляд звичайних стовпів, закопаних у землю. А енергія вітру використовується не для розкручування лопатей, а для качання і коливань. Коли дме вітер, установка починає вібрувати, і генератор біля основи турбіни перетворює механічний рух на електрику (Ветряные, 2015).



Рисунок 5.14 – Безлопатеві вітряки (Ветряные, 2015)

Вітряк-турбіна, що літає у повітрі. Фактично такий вітрогенератор є дирижаблем. Його почали експлуатувати в Канаді (рис. 5.15). Висота польоту регулюється залежно від швидкості вітру. При малих швидкостях – піднімається, при великих – опускається (Парящий, 2014).



Рисунок 5.15 – Вітрогенератор, що літає (Парящий, 2014)

ВЕС, що працює навіть при штилі. Американська компанія Solar-WindEnergyTower розробила інноваційний проект енергогенеруючої установки, що працює від сили вітру. Аналогів їй на сьогодні в світі немає (рис. 5.16). Принцип роботи нової електростанції полягає в охолодженні повітряних потоків, яким в аеродинамічній вежі (685 м висоти) надається прискорення, і вони потім надають руху електрогенераторам.

У верхній частині вежі розташовані клапани, за допомогою яких розпорошується всередину вежі вода. Вона охолоджує повітряні потоки, які спрямовуються до основи вежі. А вже там розташовані звичайні енергогенератори. Вони обертаються цими потоками, підсилюючи їх (Ромова, 2013).

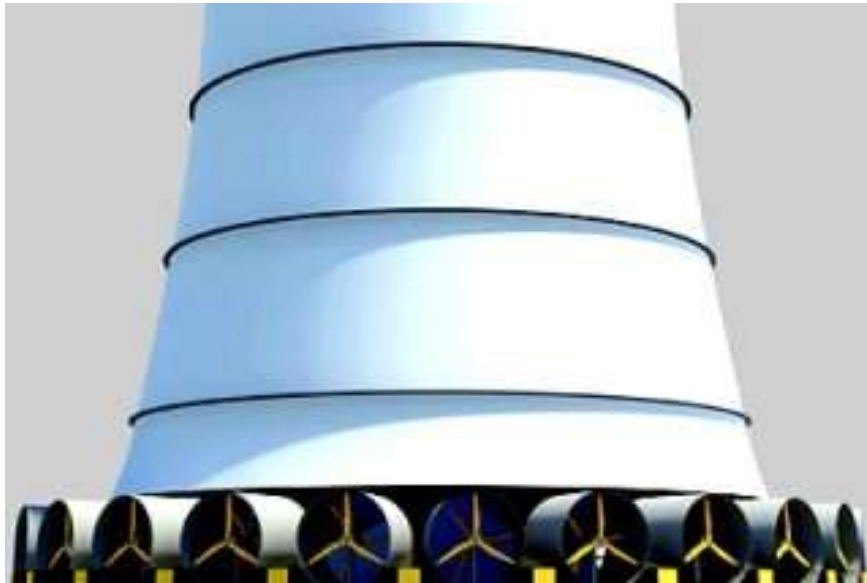


Рисунок 5.16 – Вітровий генератор-вежа (Ромова, 2013)

WISP-технології. Сучасні технології дозволяють збирати енергію взагалі з повітря, точніше, з електромагнітних хвиль, що пронизують простір, в якому ми існуємо. Скорочено назва цих технологій звучить як WISP – від англійських слів wireless Internet service providers – тобто провайдери бездротової інтернет-послуги. Йдеться про те, щоб обходитися не тільки без дротів (які передають інформаційні сигнали), але і без джерел енергії (скажімо, у вигляді акумуляторних батарей). Для цього енергія вилучається з електромагнітного поля (рис. 5.17) (Atherton, 2016).



Рисунок 5.17– WISP-енергія – і електромагнітних хвиль (Atherton, 2016)

Кінетична енергія від руху людини. Одним із напрямків розвитку «зеленої» енергетики може виявитися використання кінетичної енергії, що виробляється в результаті життєдіяльності людини, зокрема під час її руху. Саме на цьому ґрунтується принцип роботи генератора енергії, розміщеного в спеціальних кросівках (рис. 5.18) (Lavars, 2016).



Рисунок 5.18 – Кросівки – генератор енергії (Lavars, 2016).

Тут показана лише незначна частина інноваційних рішень з розвитку відновлюваної енергетики. І їх кількість з кожним роком збільшується. Навіть якщо припустити, що у певних публікаціях їх автори дещо перебільшують реальні можливості методів, про які вони пишуть, головним є не це, а загальний тренд багатofакторного руху до відновлюваної енергетики.

5.6. Ефективне акумулювання енергії

Цей напрямок розвитку технологічних систем дозволяє усунути протиріччя в часі між тим, коли можна отримати енергію, і тим коли виникає потреба в її використанні. Теплові електростанції працюють найефективніше при постійному режимі роботи, тобто якщо вироблена ними енергія протягом доби залишається постійною. Атомні електростанції взагалі не можуть істотно змінювати режим своєї роботи. Якщо вони зупиняться, то це вже надовго.

Потреба ж у електроенергії весь час змінюється. Наприклад, удень (коли працює більшість підприємств) вона значно вища, ніж вночі, коли зупиняються заводи, і люди лягають спати. Поки енергетики не навчилися у великій кількості акумулювати електроенергію, її змушені просто втрачати. На ніч зупиняються багато потужностей електростанцій, щоб не виробляти більше енергії, ніж її використовують. В іншому випадку може статися біда, і електромережі вийдуть із ладу від надмірної напруги. Змінюється потреба в енергії і впродовж тижня. У робочі дні вона вища, у вихідні та свята – нижча. І, безумовно, слід враховувати сезонні перепади в енергетичних потребах.

Ще більшою буде потреба в акумулюванні електроенергії, коли повною мірою стануть використовуватися сонячні і вітрові генератори. Адже сонце і вітер бувають не завжди. І поки вони є, потрібно скористатися ситуацією – виробляти енергію, хоча саме в цей час потреби в ній і не буде... Однак це доцільно робити лише в тому випадку, якщо в розпорядженні людини з'являться надійні акумулятори, що дозволяють накопичувати і запасати енергію в необмеженій кількості.

Частину проблеми дозволяють вирішити вже звичні нам електроакумулятори... Але тільки частину... Адже зайвої енергії (до того ж безкоштовної) стане дуже багато. Уже сьогодні бувають дні, коли, наприклад, в Данії вітрові установки виробляють набагато більше електроенергії, ніж її споживає ця країна... А в Німеччині та Іспанії часом сонячними генераторами покривається більше половини всіх енергетичних потреб країни. І це лише початок... Невже відмовлятися від дармової енергії?

У таких умовах значні перспективи пов'язуються з розвитком *водневих* технологій. Водень як один з видів екологічно чистого палива (при згоранні утворюється звичайна вода) одночасно може бути використаний як ключовий агент при акумулюванні енергії.

Безумовно, про все це люди знали і раніше. Але широкому використанню водню заважала одна обставина. Справа в тому, що для отримання водню в звичайних умовах потрібно витратити більше енергії, ніж вдається отримати при його спалюванні. З економічних міркувань використання такого процесу втрачало сенс. Навіщо спалювати вугілля, газ або навіть ядерне паливо, щоб отримати водень, який потім теж доведеться спалювати?

Ситуація змінюється, якщо на зміну паливним енергоносіям приходять сонце, вітер та інші альтернативні джерела енергії. Адже вони можуть давати безкоштовну енергію навіть у ті періоди, коли в ній немає потреби (наприклад, уночі). Або виробляти надмірну кількість енергії (скажімо, через аномально сильний вітер), на яку не розраховує економіка навіть у пікові періоди. Невже не можна зберегти цю енергію? Ось саме її і можна пустити на «заготівлю» водню. Все одно вона даремно буде витрачена. Тому розвиток відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер) має бути нерозривно пов'язаний з удосконаленням акумуляційних технологій.

Крім зазначених напрямків розвиваються й інші технології, що використовують природні властивості об'єктів та явищ природи. Наразі можна виділити п'ять основних напрямків, які так чи інакше обіцяють стати перспективними для їх комерційного розвитку:

- *гідроакумулявання* (пов'язано з природним і штучним підйомом рівня води в періоди надлишку виробництва енергії та утилізацією накопиченої енергії в пікові періоди);

- електроакумуляція;
- водневі технології;
- теплове акумуляція;
- хімічне акумуляція (пов'язане з цілеспрямованою зміною властивостей речовин за рахунок надлишку енергії або накопиченням органічних речовин із подальшим отриманням біогазу або електрики).

У пустелі Атакама (Південна Америка) реалізується проект найбільшої електростанції, яка об'єднує сонячну й гідравлічну генерації. Протягом дня електроенергія, одержана за рахунок сонячних панелей, буде піднімати морську воду тунелем на вершину гори, де вода буде зберігатися в природних резервуарах. Вночі електроенергія буде генеруватися за рахунок падіння води (Грандиозный, 2016).

Фірмою «Шнайдер електрик» («SchneiderElectric») розроблена розумна система акумуляція енергії. Система сама вибирає режими накопичення енергії (при надлишку сонячної і вітрової енергії) та її віддачі об'єктам інфраструктури, якщо в цьому виникає потреба (Яковлева, 2016 б).

Нові акумулятори від Самсунг дозволяють автомобілю проїхати понад 1000 км на одній зарядці (Турлікьян, 2015).

Швейцарські вчені представили дуже дешеву систему отримання водневого палива (штучного фотосинтезу води) за рахунок енергії сонця, яка має найбільший на сьогодні ККД перетворення (12,3%) (Разработана, 2014).

У США в штаті Невада сонячна електростанція цілодобово дає електроенергію. Вдень вона не лише генерує струм, але і нагріває до температури понад 500 °С гігантський соляний стрижень. За рахунок цього тепло-електростанція працює і в нічний час (Федосенко, 2016 г).

Дослідники з Массачусетського технологічного інституту (МТІ) розробили новий матеріал, здатний зберігати сонячну енергію у вигляді хімічних змін, а не самого тепла. Хімічна система може зберігати енергію незначено довго в стабільній молекулярній конфігурації. Віддача енергії може бути ініційована невеликим поштовхом тепла, світла чи електрики (Разработан, 2016).

У Тихоокеанській північно-західній національній лабораторії розроблено акумулятор на рідких електролітах. Вони замінюють дорогі металеві електроліти (літій-іонні батареї). Це дозволяє знизити собівартість зберігання енергії на 60% і поліпшити інші показники (передусім екологічну чистоту і стійкість у часі) (Новый аккумулятор, 2016).

Розвиток і здешевлення технологій акумуляція енергії дозволяє колосально збільшити ефективність функціонування енергетичних систем, створюючи передумови переходу до відновлюваних джерел енергії.

5.7. Формування інфраструктури та мереж «зеленої» енергетики

Перехід до горизонтально розподілених мереж виробництва відновлюваної енергії вимагає формування нової концепції створення інфраструктури енергетики. Фактично мова йде про перехід від невеликої кількості великих виробників енергії до величезної кількості деконцентрованих у просторі малих енергетичних одиниць. У масштабах ЄС можна говорити про цифру в сотні мільйонів. Саме такою величиною вимірюється кількість будівель, кожна з яких передбачається перетворити в джерело альтернативної енергії (сонячної, вітрової, біогазової, отриманої за допомогою теплових насосів).

Виникає необхідність вирішення безпрецедентно складного комплексу технічних, організаційних та економічних завдань, пов'язаних із виробництвом, збиранням, перетворенням, зберіганням, транспортуванням і споживанням енергії. На рішення саме цих завдань спрямоване створення ЕнерНету – мережевої електроінфраструктури.

Сторінки історії

Автором терміна «ЕнетНет» (Ether net) (за аналогією з «Інтернет») вважається американський інженер і винахідник Роберт Меткалф (Robert Metcalfe), який у 1973 році виклав концепцію майбутньої глобальної енергетичної мережі, яка повинна зв'язати розподілені відновлювані ресурси, «підключаючи до них окремих споживачів і сприяючи тим самим підвищенню рівня життя» (Patterson, 2017). У 1983 році некомерційна організація IEEE (Інститут інженерів електротехніки та електроніки) затвердила стандарти ЕнерНету (Robert, 2014).

Глобальна мережа Інтернет, яка сьогодні стала невід'ємною складовою життя жителів Землі, забезпечує виконання цілого комплексу функцій, пов'язаних з обробкою, передачею, зберіганням та відтворенням інформації. Ідея Меткалфа саме і полягала в тому, щоб наділити енергетичні мережі подібним набором функцій щодо енергії. Для цього енергетичні мережі повинні стати воістину «розумними» (smart), тобто здатними на рішення значної кількості інформаційних завдань в автоматизованому (комп'ютеризованому) режимі.

Якщо говорити конкретно, ЕнерНет покликаний забезпечити виконання таких груп функцій: *генерування і перетворення енергії, її тарифікація, збирання (купівля) енергії, передача, зберігання і відпуск (продаж), контроль за процесами, що відбуваються (моніторинг); оптимізація операцій, забезпечення стійкості і безпеки систем, підтримання якості електроенергії.*

Необхідно звернути увагу на те, що подібні системи повинні забезпечити двосторонній обмін потоками електроенергії та інформації, адже виробник і споживач енергії (а ними можуть бути звичайні домоволодіння, розташовані на різних територіях) можуть постійно мінятися ролями. І той, хто всього лише кілька хвилин тому виробляв енергію, може через ряд причин (погодні умови, режим роботи та ін.) перетворитися на її споживача. Природно, так само легко повинен здійснюватися і зворотний перехід. Мова йде про те, що всі об'єкти енергетичної мережі з пасивних повинні перетворитися на активні. Активні енергетичні мережі, здатні швидко адаптуватися до мінливих потреб зацікавлених сторін – власників, споживачів, продавців, – розглядаються сьогодні як ключовий елемент інфраструктури «розумних» енергосистем майбутнього.

Ще одним важливим завданням, покликаним вирішити ЕнерНет, є інтеграція в роботу інших «розумних» мереж (smart grids), що сьогодні створюються на рівні підприємств, територій, країн. Власне, ЕнерНет і є формою однієї з таких «розумних» мереж, що дозволяє йому органічно вписуватися в загальну картину формування глобального інформаційного простору.

Необхідно підкреслити, що ЕнерНет – це не лише нові енергетичні технології, але також і сучасні інформаційні та комунікаційні технології *білінгу* (тобто економічних розрахунків), *електронної комерції*, *управління доступом* та *адміністрування* в мережах різного масштабу, *моделювання та зберігання даних*, *віртуалізації*, *комп'ютерної безпеки*, *розподілених обчислень*, *збирання, обробки і передачі інформації* в реальному часі.

Розвиток «розумних» інформаційно-енергетичних мереж дозволить істотно підвищити ефективність процесів виробництва і споживання енергії, а також забезпечити якість енергопостачання та стійкість енергосистем.

Нарешті, перехід до «розумних» енергосистем дасть поштовх розвитку нових видів продукції та послуг, а також до формування нових ринків.

Можна сказати, що в міру розвитку регіональних мереж ЕнерНет спочатку в масштабах Євросоюзу, США, Індії, Китаю та інших великих держав, а потім у глобальних масштабах повною мірою формуватиметься свого роду глобальний «енергетичний» Інтернет. Для успішної інтеграції широкого спектру технологічних, загальнотехнічних, проектних, організаційно-управлінських та логістичних рішень такий «енергетичний» Інтернет повинен розвиватися на основі відкритих, загальнодоступних, визнаних індустріальною і управлінською спільнотами стандартів. Світова система подібних стандартів зараз бурхливо розвивається.

Причому першочерговими є стандарти, що визначають єдині принципи моделювання і побудови «розумних» енергосистем. Саме на основі

таких стандартів зацікавлені сторони зможуть виробити єдину мову і сформувані загально визначений набір уявлень про «розумні» енергосистеми, де можна буде добитися повної сумісності елементів як на рівні системи систем, так і на більш низьких рівнях системної ієрархії, включаючи окремі пристрої, підключені до «розумної» мережі. Іншими словами, буде досягнута енергетична та інформаційна інтероперабельність.

У **Німеччині** (Germany, 2016) розпочали до впровадження пілотного проекту енергетичної мережі з розподіленою генерацією електроенергії на основі smart grids. У рамках одного регіону – федеральної землі Баден-Вюртемберг – німецький енергетичний концерн EnBW реалізує проект повнофункціональної мережі енергопостачання з розподіленою генерацією електроенергії.

Метою проекту є побудова повнофункціональної мережі з розподіленою генерацією, до складу якої входять усі елементи такої мережі: виробництво електроенергії, доставка споживачеві, управління споживанням, а також облік і тарифікація. Проект мережі енергопостачання з розподіленою генерацією електроенергії Smart Grids є інноваційним, оскільки до цього випробовувалися лише окремі компоненти таких мереж.

Важливим моментом в ході реалізації проекту стала робота зі споживачами. Енергетичний концерн EnBW активно просуває інноваційні рішення smart grids серед потенційних споживачів – користувачів Smart Grids, а для здійснення пілотного проекту вже знайшов необхідну кількість споживачів, які бажають першими використовувати всі переваги мереж із розподіленою генерацією електроенергії. У EnBW сподіваються на активну підтримку споживачів і в майбутньому (Распределённая, 2016).

Франція реалізує два проекти в сфері smart grid, або інтелектуальних енергетичних мереж. У рамках першого проекту випробовується система «розумних» лічильників, або smart metering. «Розумні» лічильники дозволяють здійснювати детальний облік спожитої енергії і в реальному масштабі часу передавати отриману інформацію для управління енергетичними мережами, наприклад, для прийняття рішень про підключення тих чи інших енергетичних потужностей. Система «розумних» лічильників розгорнута в місті Ліоні.

Також створюється регіональна система управління енергетичними мережами з альтернативними, відновлюваними джерелами енергії. «Розумна» інтеграція сонячних і вітроенергетичних комплексів дуже важлива для забезпечення безперебійного енергопостачання, оскільки в цьому випадку генерація залежить від рівня освітленості та швидкості вітру.

Вартість реалізації проектів перевищує 90 млн. євро. Результати проекту будуть враховані у ході подальшого розвитку альтернативної енергетики у Франції і, можливо, поступового переходу держави на поновлювані джерела енергії (Распределённая, 2016).

Компанія **CISCO** – світовий лідер з виробництва телекомунікаційного обладнання, активно розвиває рішення для створення інфраструктури ме-

реж із розподіленою генерацією енергії. Результатом такої роботи стало створення технології Cisco Smart Grid, на основі якої і планується розвиток концепції «розумних» енергетичних мереж (Компанія, 2017).

Для компанії CISCO очевидно, що найближчим часом північноамериканський ринок повинен пережити «точку перелому», після якої почнеться масове поширення рішень для розподіленої генерації електричної енергії. Європейські країни вже пройшли цю точку, а в країнах Азіатсько-Тихоокеанського регіону ці рішення лише починають поширюватися. У деяких європейських країнах частка відновлюваних джерел енергії в загальному енергетичному балансі перевищує 50 відсотків. У 38 американських штатах також прийняті стандарти і програми поширення цих джерел і стандарти їх використання.

У країнах ЄС на розподілену генерацію вже сьогодні припадає понад 10% від загального обсягу виробленої енергії, а в Данії цей показник становить близько 50%. У США експлуатується понад 12 млн установок малої розподіленої генерації загальною встановленою потужністю понад 220 ГВт, а темпи приросту складають в середньому становлять 5 ГВт на рік. У цілому ряді промислово розвинених країн (ЄС, США, Австралія) останнім часом прийняті концептуальні документи щодо розвитку галузі з посиленням акцентом саме на малу енергетику. В ЄС – це Директива ЄС 2004/8/ЄС від 11.02.2004 р. «Про розвиток когенерації на основі корисного тепла на внутрішньому енергетичному ринку» (Распределённая, 2016). Усе це свідчить про те, що актуальність розвитку «розумних» енергетичних систем із кожним роком зростатиме.

Не менш актуальним є розвиток інформаційно-енергетичних систем в Україні. У країні вже сьогодні нараховуються тисячі приватних установок поновлюваної енергетики. Вже існують цілі села (в Київській, Вінницькій, Харківській, Львівській областях), що повністю перейшли на енергетичне самозабезпечення і навіть продають вироблену енергію. Зростає різноманітність видів енергії, що використовується, збільшується кількість застосовуваних тарифів. Як бачимо, компоненти енергосистеми країни стають все більш активними. Все це означає збільшення складності управління енергетичною системою країни. У цих умовах лише прискорена інформатизація енергосистеми забезпечить їй зростання ефективності та стійкість функціонування, що буде створювати передумови для поступального переходу до «зеленої» енергетики.

Питання до розділу 5

1. Чому енергетику необхідно вважати базовою галуззю національної економіки?

2. Які напрями прийняті в ЄС як провідні для сестейнізації економіки країн Євросоюзу?
3. Які завдання поставив Євросоюз для сестейнізації економіки?
4. Які переваги мають відновлювані джерела енергії?
5. Чому відновлювані джерела енергії можна вважати відносно стабільними порівняно із традиційними?
6. Які події дали поштовх для розвитку відновлюваних джерел енергії в ЄС?
7. На чому базується економічність відновлюваних джерел енергії?
8. З якими екологічними наслідками може пов'язуватися використання відновлюваних джерел енергії?
9. Яка роль Третьої промислової революції у сестейнізації енергетичної галузі?
10. На чому базується конкурентоспроможність альтернативної енергетики порівняно із традиційною?
11. На яких історичних засадах базується розвиток вітрової енергетики?
12. На яких історичних засадах базується розвиток гідроенергетики?
13. На яких історичних засадах базується розвиток сонячної енергетики?
14. На яких історичних засадах базується розвиток біогазової енергетики?
15. Які приклади ви можете навести на користь життєздатності відновлюваної енергетики?
16. Наведіть факти, що характеризують динаміку розвитку відновлюваної енергетики.
17. Висловіть свою думку з приводу перспектив розвитку двох напрямів відновлюваної енергетики – концентрованого і деконцентрованого.
18. Які переваги і недоліки, на вашу думку, має напрям розвитку концентрованої відновлюваної енергетики.
19. Які переваги і недоліки розвитку має напрям розвитку деконцентрованої відновлюваної енергетики.
20. За якими основними напрямами відбувається розвиток сучасних енергетичних систем?
21. Роль інновацій у сучасному розвитку енергетичних систем?
22. Наведіть приклади інновацій у розвитку сонячної енергетики.
23. Наведіть приклади інновацій у розвитку вітрової енергетики.
24. Яку роль відіграє ефективність альтернативної енергетики у її поширенні?
25. Охарактеризуйте динаміку ефективності засобів альтернативної енергетики.
26. Яку роль у розвитку альтернативної енергетики відіграє акумулювання енергії?
27. Які можна виділити напрями розвитку акумуляційних технологій?
28. Наведіть приклади використання сучасних акумуляційних технологій.
29. Роль інфраструктури у розвитку відновлюваної енергетики.
30. Заходи ЄС у розвитку енергетичної інфраструктури. Зміст Енерґету.

Розділ 6

СЕСТЕЙНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

6.1. Базові основи «зелених» трансформацій транспорту

Транспорт є ключовою ланкою, що зв'язує діяльність окремих економічних суб'єктів, зокрема, виробників та споживачів продукції, а також окремих виробників та споживачів між собою. Саме за допомогою транспорту реалізується значна частина трансакцій, при яких товари фізично переміщуються від одних власників до інших. Транспорт бере активну участь і у внутрішньогосподарській діяльності окремих суб'єктів. Нарешті, послугами транспорту щодня користуються мільярди жителів Землі, використовуючи їх як кінцеве споживче благо, що забезпечує соціальні комунікації людей. Усе це обумовлює колосальне значення підвищення економічної та екологічної ефективності реалізації транспортних процесів, що передбачає їх значну дематеріалізацію (зниження матеріаломісткості та енергоємності).

Досягнення Третьої і Четвертої промислових революцій (Т.п.р. і Ч.п.р.) відкривають нові перспективи екологічно обумовленої трансформації і сестейнізації транспортних систем. До ключових напрямків сестейнізації транспорту можна віднести:

- електрифікацію транспорту;
- використання нових джерел енергії (передусім водню);
- використання нових видів транспортних засобів та їх гібридизацію;
- роботизацію транспортних засобів;
- заміщення матеріальних переміщень на інформаційні;
- удосконалення транспортної логістики.

Необхідно зазначити, що всі напрями трансформації транспорту вже реалізуються. Причому можна відзначити, що темпи трансформаційних процесів постійно прискорюються. Починаючи з 2014 року, ці процеси набувають вже лавиноподібного вигляду.

Пріоритети транспортної політики ЄС. Європейці поставили перед собою два амбітні завдання: з одного боку, на практиці побудувати єдиний транспортний ринок (зараз транспортний сектор ЄС складається зі слабо інтегрованих національних сегментів), з іншого – підвищити рівень суспільної мобільності при одночасному скороченні шкідливих викидів в атмосферу. Заради цієї мети Єврокомісія планує здійснити кардинальні перетворення в транспортній системі континенту.

Прийнята 28 березня 2011 року «Біла Книга-2011» передбачає перехід до єдиного європейського транспортного простору – через створення конкурентоспроможної та ресурсно-ефективної транспортної системи» (що названо «Транспорт – 2050»). Це є черговим концептуальним документом, на основі якого ЄС буде визначати політику розвитку європейського транспорту на найближчі десятиліття.

«Біла Книга» ставить двоєдину мету. По-перше, планується завершити створення загальноєвропейського транспортного простору і різко знизити негативні екологічні ефекти транспорту, досягнувши до 2050 р. зниження обсягів викидів в атмосферу парникових газів на 60%. По-друге, документ передбачає повну заборону до 2050 року використання автомобільного транспорту на таких видах палива, як бензин, дизельне паливо та інші вуглецеві види палива.

Документом визначено основні завдання (White paper, 2017; Даргужите, 2011):

1) удвічі зменшити використання автомобілів на нафтових паливах у містах до 2030 р.; повністю виключити його до 2050 р.; практично звільнити від викидів CO₂ міську вантажну логістику до 2030 р.;

2) забезпечити застосування екологічних авіапалив у розмірі 40% від загального їх споживання до 2050 р.; також до 2050 р. знизити на 40–50% токсичність щодо CO₂ суднових палив; усі вжиті заходи повинні зменшити обсяг шкідливих викидів в атмосферу на 60% порівняно з початком століття;

3) забезпечити до 2030 р. перехід 30% (а до 2050 р. – 50%) автомобільних перевезень на відстань понад 300 км на залізничний і водний транспорти за рахунок створення ефективних і «зелених» транспортних коридорів;

4) завершити до 2050 р. створення європейської мережі високошвидкісних залізниць; потроїти до 2030 року їх протяжність; забезпечити до 2050 р. перевезення основної частини пасажирів, які подорожують на середні відстані, залізницею;

5) забезпечити до 2030 р. створення в основному мультимодальної транспортної мережі ЄС, завершивши її створення до 2050 р. із необхідним інформаційним забезпеченням;

6) до 2050 р. забезпечити з'єднання всіх базових аеропортів із залізничною мережею, переважно – високошвидкісною. Забезпечити також з'єднання основних морських портів із мережею вантажних залізниць і, де можливо, із внутрішніми водними шляхами;

7) запровадити до 2020 р. модернізовану інфраструктуру управління повітряним рухом і завершити створення єдиного європейського повітряного простору; впровадити аналогічні системи управління рухом на наземному та водному транспорті; впровадити європейську систему глобальної супутникової навігації Galileo;

8) до 2020 р. створити основи для формування єдиної європейської мультимодальної інформаційно-керуючої системи і системи взаєморозрахунків;

9) до 2050 р. знизити практично до нуля смертність у результаті дорожньо-транспортних пригод (ДТП); до 2020 р. знизити вдвічі кількість ДТП; забезпечити світове лідерство ЄС у сфері безпеки перевезень та транспортної безпеки на всіх видах транспорту;

10) домогтися застосування в повному обсязі принципів «користувач платить» і «забруднювач платить» для недопущення дисбалансів і субсидування тих видів транспортної діяльності, що завдають екологічної шкоди; забезпечити достатні доходи для майбутніх інвестицій у транспортну систему;

11) центри міст планується повністю позбавити від автомобілів із бензиновими й дизельними двигунами, зробивши акцент на гібридні та електричні.

Для вирішення зазначених завдань у «Білій Книзі» визначено перелік 40 ініціатив (включаючи законодавчі), тобто напрямків конкретних дій; серед них – подальше посилення екологічних стандартів, запровадження екологічних пріоритетів у систему оплати послуг інфраструктури, стимулювання інновацій і заходів з раціоналізації перевезень, що дають екологічний результат, та ін.

Після прийняття «Білої Книги» почалося розроблення пакета нормативно-правових актів, щодо створення основи для реалізації її положень. Всього з 2010 по 2050 рік тільки на інфраструктуру планується виділити близько 1500 млрд євро.

Розвиток автомобільного транспорту в ЄС відбувається швидкими темпами. Близько 40% товарів перевозиться в ЄС автодорогами. Щороку збільшується кількість особистого автотранспорту. Жителі ЄС люблять подорожувати на власних автомобілях. Ринок автоперевезень практично повністю лібералізований. У даному секторі існує жорстка конкуренція.

Незважаючи на вільне пересування у межах ЄС, не слід забувати, що в країнах Євросоюзу існують істотні відмінності в нормах, які стосуються використання автомобільного транспорту (максимальна швидкість руху і максимальна вага автомобілів, дозволений рівень алкоголю в крові водія та ін.). Наразі в ЄС існує близько ста зразків водійських документів. У 2006 році держави-члени ЄС досягли угоди про введення єдиних водійських прав на території Євросоюзу. До 2032 року як водійські права будуть використовуватися лише пластикові карти з мікрочіпом, на якому буде міститися необхідна інформація. Їх почали видавати з 2012 року.

Європейський проект розгортання системи глобальної супутникової навігації «ГАЛІЛЕО» планувалося ввести в експлуатацію у 2008 р., однак через фінансові і технічні розбіжності їх введення було відкладене до 2020 р. Наразі країнам ЄС вдалося подолати розбіжності з питання щодо розпо-

ділу промислових замовлень між національними компаніями і знайти відсутні для фінансування кошти. Міністрам транспорту ЄС вдалося знайти компроміс, який намагалася блокувати Іспанія, незадоволена тим, що їй дістався лише невеликий центр з контролю за сигналами «ГАЛІЛЕО», тоді як Італія і Німеччина отримують по повноцінному координаційному центру. Розподіл промислових замовлень і функцій між країнами ЄС означає, що проект зрушить з місця. Цьому сприяє і досягнута раніше домовленість країн ЄС покрити відсутні 2,5 мільярди євро з європейських фондів. Проект «ГАЛІЛЕО» будується як аналог американської «Джі-Пі-ЕС».

6.2. Електрифікація автодорожнього транспорту

Електромобілі. Електрифікація транспорту стає магістральним напрямом розвитку не лише транспортних систем, а й усієї економіки. Адже це обумовлює перебіг трансформаційних процесів в енергетиці, змінює інфраструктуру міст, впливає на структуру доходів населення і фінансову сторону діяльності підприємств.

Історична довідка

Електромобіль з'явився набагато раніше від свого бензинового «колеги». Ще в 1827 році словацько-угорський фізик Аньош Йедлік (Anyos Istvan Jedlik) створив перший у світі діючий електродвигун. Завдяки цьому винаходу в 1835 році голландський професор Сібрандус Стретін (Sibrandus Elzoo Stratingh) створив перший електрокар.

Але перший електрокар, наблизений до практичного застосування, побудував у Лондоні в 1884 р. Томас Паркер (Thomas Parker) (рис. 6.1). Він



Рисунок 6.1 – Електрокар, побудований Томасом Паркером (фото 1895 р.) (Страницы, 2015)

використав високоємні акумуляторні батареї багаторазової зарядки власної конструкції. Його електрокар нагадував кінський візок (Страницы, 2015; Electric car, 2017).

Чотири роки потому, у 1888 році свою власну конструкцію електрокара (що зовні нагадував британський варіант) запропонував у Німеччині винахідник Андреас Флокен (Andreas Flocken).

У 1899 році Фердинанд Порше (Ferdinand Porsche) представив перший «гібрид». Він був оснащений бензиновим агрегатом (той заряджав блок електроакумуляторів) і електромоторами (вони обертали передні колеса). Розвиток електромобіля був фактично блокований масовим випуском дешевих бензинових авто... Від добра добра не шукають. Лише в 1960 роки знову повернулися до вдосконалення електромобіля. Друге народження він отримав в останнє десятиліття (Електромобили, 2017).

На початок 2017 року кількість електромобілів у світі зросла до 2 мільйонів, а в Європі перевищила 500 тис. (До кінця, 2016). У США продаж електромобілів у 2016 році зріс майже на 50% порівняно з попереднім роком. Зростання становило майже 200 тис. одиниць. Лідером за цим показником є Китай. Там кількість електромобілів у 2016 році зросла на 350 тисяч (106%). Усього на початок 2017 року загальна кількість електромобілів в країні досягла 650 тисяч. Це більше, ніж у США (560 тисяч) та Європі (630 тисяч) (Статистика, 2017; Федосенко, 2016 а; Ревадзе, 2016 а).

У 2016 році частка електротранспорту в загальних продажах автомобілів у світі перевищила 1%. Зокрема, в США вона становила 1,1%, в Європі – 1,2%, у Китаї – 1,4% (Ревадзе, 2016 а).

Приємно констатувати, що за цим показником Україна досягла значного успіху, довівши частку електромобілів у загальній кількості зареєстрованих транспортних засобів у 2016 році до 4%. За цим показником Україна опинилася на четвертому місці серед кращих країн Європи, поступившись лише Норвегії, Нідерландам та Ісландії (Україна, 2017). Лідером же є Норвегія, у якій частка електромобілів у загальній кількості проданих в 2016 році транспортних засобів досягла 25%. Ще 10% становлять гібриди (Шавырин, 2016).

Очікується, що до 2020 року кількість електромобілів у світі зросте до 20 млн, тобто їх стане у 10 разів більше, ніж на початок 2017 року. Але якщо теперішні темпи збережуться, то таку кількість електромобілів вдасться побачити вже в 2019 році або навіть у кінці 2018 року (Окашин, 2017).

Масовий випуск електромобілів налагодили всі провідні автовиробники світу. Світовими лідерами продажів електрокарів є відомі бренди: Nissan, Tesla, BYD, Mitsubishi, Renault, Chevrolet, Toyota, Mercedes, Ford, BAIC, BMW, SAIC, JAC, Kandi, Ford, Audi, Volkswagen, Kia, Volvo, Pors-

che, Hundai, Honda, Mazda (Статистика, 2017; Итоги, 2016). Запас ходу найкращих представників показаний у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Запас ходу на одній зарядці різних моделей (Кулеш, 2017 а; Федосенко, 2016 в)

Модель	Запас ходу, км	Модель	Запас ходу, км
Tesla Model S (P100D)	507	Ford Focus Electric	185
Tesla Model X (P100D)	465	BMW i3 (94 АН)	183
Tesla Model S (P90D)	435	Nissan Leaf	172
Tesla Model X (P90D)	414	Kia Soul Electric	150
Chevrolet Bolt EV	383	Mercedes-Benz B250e	140
Tesla Model X (75D)	383	Fiat 500e	135
VW e-Golf	201	BMW i3 (60АН)	130
Hyundai Ioniq Electric	200	Smart Fortwo ED	109

Сьогодні на світових ринках активно продається не менше 100 різних моделей. В одному лише Китаї їх кількість досягає 70 (Ревадзе, 2016 а).

Можна говорити вже про три покоління масових відносно недорогих електромобілів. Перше покоління успішно експлуатується вже кілька років. В Європі його представляють різні моделі електромобілів: Nissan Leaf, Tesla Motors, Renault та ін. Вони мають середній пробіг на одній зарядці 100–130 км, розвивають максимальну швидкість до 110–135 км/год, час їх заправлення становить до 6 годин (при напрузі 220 В) і від 1 до 3–4 годин (при підвищеному вольтажі).

У другому поколінні електромобілів запас ходу на одній зарядці підвищено до 250–300 км. Вони можуть розвивати максимальну швидкість до 150–160 км/год. Використовується швидкісна зарядка до 30–45 хв. (на 80% заряду).

Запускаються в серійне виробництво представники третього покоління, у яких запас ходу може досягати 400–600 км (Турлікьян, 2016 а). Вони можуть розвивати швидкість до 200–220 км на годину. У деяких випадках вже використовуються методи швидкісної зарядки, що скорочують її час лише до кількох хвилин (Ревадзе, 2016 а; Федосенко, 2016 а; Федосенко, 2016 д).

У травні 2016 року електромобіль Mira EV, оснащений літєво-іонними акумуляторами (8 320 батарей), подолав без підзарядки 1 003 км. Пробіг в японській префектурі Ібаракі тривав 27,5 години при середній швидкості 40 км/год на спеціальному автодромі. Раніше цей самий електромобіль уже встановлював рекорд у 2009 р., проїхавши від Токіо до Осаки без підзарядки 556 км (Електромобиль, 2017).

Через три місяці після успіху своїх колег команда теж японських водіїв на електромобілі Suzuki Every EV встановила новий рекорд тривалості їзди.

На одній зарядці пілоти, змінюючи один одного, подолали 1 300 км. Рекордний заїзд по 25-кілометровому гоночному треку в префектурі Акіта тривав 43 години. Середня швидкість руху була 30 км/год (Electric car, 2017). Перевищив відмітку у 1 000 км запасу ходу й електромобіль Tesla Motor S, перебуваючи у русі 29 годин при середній швидкості 40 км/год (Electric car runs, 2017).

Suzuki Every EV являє собою міні-вен (тобто невеликий фургон). У стандартній комплектації (зі стандартними батареями) він здатний перевезти 250 кг вантажу. І на одній заправці проїжджає до 100 км – так само, як і серійні електромобілі Nissan Leaf Mitsubishi i-MiEV. Нова модель Tesla Model S на одній зарядці може проїхати до 480 км (Електрокар, 2017).

У 2017 році одна з моделей Tesla Motors – Genovation встановила новий рекорд швидкості серед дорожніх електромобілів. У Флориді вона зуміла розвинути швидкість у 336 км/год. У звичайному режимі авто проїжджає до 240 км без підзарядки (Ларина, 2017) (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 – Електромобіль Genovation, який побив рекорд швидкості серед дорожніх електромобілів (Ларина, 2017)

Незаперечною перевагою електромобілів є дешевизна їх експлуатації. В умовах України витрати електроенергії на 100 км шляху оцінюються експертами від 10 до 25 кВт·годин. При різниці тарифів від 0,9 до 1,68 грн/кВт·год (при місячному споживанні електроенергії понад 100 кВт·год) вартість 100 кілометрового проїзду електромобілів оцінюється орієнтовно від 10 до 40 грн. Це у будь-якому випадку набагато дешевше від вартості експлуатації автомобілів із ДВЗ, що оцінюється мінімум у 120–200 грн (Сколько, 2017; Широкун, 2017).

Особливу групу становлять гоночні електромобілі. Їх покликання – встановлювати рекорди, зокрема швидкості, потужності, інтенсивності розгону та ін. Зокрема, компанія Venturi Automobiles разом з американськими

вченими створила електрокар VBB-3 (рис. 6.3). Потужність його двигуна становить 3 тисячі к. с., швидкість – до 600 км/год. Час розгону до 100 км/год – 2 с. (Найпотужніший, 2016).



Рисунок 6.3 – Супер електрокар (Найпотужніший, 2016)

Поєднання електро- і бензинових двигунів дозволяє досягнути рекордів і в класі гібридних автомобілів. У кінці 2016 року серійний корейський Kia Niro встановив новий рекорд ефективності. Шлях від Лос-Анджелеса до Нью-Йорка протяжністю 6 000 км він подолав, витрачаючи в середньому 3,07 літра палива на 100 км шляху (Берча, 2016).

Компанія Volkswagen, одне ім'я якої («народний автомобіль»), зобов'язує прагнути до доступності її продукції широким масам, вчергове заявила про свій «найдешевший у світі автомобіль». На цей раз – електричний (рис. 6.4).



Рисунок 6.4 – Очікуваний електромобіль фірми Volkswagen (Самый дешёвый, 2016)

Про ціну його, щоправда, не згадувалося, але повідомлялося, що початок виробництва намічено на 2017 рік, а прем'єра на дорогах відбудеться в 2018 році. Запас його ходу становитиме не менше 300 км (Самый дешёвый, 2016).

Одночасно компанія Volkswagen представила концепт «розумного» (безпілотного) електричного мікроавтобуса Budd-e з сонячними батареями на даху (рис. 6.5). Його заявлений запас ходу становить 530 км, швидкість – 180 км/год, причому зарядити акумулятор на 80% можна буде лише за півгодини.



Рисунок 6.5 – Volkswagen Budd-e (Volkswagen, 2016)

Як завжди в ринковій економіці відбувається боротьба не лише за рекорди, але й за кишені споживачів. І найважливішим інструментом у такій боротьбі є недорога ціна. Так, китайський виробник JAC випустив бюджетний електричний п'ятидверний хетчбек (рис. 6.6). У нього досить скромні експлуатаційні показники: потужність 80 к. с., максимальна швидкість – 102 км/год, запас ходу на одному заряді – 152 км. Але й ціна досить скромна, лише 5,5 тисяч доларів (JAC, 2017).



Рисунок 6.6 – Бюджетний електромобіль JAC (JAC, 2017)

Електромобіль Synchronous представила і Україна. Він не схожий на жодну існуючу модель і більше нагадує сучасну карету-салон для урочистих прийомів (рис. 6.7).



Рисунок 6.7 – Перший прототип українського електромобіля Synchronous (Первый прототип, 2016)

Електромобіль вміщує 6 пасажирів, маючи запас ходу 130–160 км на одній зарядці. Сонячні панелі на даху забезпечують роботу кондиціонера в салоні. Хочеться вірити, що електромобіль знайде свою нішу на ринку як комфортне міське таксі, шаттл для готелів, екскурсійне авто.

Вище ми згадали про багато рекордів, поставлених електромобілями. Приємно відзначити, що свої власні рекорди в електрифікації транспорту б'є Україна.

У 2016 році українці придбали близько півтори тисячі електромобілів (1 434), у той час як в 2015 році – лише близько 290. Тобто продаж зріс у 5 разів (зокрема завдяки скасуванню акцизу). Всього ж на 01.01.2017 в країні було зареєстровано 2 600 електрокарів, з них 1 710 – на електроприводі і близько 890 – гібридних. Ще близько 600 автомобілів їздять на альтернативних видах палива (біоетанол, біодизель). В цілому кількість екологічних авто в країні на кінець 2017 року наблизиться до 6 000 (Федосенко, 2017 а; Яковлева, 2017 б).

Лише за половину 2017 року кількість зареєстрованих нових електромобілів досягла показника попереднього року (Кулеш, 2017 г).

Поняття «електрифікація транспорту» передбачає відповідну трансформацію не тільки легкових авто, але й автобусів, і вантажних автомобілів.

Електробуси. Читач вже знайомий із невеликими транспортними засобами під назвою «електрокар». Вони давно використовуються в нашій країні для перевезення невеликих вантажів або пасажирів на незначні дистанції. Головним чином це відбувається там, де з екологічних міркувань недоречно використання паливного транспорту. Електрокари можна зустріти у виробничих приміщеннях, аеропортах, експоцентрах, зонах відпочинку, туристичних територіях тощо. Сучасні електрокари (типу Taylor-Dunn) можуть проїжджати 40–50 км на одній зарядці і розвивати макси-

мальну швидкість від 20 до 30 км/год. У пасажирському варіанті можуть перевозити (з причепом) до 30 пасажирів, а у вантажному – від 1,5 до 5 тонн. У тяговому режимі – тягнути до 25 тонн.

Однак далі мова піде про електричні транспортні засоби, які зараз починають конкурувати в ринкових нішах, де раніше панували лише паливні автомобілі.

Китайська компанія BYD Motor представила найбільший у світі міський електроавтобус (рис. 6.8). Його запас ходу на одному заряді 288 км. Місткість – 120 пасажирів (Юртайкин, 2014).



Рисунок 6.8 – Китайський міський електроавтобус (Юртайкин, 2014)

Українські автомобілебудівельники також намагаються перебувати в руслі прогресивної світової думки. Львівський концерн «Електрон» випустив електробус, запас ходу якого на одному заряді становить 200 км, місткість – до 100 пасажирів, максимальна швидкість – 70 км/год (рис. 6.9).



Рисунок 6.9 – Український електроавтобус у Львові («Електрон», 2015)

Собівартість проїзду порівняно з дизельним автобусом у 10 разів нижча. З початку 2016 р. електробус вийшов на вулиці Львова (Кулеш, 2015; «Електрон», 2015).

У Луцьку вийшов на маршрут перший український міні-електробус, створений на базі автобуса «Богдан» (рис. 6.10). Запас ходу 250 км на одному заряді. Базова швидкість 80 км/год. Час заправлення 8 годин від мережі 220 В і 5 годин від мережі 380 В. У салоні функціонує безкоштовний Wi-Fi (В Луцке, 2015; Кулеш, 2014).



Рисунок 6.10 – Луцький міні-електробус (Кулеш, 2014)

На початку 2017 року компанія Volkswagen випустила на дороги країни новий електричний фургон Crafter, здатний працювати як в пасажирському, так і у вантажному варіантах (рис. 6.11). Він створений на основі свого однойменного дизельного попередника. Максимальна швидкість електрофургону – 80 км/год. Одна з переваг нового електрофургону –



Рисунок 6.11 – Електрофургон Crafter (Гоголев, 2016)

швидка зарядка. Використовуючи спеціальну зарядку, його можна зарядити на 80% лише за 45 хв. При повній зарядці запас ходу – близько 210 км. Сьогодні тестуються акумулятори, які повинні підвищити запас ходу до 400 км. Фургон здатний перевозити вантаж до 1,7 т, ємність кузова – 11,3 куб.м (Гоголев, 2016; Скворцов, 2016).

Компанія Proterra в кінці 2016 року представила нову модель з рекордним пробігом. Електроавтобус Catalyst E2 здатний проїхати 350 миль (560 км) на одній зарядці. Тобто без підзарядки він може працювати повний робочий день. На тестовій трасі (без зупинок і пробок) цей показник вдалося довести до 600 миль (960 км). Своїм успіхом новий електробус зобов'язаний двом гігантським акумуляторам, ємність яких досягає 660 кВт·год. Для порівняння у нових легкових електромобілів ємність батареї в 6–10 разів менша. При цьому важить електробус менше таких самих за місткістю автобусів. Час повної зарядки становить 5 годин. При доукомплектуванні електробуса він зможе заряджатися під час їзди. Він також оснащений регенеративною гальмівною системою, здатною повертати частину кінетичної енергії, що звільняється під час гальмування (Lambert, 2016).



Рисунок 6.12 – Електроавтобус Catalyst E2 (Lambert, 2016)

Електровантажівки. Виробництво великовантажних електромобілів відстає поки ще від своїх легкових колег. Однак і в цій галузі намітився істотний прогрес.

Американська компанія Nikola Motor (на честь знаменитого фізика Ніколи Тесли) на чолі з бізнесменом Тревором Мільтоном представила гібридну вантажівку Nikola One потужністю 2 000 к. с. (рис. 6.13). Крім набору акумуляторів ємністю 320 кВт·годин, вона забезпечена турбіною для їх зарядки, здатною працювати на будь-якому паливі. При цьому запас ходу при повному заправленні/зарядці перевищує 1 900 км.

Фірма представила також чисто електричний позашляховик – баггі Nikola Zero з гігантським дорожнім просвітом 37 см. Його акумулятори забезпечують запас ходу до 240 км (Во имя , 2016).

Компанія Mercedes-Benz представила прототип повністю електричної вантажівки Urban eTruck. За розрахунками вантажівка зможе перевозити в різних модифікаціях від 18 до 26 т вантажу при запасі ходу до 200 км

(рис. 6.14). На цей час вона проходить випробування, а в масовому виробництві повинна з'явитися – до 2020 року (Коломинов, 2017).



Рисунок 6.13 – Гібридна вантажівка Nikola One (Во имя, 2016)



Рисунок 6.14 – Електровантажівка Urban eTruck (Коломинов, 2017)

Раніше ця сама компанія представила концепт безпілотної вантажівки Future Truck, здатної без водія розвивати швидкість до 84 км/год (Mercedes, 2017; Представлен, 2016).

Британська фірма Charge заявила, що найближчим часом почне випуск електровантажівки Charge (рис. 6.15).

Причому це передбачається робити у великому діапазоні вантажопідйомності: від 3,5 до 26 т. Застосування композитних матеріалів дозволить значно зменшити вагу нової моделі. А завдяки використанню модульного методу одній людині можна буде зібрати машину всього за 4 години. Планується, що штат співробітників лише в 10 осіб буде щороку збирати



Рисунок 6.15 – Електровантажівка Charge (Британская, 2016)

10 000 машин. Вантажівка зможе розвивати швидкість до 160 км/год, проїжджаючи на одній зарядці до 200 км. Передбачається також, що компанія буде працювати над впровадженням технологій автопілотування, і взаємодіяти з машиною можна буде через звичайний смартфон (Британская, 2016).

Разом із розвитком виробництва і використання електротранспорту відбувається розвиток відповідної інфраструктури, перш за все якісних мереж зарядки електромобілів. У світі кількість зарядних станцій вже починає наздоганяти кількість бензозаправок. А в Японії їх число вже перевищило кількість АЗС.

Приємно зазначити, що Україна слідує курсом світового тренду, створюючи необхідну інфраструктуру для розвитку електротранспорту. Зокрема, на початок 2017 року кількість зарядних станцій у країні оцінювалася в 600 одиниць. До речі, в Росії в той самий період на 722 зареєстрованих у країні електромобілів було близько 60 зарядних станцій (На всех, 2016).

На кінець 2017 року лише по лінії WOG (національна мережа автозаправних комплексів) в Україні кількість зарядних станцій повинна була збільшитися іще на 300 одиниць, 30 з яких будуть швидкісними. Практично половина АЗС будуть оснащені також зарядними станціями. Причому нешвидкісні зарядні станції будуть функціонувати безкоштовно (Кулеш, 2017 б).

Електрифікація пасажирських та вантажних транспортних засобів є дуже важливим завданням, оскільки дозволяє вирішити дві істотні про-

блеми: по-перше поліпшення екологічної ситуації, особливо в міському середовищі; по-друге, значного здешевлення транспортних операцій.

6.3. Електрифікація агротехніки

Електротрактор. Ідея використовувати електрику для приведення в рух трактора вже не нова. Ще в 1920 роки ентузіасти радянської країни, натхнені ідеями «електрифікації всієї країни», намагалися створити щось на зразок трактора-тролейбуса, який би живився від зовнішніх джерел.

У 1970–1980 роки ця ідея трансформувалася дещо в іншому напрямку. З висоти літака можна було побачити, що деякі сільгосптериторії мали форму правильних кіл. На цих угіддях вдалося позбутися необхідності використання тракторів. Точніше, трактор під впливом нелінійної логіки зазнав революційних змін, увібравши в себе всю решту сільгосптехніки, перетворившись у суперкомбайн. Тепер він став електричним, заодно значно зменшивши свої розміри і втративши свою колосальну енергоємність. Крім того, зникло багато проміжних ланок, механізмів, робіт. Уявіть собі хорду радіусом 250–280 метрів, яка одним кінцем закріплена на рухомій осі, а іншим стоїть на невеликому одноколісному шасі. Шасі рухається по колу, можливо, по рейці. На хорді поперемінно встановлюються необхідні сільськогосподарські механізми, які обробляють землю, вносять добрива, виконують обробку рослин, збирають урожай. За один оборот хорди проводиться обробка концентричних рядів рослин, і відповідний механізм пересувається на один крок до наступного ряду. Процес легко автоматизувати. Ця установка може зніматися і переноситися на інші поля, причому на всьому полі потрібна для цього тільки одна вузька стежка. Площі між круглими полями можуть бути зайняті лісопосадками. При цьому витримується оптимальне (за рекомендаціями вчених) співвідношення інтенсивно і пасивно експлуатованої землі – 2/3: 1/3 (Мельник, 1988).

Такий принцип уперше запропонували французькі вчені у 1960-і роки. Хоча чи вперше? Як ми уже зазначили, у перші роки Радянської влади, коли було поставлено завдання електрифікації економіки, широким фронтом відбувався пошук підходів до вирішення цього завдання в сільському господарстві. Один з варіантів електротрактора будувався за принципом його концентричного руху по круговому полю...

Ідея електрифікації транспорту новий імпульс отримала в наші дні.

Європейська філія великого американського виробника сільгосптехніки John Deere представила трактор на електричній ході (рис. 6.16). Електричний гігант було створено на основі серійного колісного трактора серії 6R. Один електродвигун приводить у рух колеса. Інший – забезпечує роботу навісного обладнання. Повного заряду батарей вистачає в середньому



Рисунок 6.16 – Електричний трактор фірми John Deere (Костин, 2016)

на 4 години роботи в полі (залежно від рівня складності робіт) або щоб забезпечити запас ходу 55 км по шосе. Повна зарядка акумулятора від спеціального «швидкісного» терміналу займає близько 3 годин (Костин, 2016).

Свій електричний трактор Edison випустив Харківський тракторний завод (ХТЗ) (рис. 6.17). Він розроблений спільно з компанією



Рисунок 6.17– Електричний трактор Edison (Электрический трактор, 2015)

«АвтоЕнтерпрайс» на базі серійного ХТЗ 3512 і на сьогоднішній день не має аналогів у світі. Трактор оснащений японським електродвигуном Nissan Motor / Electric Motors потужністю 35 к. с. Для повної зарядки акумуляторів потрібно від 2 до 4 годин від спеціального зарядного пристрою і від 8 до 10 годин від електромережі 220 В. В режимі пересування (швидкістю до 40 км/год) трактор може працювати до 8 годин. При додатковому навантаженні заряду батареї вистачає на 4 години (Электрический трактор, 2015).

Головною проблемою електротракторів є мала тривалість роботи на одному заряді. Дійсно, 4 годин інтенсивної роботи на одному заряді явно недостатньо для забезпечення необхідної потреби сільгоспвиробництва, яке часто (в пікові періоди) перевищує 10–15 годин роботи в полі.

Проте, колосальна дешевизна експлуатаційного обслуговування порівняно з паливними аналогами є надзвичайно привабливою перевагою, що змушує шукати організаційні й технічні рішення для впровадження електротракторів в аграрне виробництво. З одного боку, повинні розвиватися технічні засоби для подовження періоду роботи (зокрема, на основі замінних акумуляторів). З іншого боку, необхідний пошук нетрадиційних форм організації агроробіт, які б відкрили можливості так використовувати електротрактори та виконувати певні їх функції, щоб забезпечувався гнучкий режим роботи. Це б дало змогу оперативно заряджати акумулятори. До зазначеного необхідно додати, що перша (експериментальна) партія харківських електротракторів (10 шт.) була продана за кілька днів (Іванович, 2016).

6.4. Електрифікація авіації

Авіація відіграє важливу роль у здійсненні транспортних процесів. Вона дозволяє потрапляти туди, куди не мають можливості потрапити інші види транспорту, зокрема ті самі автомобілі. Крім того, авіація з легкістю долає перешкоди, що створюють проблеми для сухопутних видів транспорту: бездоріжжя, ускладнений рельєф місцевості, водні перешкоди тощо. З урахуванням цього електрифікацію авіації необхідно розглядати як важливий засіб *сестейнізації* транспорту. Він дозволяє значно екологізувати транспортні операції, здешевити їх і спростити експлуатацію транспортних засобів.

Електролітаки (електрольоти). Літаки є найпоширенішим авіаційним засобом. Вони відносно легкі в управлінні, мають розвинену інфраструктуру експлуатації і систему навчання пілотів. Тому не випадково, що електрифікація стосувалася літаків одними з перших.

Сторінки історії

Перший електродвигун в авіації був використаний тоді, коли літаки ще не літали. У 1883 році французький хімік і повітроплавець Гастон Тіссандьє (Gaston Tissandier) здійснив перший політ на дирижаблі La France з використанням електричного двигуна Сіменса. Він приводився в рух майже півтонною (435-кілограмовою) батареєю. Запуски електричних авіамоделей почалися з 1957 року. У 1973 році Фред Мілішка (Fred Milishka) і Хейно Брдішка (Heino Brditschka) на базі австрійського планера Brditschka HB-3 створили варіант Militky MB-E1 з електродвигуном. Брдішка в тому самому році здійснив на ньому політ тривалістю в 14 хв. (Електрический самолёт, 2017).

Уперше цілеспрямовано сконструйований електrolітак AstroFlight Sunrise піднявся в небо США в листопаді 1974 року. Щоправда, він був безпілотним (AstroFlight, 2017). Перший пілотований політ електrolітаком Mauro Solar Riser був здійснений також у США в 1979 році. Як і його найперший бензиновий попередник (тобто літак братів Райт), перший електrolітак теж був біпланом, тобто мав подвійні крила і більше нагадував невеликий дельтаплан. Потужність «бошівського» електромотора забезпечував нікель-кадмієвий акумулятор на 3,5 к. с., знятий з гелікоптера (Mauro, 2017).

У липні 1979 року свій Solar Powered Aircraft Development (Solar One), який вже більше був схожий на справжній літак, підняли в повітря британці (рис. 6.18). Його батареї змогли забезпечити майже десятихвилинний політ (Solar-Powered, 2017).



Рисунок 6.18 – Електrolітак Solar-Powered Aircraft Development (Какие, 2015)

У 1980 р. у США шкільна вчителька Джайніс Браун (Janice Brown), яка стала пілотом одного із перших літаків на сонячних панелях Solar Challenger (рис. 6.19), змогла пролетіти майже 2 милі за 14 хвилин і 21 секунду (NASA, 2014).

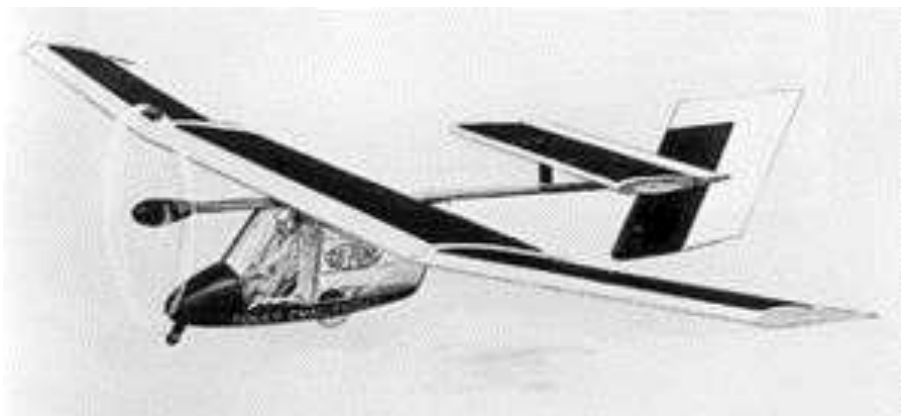


Рисунок 6.19 – Електролітак на сонячних батареях Solar Challenger (NASA, 2014)

У 1987 році подібну модель змогли підняти в повітря німці.

У 1990 році електролітак Sunseeker з сонячними панелями перетнув США, витративши на це 21 політ і 121 годину в повітрі (Електрический самолёт, 2017).

У 2010 році безпілотний літальний апарат Qinetiq Zephyr із живленням від сонячних батарей встановив світовий рекорд тривалості польоту серед подібних моделей, пробувши в повітрі два тижні (там само).

У 2012 році апарат Long-ESA встановив рекорд швидкості для літаків з електродвигуном, розігнавшись до 326 км/год (там само).

У 2001 році експериментальний безпілотний апарат Helios, створення і виробництво якого спонсорувалися NASA, зміг піднятися на рекордну висоту 29,5 км. Апарат з 75-метровими крилами, на яких розміщені сонячні батареї, був здатний протриматися ніч на накопиченій вдень енергії (рис. 6.20) (NASA, 2017).



Рисунок 6.20 – Безпілотний літак Helios (NASA, 2017)

За останній період виробництво електролітаків зробило крок далеко вперед, постійно вдосконалюючись. Зростають вантажопідйомність, швидкість і дальність польоту. Поліпшуються експлуатаційні характеристики. В наші дні почалося серійне виробництво електролітаків.

Першим серійним електролітаком став китайський Yuneec International E 430 (рис. 6.21). Його серійний випуск почався в 2012 році. Він важить

430 кг, піднімає в політ двох осіб і може заряджатися від звичайної розетки за 3–4 години. Потужність двигуна 54 к. с., швидкість – 150 км/год, максимальна дистанція на одній зарядці – 225 км, максимальна висота польоту – 3 000 м (Yuneec, 2017; Какие, 2015).



Рисунок 6.21 – Електролітак Yuneec International E 430 (Какие, 2015).

Дуже швидко конкуренцію китайцям склали німецький Schempp-Hirth Flugzeugbau (рис. 6.22) і словенський чотиримісний Panthera Electro. Останній має дальність польоту 400 км і можливість парашутного спуску літака, якщо заряд батарей непрогнозовано закінчиться (рис. 6.23).



Рисунок 6.22 – Електролітак Schempp-Hirth Flugzeugbau (Какие, 2015)



Рисунок 6.23 – Електролітак Panthera Electro (Wood, 2012)

Значна частина історії розвитку електроавіації пов'язана з літаками німецької компанії PC-Aero. Ще в 2011 її фахівці підняли в повітря одномісний електролітак Elektra One (рис. 6.24). Пізніше цей літак був оснащений додатково також сонячними панелями. У 2015 р. літак цієї моделі вилетів з Німеччини, перелетів через Альпи на висоті 3 798 м і приземлився в Австрії через 2,5 години польоту. Через 2 дні був здійснений зворотний політ. Сумарна дальність польоту становила близько 500 км. Майже 30% необхідної електроенергії забезпечували сонячні панелі на крилах, решта – літій-іонні акумулятори. Крейсерська швидкість становила понад 100 км/год. Літак здатний підняти вантаж до 100 кг (Голосуй, 2015).



Рисунок 6.24 – Електролітак PC-Aero Elektra One (Електросамолёт, 2015)

У 2017 р. передбачається розпочати серійне виробництво двомісного електролітака Elektra Two. Його випуск планується здійснювати в двох модифікаціях: з розмахами крил 14 і 17 м. Технічні характеристики для цих двох варіантів становлять відповідно: довжина перельоту – 500 і 700 км; швидкість – 140 і 120 км/год; тривалість польоту – 5 і 8 годин. Відбувається робота над створенням 4-місного літака (PC-Aero, 2017).

Французька компанія Electravía також зробила вагомий внесок у розвиток електроавіації. До 2015 року нею було виготовлено 70 електролітаків (рис. 6.25). Одному з них належить рекорд швидкості для електричних літаків (283 км/год), встановлений у Ле-Бурже в 2011 році. Літак саме цієї компанії першим з акумуляторних літаків перетнув Ла-Манш 9 липня 2015 р. У літаках використовуються літій-полімерні технології батарей. Стандар-тні одномісні моделі розвивають максимальну швидкість до 160 км/год, крейсерську – до 140 км/год, досягають набір висоти – до 3 000 м (Electravía, 2017).



Рисунок 6.25 – Електролітак Electravía Electro Light (Electravía, 2017)

Компанія Airbus спільно з фахівцями кількох французьких підприємств розробила двомісний акумуляторний літак Airbus E-FAN (рис. 6.26). Уперше він піднявся у повітря в 2014 році, а з 2017-го мав бути запущений у серійне виробництво. Максимальна швидкість літака – 220 км/год, крейсерська – 160 км/год, тривалість польоту – 1 година. Очікується, що вартість однієї льотної години буде всього 19 доларів замість 55, що має місце на бензинових аналогах (Airbus E-FAN, 2017; Чуб, 2015).



Рисунок 6.26 – Електролітак Airbus E-FAN (Чуб, 2015)

У березні 2017 року прототип електричного рятувального літака Extra 330 LE з акумуляторним живленням, розроблений концерном Siemens, під час випробувального польоту встановив два світових рекорди для електролітаків. По-перше, він розвинув швидкість до 343 км/год, а, по-друге, буксируючи планер, підняв його на висоту 600 м лише за 76 секунд. Ключем до успіху стала інноваційна силова установка: при вазі лише 50 кг вона забезпечує потужність 260 кВт. Творці переконані, що шести таких двигунів буде досить, щоб стандартний гібридний електролітак легкого класу зміг перевозити 19 пасажирів (Скрипин, 2017 г).

Перший у світі багатомісний електролайнер представила на міжнародному авіасалоні в Ле-Бурже ізраїльська компанія Eviation Aircraft (рис. 6.27). Лайнер, конструкція якого нагадує військовий безпілотник Reaper, розрахований на 6–9 пасажирів і здатний подолати на одній зарядці 965 км. Його корпус повністю виготовлений із композиційних матеріалів, тому апарат під назвою Alice важить лише 6 тонн, що робить його в 300 разів енергоефективнішим порівняно з літаками аналогічного розміру.



Рисунок 6.27 – Перший у світі електричний літак компанії Eviation Aircraft (Вайнер, 2017)

Двигун живиться від інноваційного акумулятора ємністю 980 кіловат-годин. Ймовірно, літак буде заряджати акумулятори безпосередньо в повітрі, використовуючи термічні підйоми повітря і відключаючи на цей час мотори. Заявлена крейсерська швидкість Alice – 450 кілометрів на годину, робочий підйом літака – 3 км. Новинка вже пройшла кілька тестів спільно з NASA, а всі необхідні для польотів сертифікати виробник розраховує отримати в 2018 році (Вайнер, 2017).

Літаки на сонячних батареях. Цей вид літаків зробив особливий внесок у розвиток авіації. Вони демонструють необмежені можливості автономного польоту літальних апаратів без інших джерел палива. Solar Impulse – так називається перший в історії трансконтинентальний літак, який використовує винятково енергію сонця завдяки сонячним батареям (рис. 6.28). Теоретично він здатний літати за рахунок енергії сонця необмежено довго, вдень запасуючи енергію в акумуляторних батареях і набираючи висоту. Літак розроблений швейцарською фірмою Solar Impulse. Він

має чотири двигуни, 12 тисяч сонячних батарей і величезний розмах крил (63 метри), який можна порівняти з пасажирським аеробусом Airbus A 340. Його маса – 1600 кг, крейсерська швидкість – 70 км/год, висота польоту 8 500 м, ККД сонячних батарей – 22,5%. Керівниками проекту, реалізованого на приватні гроші, стали швейцарці: інженер та бізнесмен Андре Боршберг (Andre Borschberg) і психіатр та повітроплавець Бертран Піккар (Bertrand Piccard). Саме вони згодом по черзі самі пілотували своє дітище під час його польотів (Solar Impulse, 2017; Приходько, 2014).



Рисунок 6.28 – Літак на сонячних батареях Solar Impulse (Приходько, 2014)

У фінансуванні проекту (близько 150 млн дол.) взяли участь 80 різних компаній (включаючи підприємство особисто Боршберга): від Google і хімічної корпорації Solvay до виробника швейцарських годинників Omega. Спонсори допомагали не лише грошима, а й справами. Solvay, наприклад, розробив для літака ультралегкі матеріали, а також елементи сонячних панелей, що значно підвищило їх ефективність (Пророков, 2015; Электрический самолет, 2015).

Сторінки історії

Перший політ на одномісному Solar Impulse був здійснений у грудні 2009 року. У липні 2010 року літак здійснив 26-годинний політ, зокрема 9 годин припали на нічний час. У 2012 році співкерівники проекту Піккар і Боршберг як пілоти здійснили успішний переліт спочатку зі Швейцарії до Іспанії, а потім звідти в Марокко. У 2013 р. вони з кількома посадками перелетіли через США (Джеджула, 2016; Solar Impulse, 2016).

У 2014 році була побудована вдосконалена модель електросонцельоту Solar Impulse 2. Вона містила більше сонячних елементів (17 тис.), мала потужніші мотори. Літак, як і раніше, залишався одномісним, проте були покращені умови салону. Сидіння пілота стало працювати також як туалет і як відкидне ліжко, що дозволяє пілоту спати безпосередньо під час

польоту. Останнє було життєво необхідним, адже ініціаторами проекту був задуманий новий амбітний план – кругосвітня надзвичайно ризикована подорож із кількома посадками. Вона стартувала у березні 2015 року в Абу Дабі (ОАЕ) і згідно із попереднім планом повинна було закінчитися там само в серпні того самого року. Однак життя внесло свої корективи, і успішний фініш довелося відкласти майже на рік. По черзі керуючи літаком Боршберг і Піккар здійснили з посадками переліт за маршрутом: Абу-Дабі – Маскат, Оман (441 км, 13 годин) – Ахмадабад, Індія (1485 км, 15 годин) – Варанасі, Індія (1 215 км, 13 годин) – Мандалай, М'янма (1 398 км, 13 годин) – Чунцин, Китай (1 459 км, 20 годин) – Нанкін, Китай (1 344 км, 17 годин) – Нагоя, Японія (2 600 км, 44 години) – Гаваї, США (7 212 км, 118 годин). На Гаваїх політ довелося перервати. На той час минуло майже чотири місяці з моменту його старту. Причиною вимушеної тривалої паузи стало те, що в ході рекордного перельоту над Тихим океаном деякі акумулятори через перегрів вийшли з ладу. Упродовж загального часу перельоту літак подолав понад 17 тисяч км, провівши в повітрі понад десяти з половиною діб. Під час перельоту над Тихим океаном літак пілотував Андре Боршберг, провівши в повітрі безперервно близько п'яти (!) діб. Він спав десять разів на добу відрізками по 20 хвилин, ставлячи в цей час літак на автопілот. Тут же, в кріслі, пілот їв, пив і займався фізичними вправами. Над океаном літак летів із середньою швидкістю 61 км/год.

У квітні 2016 політ продовжився: Гаваї – Маунтін, США (4 086 км, 62 години) – Фінікс, США (1 113 км, 16 годин) – Талса, США (1 570 км, 18 годин) – Дейтон, США (1 113 км, 17 годин) – Долина Ліхай, США (1 044 км, 17 годин) – Нью-Йорк, США (265 км, 5 годин) – Севілья, Іспанія (6 765 км, 71 година) – Каїр, Єгипет (3745 км, 51 година) – Абу-Дабі (2 694 км, 49 годин). Друга половина шляху зайняла трохи більше трьох місяців. За цей час літак подолав дистанцію в 22 тис. км, перебуваючи в повітрі 12 з половиною діб. Під час найдовшої дистанції над Атлантичним океаном літак пілотував Бертран Піккар, провівши в повітрі майже три доби. У цей час середня швидкість літака перевищувала 95 км/год (Джеджула, 2016; Solar Impulse, 2016).

Залишається додати, що цей переліт вимагав колосальної витривалості і мужності від пілотів. Причому не тільки під час самого польоту. Багато сил забирала також підготовка до польоту. Пілоти вивчали техніку йоги, дихання і самогіпнозу. Це дозволяло розслабитися і не втратити концентрацію уваги в замкненому просторі на настільки «марафонських», багатоденних перельотах.

Є й інші результати польоту. Отримано безцінний досвід підготовки людей, а також створення унікальних технологій і матеріалів. Досить сказати, що двигуни сонцельоту (хочеться назвати його якимось незвично) витрачають лише 3% енергії через тепло, тоді як у звичайному літаку – до 70% (Пророков, 2015).

Завершивши успішно свій кругосвітній переліт, творці сонячного електrolітака досягли головної мети – реалізації свого видатного проекту.

Вони довели, що долати відстані повітрям можна, зовсім не забруднюючи довкілля. Крім того, вони продемонстрували потенціал сонячної енергетики, що забезпечує необмежені можливості автономного польоту авіації. Він може бути використаний вже у найближчому майбутньому при створенні на подібній основі багатоцільових літальних апаратів (зокрема безпілотних) для виконання комунікаційних та моніторингових функцій.

Електрогелікоптери. Гвинтокрили займають окрему нішу в авіаперевезеннях. Програючи літакам у питомій ефективності транспортування одиниці вантажу на дистанцію, вони з успіхом компенсують це можливістю вертикального зльоту / посадки. Це означає, що порівняно з літаками вони вимагають мінімальних умов для свого приземлення або зльоту. Крім того, вони здатні виконувати багато завдань, взагалі не приземляючись, а зависаючи над необхідним об'єктом. Сфера застосування гелікоптера надзвичайно широка: від вантажопідйомних функцій у будівництві до пасажирських перевезень і незамінного засобу (зокрема рятувального) при надзвичайних ситуаціях (повені, пожежі тощо). Тому не випадково процес електрифікації авіації торкнувся і гелікоптера.

Сторінки історії

Офіційно першим електрогелікоптером вважається одномісна машина Firefly («Світлячок»), представлена компанією Sikorsky Aircraft в США у липні 2010 року (рис. 6.29).



Рисунок 6.29 – Електрогелікоптер Sikorsky Firefly (Sikorsky, 2016)

Якщо вірити інформації ЗМІ, у випробувальному польоті гелікоптер зміг пролетіти до 15 хвилин, розвинувши швидкість до 92 миль/год (близько 150 км/год) (Sikorsky, 2017).

Свою власну модель одномісного електричного гелікоптера у співпраці з компанією Tier 1 Engineering змогла створити винахідник і підприємець Мартіна Ротблайт (Martine Rothblatt) (рис. 6.30). Модель змогла протриматися в повітрі протягом 20 хв., розвинувши швидкість до 150 км/год (Fehrenbacher, 2016).



Рисунок 6.30– Електрогелікоптер Rothblatt під час випробувального польоту (Fehrenbacher, 2016)

Однак схоже, що наразі найуспішнішою і перспективною необхідно визнати модель двомісного мультикоптера (таку назву отримала машина з кількома підйомними гвинтами), створена німецькою компанією E-VOLO (E-Volo VC 200) (рис. 6.31). Лише вона має в активі кілька регулярних польотів, продемонструвавши в небі достатню стабільність. У 2013 р. відбувся



Рисунок 6.31– Електричний мультикоптер Volocopter VC 200 (Лучший, 2013)

перший безпілотний політ дослідного зразка, а в березні 2016 р. – перший пілотований політ (Volocopter, 2017; Лучший, 2013).

Фактично ми маємо справу з новим типом літального апарата. Він може підтримувати крейсерську швидкість близько 100 км/год і набирати висоту до 2 000 м. Наразі тривалість польоту не перевищує 20 хв. Розробники готуються перейти до серійного випуску і сподіваються, що серійні зразки зможуть перебувати в повітрі не менше години. Перевагою гелікоптера є його відносна безпека. Велика кількість двигунів знижує ймовірність аварії. У разі відмови кількох двигунів є додаткова батарея для аварійної посадки, а також парашут, здатний пом'якшити її в разі відмови всіх двигунів. Машина дуже проста в управлінні. Політ можна контролювати одним джойстиком з парою кнопок. Всі операції зі стабілізації апарата в повітрі покладено електроніку. Апарат легко розбирається і збирається, що дозволяє зберігати його в невеликому приміщенні. Можливий режим автопілоту і дистанційне керування. Згодом такі машини зможуть замінити гелікоптери і особисті автомобілі.

Перший етап розвитку електричної авіації наочно продемонстрував об'єктивні труднощі на цьому шляху. Зокрема, тут малоприматна механічна заміна бензинового двигуна на електричний. При незрівнянному розмірі допустимої ваги у них просто незрівнянні розміри потужностей. Адже у літальних апаратів на відміну від інших транспортних засобів значна частина потужності витрачається на підтримання апарату в повітрі. З цієї самої причини не підходить механічне нарощування потужності батарей для збільшення дальності перельоту, що, наприклад, з успіхом застосовується в автотранспорті для збільшення дальності поїздок на одній заправці. Літак або гвинтокрил повинні залишатися легкими, щоб не втратити свої льотні якості.

З урахуванням зазначеного розвиток електричної авіації відбувається за такими напрямками: максимального скорочення ваги літальних апаратів (зокрема, за рахунок застосування нових матеріалів); створення нових, більш ефективних двигунів (зокрема більш легких на одиницю потужності); створення більш ефективних акумуляторів (зокрема більш легких на одиницю ємності); поєднання акумуляторних і сонячних джерел енергії; гібридизації апаратів (тобто поєднання електричних та бензинових двигунів); інтеграції водневих схем акумуляції та використання енергії в сонячну систему живлення; використання нових форм літальних апаратів.

6.5. Електрифікація водного транспорту

Судна є найдавнішим видом транспорту. Не випадково про їх електрифікацію люди замислювалися ще тоді, коли інших транспортних альтернатив (автомобіля і літака) просто не існувало. Втім, тоді ще не існувало й іншої альтернативи (двигуна внутрішнього згоряння) для електродвигуна.

Адже ДВЗ з'явився лише в середині ХІХ століття, коли електродвигун вже використовувався на повну потужність.

Сторінки історії

Мабуть, зовсім не випадково думка про використання електродвигуна на водних судах прийшла в голову саме його винахіднику – російському фізику німецького походження Моріцу Герману Якобі (Moritz Hermann von Jacobi, російською – Борис Семенович Якобі). У 1834 році в Кенігсберзі він побудував свій електродвигун. А вже в 1839 році його моторний човен, що приводився в рух 69 гальваноелементами, в присутності самого імператора Миколи І розвинув потужність в 1 к.с. і з 14 пасажирами проплив Невною проти течії. Це було перше використання електродвигуна на транспорті.

У 1880 році француз Густав Труве (Gustave Trouve), встановивши на човні пропелер, продемонстрував реальні можливості пересування на електродвигуні. А в 1882 році свідки на Темзі змогли спостерігати за 7-метровим електрочовном австрійця Антоні Рекенцауна (Anthony Reckenzaun). Човен зміг розвинути швидкість до 8 миль за годину (тобто майже 13 км/год). З того часу електродвигун у судноплавстві постійно удосконалювався (Electric boat, 2017).

Наразі електродвигуни широко використовуються на флоті. Вони застосовуються в сотнях модифікацій моторних човнів, катерів, прогулянкових суден, пасажирських кораблів, підводних човнів. Фактично сучасні атомні субмарини і криголами є електросудами. Тільки енергія для їхніх двигунів виробляється тут же – на борту судна. Досить ефективні рішення знаходяться при поєднанні ДВЗ з електродвигунами. Застосування гібридних схем дозволяє підвищити ефективність використання палива на 30–35%.

Флот не стоїть осторонь і від більш радикальних досягнень Т.п.р. Для прикладу можна навести кілька успішно реалізованих проектів.

PlanetSolar Türanor. Німецькі інженери збудували найбільший у світі корабель, що працює на сонячних батареях, під назвою PlanetSolar Türanor (рис. 6.32). Він являє собою величезний катамаран довжиною 31 м, шириною 15 м і висотою 6 м (Türanor, 2017).

Корпус його складається цілком із пластмас, армованих вуглецевим волокном. Судно побудоване фірмою Knierim Yachtbau GmbH в Кілі. Його конструктор – новозеландець Крег Лумес із фірми Lomosean Design. Ініціатором і спонсором проекту вартістю 14 млн євро став підприємець Іммо Штрюер з Дармштеттера, якому належить швейцарська інвестиційна компанія Rivendell, а також берлінське підприємство з виробництва сонячних панелей яке надало сонячні колектори для корабля.

Площа сонячних панелей становить 527 кв.м, 825 модулів містять близько 38 000 сонячних батарей. Це забезпечує потужність 127 к. с., що

дозволяє розвивати середню швидкість до 7 вузлів (приблизно 13 км/год). Максимальна швидкість може досягати 14 вузлів.



Рисунок 6.32 – Катамаран PlanetSolar Türanor (Самое большое, 2017)

Інноваційними є не лише форма і конструкційні матеріали, але і акумуляторна система. Зокрема, були застосовані високоефективні літійові батареї. Шість акумуляторних блоків накопичують енергію в 1,1 МВт-годину і важать 11 тонн. Але якби тут використовувалися звичайні автомобільні батареї такої самої ємності, вони б важили 77 тонн. Для кріплення сонячних панелей також були використані інноваційні матеріали (зокрема, клей). Судно сконструйовано так, що обидва поплавці, на яких тримається корпус корабля, при хвилюванні на морі розрізають хвилі, а не сходять (піднімаються) на них, що забезпечує стійкість судна.

Сонячний катамаран був спущений на воду в Кілі в березні 2010 року. І вже у вересні він відправився в кругосвітнє плавання, яке успішно завершилось (рис. 6.33).



Рисунок 6.33 – Маршрут кругосвітнього плавання PlanetSolar Türanor (Самый большой, 2017)

Міжнародний екіпаж складався з шести осіб. За час плавання було встановлено кілька рекордів, включаючи рекорд дальності плавання і швидкості перетину Атлантики. Останній був побитий ним же в 2013 році і становив 22 дні 12 годин 32 хвилини (Самое большое, 2017).

SolarWave. Електрокатамаран підвищеної комфортності (рис. 6.34) став спільною розробкою швейцарської компанії SolarWave AG і турецької Imesag, яка виробляє електродвигуни. Судно оснащено електродвигунами потужністю 260 кВт, комплектом акумуляторів на 80 кВт-год і двома майданчиками сонячних панелей загальною потужністю 15 кВт.



Рисунок 6.34 – Електрокатамаран SolarWave (Красильникова, 2016 б).

Максимальна швидкість корабля становить 15 вузлів (28 км/год), а крейсерська – 5 вузлів (9 км/год). При останній катамаран може рухатися необмежено довго, адже починає працювати винятково в режимі сонячних батарей. У резерві у власників корабля є і дизельний двигун, який може бути активізований, наприклад, при трансатлантичній подорожі.

За ціною катамаран може зрівнятися з елітної яхтою; мінімальна ціна – 2,5 млн євро. На його борту – чотири каюти, кожна з власною ванною. Перший електрокатамаран спущено на воду в 2016 році, другий планувалося спустити в першій половині 2017 року. Всього прийнято замовлень на 9 кораблів. Є три варіанти виготовлення судна: завдовжки 16, 19 і 22 м (Красильникова, 2016 б).

Energy Observe. Це судно (рис. 6.35) унікальне тим, що, по-перше, воно повністю автономну (зважаючи на енергозабезпечення), а, по-друге, в ньому представлено використання відразу кількох форм альтернативної енергії: сонце, вітер для електрогенератора, вітер для вітрила і водень (як засіб акумуляування енергії і палива). За аналогією з сонячним електролітаком його назвали «Solar Impulse of the Sea».

«Energy Observer» створений у Франції. Над проектом протягом трьох років працювало 30 осіб: конструктори, інженери, моряки. Роботи велися на північному заході Франції – в Сен-Мало, де корабель був спущений на воду в січні 2017 році (Energy Observer, 2017; «Зелёный», 2017).



Рисунок 6.35 – Катамаран Energy Observer («Зелёный», 2017)

На катамарані довжиною 30 м і шириною 13 м встановлені сонячні панелі, вітрогенератори і система паливних елементів на базі водню. Для можливості пересування в разі виходу з ладу бортових джерел живлення човен обладнали кайтом (вітрилом у формі повітряного змія), який за необхідності буде виконувати роль вітрила. Передбачувана швидкість – 8–10 вузлів (тобто 15–18 км/год). Планується, що 130 кв.м сонячних батарей і 2 вітрогенератори будуть живити 2 електричні мотори в сонячні години та/або у вітряну погоду. Вночі або при безвітряній погоді двигуни будуть працювати на водні. Останній буде генеруватися з води (реакція електролізу) за рахунок надлишку виробленої енергії (Первый в мире, 2016).

В 2017 р. почалася навколосвітня подорож корабля. Маршрут проляже через 50 країн (100 портів) і, як очікується, може тривати 6 років. Планується, що на борту катамарана буде 4 професійних моряка, а також інженер і оператор, які поширюватимуть мультимедійний контент у мережі. Як і «Solar Impulse», цей проект фінансується на приватні кошти. Професійні моряки Фредерік Даїрел (Frederic Dairel) і Віктор Еруссар (Victorien Erussard), а також аквалангіст Жером Далафосс (Jerome Delafosse) витратили 5 млн євро. До речі, останні двоє вирушили в кругосвітнє плавання як керівники експедиції («Зелёный», 2017).

Над створенням власної яхти на сонячній енергії працює британська фірма Duffy London. Запроектоване морське судно обіцяє розвивати максимальну швидкість до 45 вузлів (тобто понад 83 км/год – небачена швидкість!), отримуючи енергію від сонячних батарей. Яхту вартістю 33 млн дол. планують представити в 2020 році (Красильникова, 2016 б).

Як бачимо, сестейнізація судноплавства являє собою широкий фронт наукових досліджень і прикладних робіт, в якому практичні економічні результати щодо підвищення ефективності транспортних операцій сьогоднішнього дня супроводжуються технологічними проривами, що забезпечують революційні перетворення вже в недалекому майбутньому. Описані інноваційні проекти зі створення та практичного використання суден з

альтернативними джерелами енергії необхідно розглядати як експериментальні лабораторні майданчики, де з'являються нові матеріали, технології, джерела енергії і знання фахівців.

6.6. Перехід транспорту на водень

Перехід транспорту на водневі джерела живлення є ще одним актуальним напрямком екологізації транспорту. На сьогодні використовуються три основних напрямки застосування водневого палива на транспорті.

Перший базується на застосуванні водню в *звичайних двигунах* внутрішнього згорання з невеликим їх доопрацюванням. Останні можуть працювати на чистому водні або на його суміші зі звичайним паливом. В обох випадках підвищується ККД двигуна (на 20–25%) і знижується вміст шкідливих речовин у викидах (окису вуглецю і вуглеводів до 1,5 раза, а окислів азоту – до 5 разів).

Другий напрямок має гібридний характер, адже передбачає *поєднання електродвигуна і ДВЗ*. Останній використовується для зарядки акумулятора, від якого працює електродвигун. ДВЗ працює на водні або суміші водню з бензином. Це також дозволяє істотно (іноді на 20–30%) підняти ККД всієї системи двигунів і підвищити ступінь екологічності транспортного засобу.

Третій напрям пов'язаний із використанням чисто водневого двигуна, що працює від так званого *паливного елемента*. Останній являє собою електрохімічний пристрій, в якому молекули водню не горять, з'єднуючись з киснем, а за допомогою мембрани за наявності каталізатора поділяються на позитивні й негативні заряди (протони та електрони). Таким чином, у водневих паливних елементах відбувається перетворення хімічної енергії палива (водню) на електрику, минаючи малоефективні, що відбуваються з великими втратами, процеси горіння. Наразі вдалося вже створити двигун на паливних елементах, в яких ККД досягає 75%, тобто є вдвічі вищим, ніж у звичайних ДВЗ (Водневий, 2017; Водородный транспорт, 2017).

З названих трьох напрямків перевагу все більше надають третьому.

Сторінки історії

Перехід транспорту на *водень* – це значною мірою його повернення до своїх витоків (хоча і на новій основі), адже перший двигун внутрішнього згорання і перший автомобіль були водневими.

У 1807 р. французько-швейцарський винахідник Франсуа Ісаак де Ріваз (François Isaac de Rivaz) побудував перший поршневий двигун, який часто називають «двигуном де Ріваза». Двигун працював на газоподібному водні, маючи елементи конструкції, які з того часу використовуються в ДВЗ: поршневу групу та іскрове запалювання (щоправда в ньому не було

кривошипно-шатунного механізму). Де Ріваз побудував і перший саморухо- мий візок на своєму двигуні (Двигатель, 2017).

Перший придатний для практичного використання двотактний газо- вий ДВЗ (12 к. с.) був створений у 1860 році французьким механіком бель- гійського походження Етьєном Ленуаром (Jean Joseph Etienne Lenoir). Дви- гун також значною мірою можна вважати водневим, адже він працював на суміші повітря і світільного газу (водень – 50%, метан 34%, окис вуглецю 8%, інші горючі гази, що одержують при піролізі вугілля або нафти). У конструкції вже з'явився кривошипно-шатунний механізм. Двигун викорис- товувався здебільшого чином на човнах.

Відкриття в 1838 році воднево-кисневого *паливного елемента* (ПЕ) належить англійському вченому В. Грове (William Grove). Досліджуючи роз- кладання води на водень і кисень, він виявив побічний ефект: електролізер виробляв електричний струм. Уперше ідея використання ПЕ в енергетиці була сформульована німецьким ученим В. Освальдом (Wilhelm Oswald) у 1894 році. В 1930 роки в Німеччині був створений лабораторний прототип ПЕ. А в 1950 роки у Великобританії і США проводилися дослідження зі створення промислових зразків ПЕ (Fuel cell, 2017). Паливні елементи знайшли практичне застосування на космічних кораблях «Аполон». Вони були основними енергоустановками для живлення бортової апаратури і за- безпечували космонавтів водою і теплом. Наразі існує близько десяти ос- новних видів паливних елементів, які розрізняються за електролітом і ви- дом палива. Зокрема, називають такі види ПЕ: фосфорно-кислотні, мем- бранні, твердооксидні, твердополімерні, лужні, твердокислотні й інші (Топ- ливный элемент, 2017).

У цілому використання водню на транспорті теоретично може вести відлік від початку польотів «шарлієра» (фр. Charliere) – аеростата, напов- неного воднем (пізніше – гелієм або іншими газами, легшими за повітря). Перший такий політ на аеростаті власної конструкції з екіпажем здійснив французький професор – фізик Жак Шарль (Jacques Alexarde Cesar Charles) на Марсовому полі в Парижі в серпні 1783 році. Пізніше той самий принцип був застосований при створенні дирижаблів (Шарль, 2017).

У блокадному Ленінграді використовувалися обидва згаданих напрям- ки. Воднем наповнювалися загороджувальні аеростати і через дефіцит бензину на водні працювало близько 600 автомобілів. Вони, до речі, за- правлялися воднем з аеростатів, які вже відслужили (Водородный транс- порт, 2017).

Кілька аварій дирижаблів надовго відбили бажання мати справу з воднем. Найбільш гучною є катастрофа у 1939 році повітряного корабля «Гінденбург», в якому після завершення трансатлантичного рейсу в США при приземленні від миттєвої іскри спалахнув водень. У пожежі загинуло 35 із 97 пасажирів, що знаходилися на борту.

До 1970 років шок від водневих аварій став поступово забуватися. До того ж почали з'являтися нові, більш безпечні технології експлуатації вод- невого транспорту. Нафтова криза істотно стимулювала роботи з викорис- тання водню на транспорті.

Перший сучасний водневий транспортний засіб було створено в США в 1959 році на паливних елементах. Останні були встановлені на трактор. У 1962 році з'явився водневий автомобіль для гольфу (Водородный транспорт, 2017).

У 1972 році фахівці університету Майамі (США) переробили звичайний автомобіль під застосування водневого палива. У 1975 році в Ріверсайді, штат Каліфорнія (США), почав курсувати міський автобус, який працював на водні. Починаючи з 1985 року, кілька моделей водневих автомобілів став випускати «Мерседес». Після цього багато успішних водневих модифікацій почали випускатися автомобілевиробниками США, Японії, Німеччини, Канади (Но безопасно, 2015).

У 1970–1980 роки дослідження з переведення транспорту на водень проводилися в Харківському інституті проблем машинобудування (ІПМ) НАН України. Були створені експериментальні зразки всього спектру автотранспортної техніки, починаючи з легкових автомобілів, мікроавтобусів, міських маршрутних автобусів і закінчуючи автовантажною технікою для роботи в складах і в трюмах. Інститут розробив системи зберігання водню і його використання як палива. З середини 1980 років у Харкові стали курсувати перші в світі таксі на водневому паливі. Експеримент тривав півтора року. Значною мірою результати харківських досліджень можна вважати науково-технологічним проривом. На жаль, через політичні й економічні зміни в країні роботи не вийшли за рамки експериментальних (Гаташ, 2005).

З існуючих проблем розвитку водневого транспорту найбільш серйозні пов'язані з трьома сферами: отримання водню, його зберігання і формування достатньої інфраструктури для обслуговування, передусім системи заправок.

Виробництво водню. На сьогодні використовуються кілька напрямків отримання водню і всі вони далекі від досконалості.

Найбільш масштабним (500 млрд куб. м світового виробництва щороку) є виробництво на основі парового риформінгу природного газу. Метан при високій температурі (900 °С) за наявності нікелевого каталізатора реагує з парою. В результаті газова суміш, яка містить водень, вуглекислий газ, пари води і метан, розділяється на водень та інші гази. Наразі подібним способом виробляється близько половини всього водню. Отриманий водень використовується головним чином у промисловості (виробництво добрив, сталі, скла, маргарину тощо). Поки такий водень найдешевший.

При термохімічному способі водень отримують з біомаси, яку нагрівають (від 500 °С до 1 000 °С) без доступу кисню. В біохімічному процесі водень виробляють бактерії. Якщо застосовувати різні ензими для прискорення виробництва, процес може відбуватися при температурі 30 °С. Проводяться дослідження з отримання водню зі сміття шляхом його анаеробного зброджування або піролізу. Зокрема, за даними Лондонського водневого партнерства, з лондонського сміття можна щодня виробляти 141

тонну водню, що достатньо для роботи понад 13 000 автобусів з ДВЗ (Производство водорода, 2017).

Вчені Каліфорнійського університету в Берклі (США) досліджують процеси отримання водню з водоростей. Такі реакції відбуваються при нестачі водоростям кисню і сірки.

Одним з найбільш перспективних напрямків є отримання водню при електролізі води (розщеплення води на водень і кисень). Істотною проблемою є низька ефективність процесу. Зокрема, для виробництва 1 куб. м водню необхідно витратити 4 кВт електроенергії, в той час як при його згорянні можна отримати лише вдвічі меншу кількість енергії (Водневий, 2017). Цей метод стає актуальним лише за наявності безкоштовної енергії, тобто такої, що, по-перше, не вимагає для свого виробництва копалин енергоресурсів, а по-друге, з різних причин виявляється незатребуваною в певний період часу. Така енергія може з'явитися лише за наявності достатньої кількості відновлюваних енергоресурсів.

Безумовно, кожен з наведених методів має багато проблем. Загальним у них є відносна дорожнеча виробленого водню. Однак з кожним роком технології удосконалюються. Результатом є здешевлення водню. Особливо необхідно виділити метод електролізу води, який можна налагодити скрізь, де є дешеве джерело енергії (наприклад, сонце чи вітер), а також вода в рідкому і навіть газоподібному стані.

Особлива увага приділяється методам, що дозволяють отримувати водень у домашніх умовах. Причому, в цьому напрямку вже отримані позитивні результати.

Зазираючи за горизонт технологій, що використовуються сьогодні, необхідно згадати про низку досліджень, які можуть принести відчутні результати в більш віддаленому майбутньому.

Вчені університету Індіани на основі технологій генетичної модифікації працюють над створенням на клітинному рівні своєрідного біологічного «нанореактора» з виробництва водню. Він обіцяє виявитися на порядок ефективнішим, ніж існуючі біохімічні технології. Якщо практичні випробування підтвердять наукові результати, це буде означати істотний прорив в екологізації технології виробництва водню, адже його можна буде отримувати при кімнатній температурі в ході простої реакції бродіння. Метод повинен істотно здешевити виробництво водню (Барабаш, 2016).

Компанія Boeing запатентувала літак, що працює на енергії термоядерних вибухів. Основний елемент пристрою – лазери, що вдаряють по дейтерію і тритію – радіоактивних елементах водню, які потрапляють в камеру згорання. В результаті буде відбуватися ядерна реакція синтезу, що нагадує невеликий термоядерний вибух. Продукти реакцій (водень або гелій) будуть виходити через сопло двигуна, створюючи тягу. Крім того, буде значною мірою виділятися теплова енергія, яка приводить до руху лазери (Boing, 2015).

Зберігання водню. Для зберігання водню використовуються три основні методи. Водень зберігається: 1) як стиснений газ у ємностях високого тиску, 2) в рідкому стані в теплоізольованих судинах (для підтримання його низької температури) і 3) в гібридах – хімічних сполуках з деякими металами і сплавами, які адсорбують у собі водень.

Останній метод є унікальним у тому сенсі, що може використовуватися лише для водню. Ніяке інше паливо не може зберігатися так само. Гідридуотворювальні метали вбирають його, як губка воду. Інакше кажучи, вони можуть дуже компактно зберігати водень (Но безопасно, 2015).

У 2016 році американський журнал *Physical Review Letters* повідомив про дуже перспективні дослідження харківських учених Ніни Крайнюкової та Євгена Зубарева. Вони працюють над створенням вуглецевих «стілників» з графену. Маючи об'ємну структуру (рис. 6.36), вони здатні бути ефективними «ємностями» для адсорбції (вбирання) і зберігання водню. Це відкриває шлях для його зберігання за нормальної температури, що може привести до значного здешевлення експлуатації водневого транспорту (Maciel, 2016). Як відомо, способи, що існують для зберігання водню (або в газоподібному стані при дуже високому тиску, або в рідкому – за дуже низьких температур), пов'язані з витратами величезної кількості енергії.

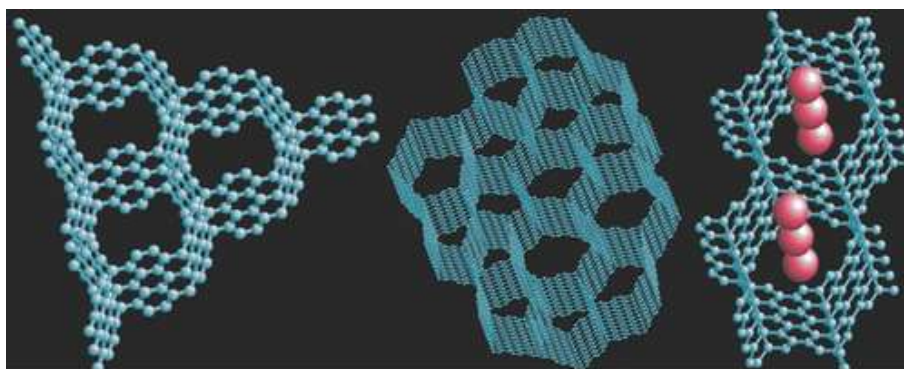


Рисунок 6.36 – Структури графенових стільників (Maciel, 2016)

У наукових дослідженнях і практичній діяльності відпрацьовується інструментарій використання всіх трьох згаданих методів. При цьому вдосконалюються і прийоми безпечної роботи з воднем. Хоча необхідно враховувати, що підвищення рівня безпеки пов'язане з подорожчанням технологій, що застосовуються.

Небезпека використання водню як палива пов'язана з двома факторами: високою його летючістю (він може проникати через невеликі отвори і пори) і легкістю займання. Перше може посилювати друге, якщо існує небезпека заповнення замкнених просторів. При дотриманні заходів безпеки перше може виявитися виграшним моментом, якщо згадати, яких

збитків завдавали розливи традиційних енергоносіїв (зокрема, нафти). Водень всього лише випаровується.

Створення інфраструктури. Будь-які спроби перейти на водневе паливо нездійсненні без адекватної інфраструктури, яка включає в себе передусім мережу відповідних заправок. Усвідомлюючи це, країни, що розвивають водневий транспорт, створюють у себе достатню кількість заправок.

Зокрема, Німеччина, маючи на 2017 рік близько 60 заправок, збирається довести їх кількість до 100 до 2020 року; Японія, використовуючи механізми державної підтримки, до 2017 року довела кількість заправок до 100; Корея, маючи порівняну з Японією кількість заправок, планує довести її до 160 до 2020 року; Великобританія, маючи на 2017 рік понад 20 заправок, планує збільшити їх кількість до 65 до 2020 року. Свої програми розвитку водневої інфраструктури мають й інші європейські країни (Данія, Франція, Ісландія).

Починаючи з 2014 р., деякі автовиробники, стимулюючи споживачів переходити на водневі автомобілі, почали реалізовувати трирічні програми безкоштовних заправок водневих автомобілів. Очікувана вартість водневого палива приблизно 10 доларів за 1 кг на ринку США (25 забавних фактов, 2014). Один кг водню вважається таким, що за енергетичною цінністю дорівнює 3,8 л бензину (Водородный транспорт, 2017).

Автомобілі на водні. Наразі більшість провідних автомобільних компаній виробляють і випробовують авто з силовими установками на водневих паливних елементах. Серед них необхідно виділити: Ford, Honda, Hyundai, Nissan, Toyota, Volkswagen, General Motors, Daimler. На виробництві паливних елементів спеціалізуються компанії Thor industries і Irisbus.

Легкові авто. Перший у світі серійний легковий автомобіль на паливних елементах (Toyota Mirai) надійшов у продаж у кінці 2014 року. Щоправда, він є гібридним (Водородный транспорт, 2017).

Toyota Mirai. Крім своєї абсолютної екологічної чистоти (під час роботи на водні), автомобіль підтверджує анонсовані високі експлуатаційні характеристики. Пробіг на одній заправці досягає 650 км. Період поповнення запасу водню становить лише 3 хвилини. Автомобіль продається в Японії, Німеччині, Данії, Бельгії, Нідерландах, Норвегії, Швеції (Toyota Mirai, 2017).

Ще одним помітним явищем став випуск водневого позашляховика Colorado ZHZ. У 2016 році компанія Chevrolet представила новий військовий позашляховик із водневими паливними елементами. Він пересувається за допомогою електромоторів, що живляться від водневих паливних елементів. Крім того, він може служити електрогенератором, видаючи потужність від 25 до 50 кВт. Продуктом його роботи є вода, яку можна використовувати. Це важливо при проведенні військових операцій у посушливих районах, наприклад, пустелях. Перевагами автомобіля є також його безшум-

ність та низька «помітність» у тепловому спектрі. Він має значну дальність пробігу порівняно із звичайними електромобілями (Chevrolet, 2016).

Водневий автобус. Міський автобус одним із перших став масово освоювати водневе паливо. І для того, мабуть, існують вагомі причини. Перша з них – екологічна. Автобус, як правило, переміщається густонаселеними територіями, де шкода від забруднення повітря (зокрема, здоров'ю населення) особливо відчутна. Екологічна чистота водневого палива та економія на екологічних збитках значною мірою компенсують досить недешеві показники експлуатації водневих автобусів. Іншою причиною є економічна спроможність муніципалітетів багатьох міст, які можуть дозволити собі додаткові витрати на користь екологічної чистоти повітря на своїх територіях.

Сторінки історії

Першим містом, на вулиці якого вийшов водневий автобус, був Мадрид (травень, 2003 р.). Незабаром його прикладу послідували Гамбург (Німеччина), Перт (Австралія) та Рейк'явік (Ісландія). У 2006 році 14 водневих автобусів з'явилися на вулицях Берліна. В 2016 році їх кількість зросла до 40 (Лондон, 2010; Водородный транспорт, 2017).

У 2017 році компанія Тойота почала продаж водневих автобусів (Toyota FC BUS) на паливних елементах. До початку Олімпійських ігор у Токіо в 2020 році планується випустити до 100 таких автобусів.

Автобус вміщує 10 паливних баків, в яких зберігається до 600 л водню. Автобус розрахований на перевезення 77 пасажирів (26 сидячих і 50 стоячих місць). У рух він приводиться двома установками по 113 кВт кожна. Така продуктивність дозволяє автобусам виконувати функцію допоміжного генератора електроенергії на випадок стихійних лих (Водородные автобусы, 2016).

Китайська компанія Zhongzhi New Energy Vehicle розробила водневий автобус на паливних елементах, що вміщує 106 пасажирів. На його підзарядку необхідно від 5 до 10 хвилин. Запас ходу досягає 380 км. Машина має дуже низький рівень внутрішнього шуму. Автобус оснащений електронними системами активної безпеки, які допомагають забезпечувати стеження: по-перше, за транспортом, що йде попереду, по-друге, за пішоходами в мертвих зонах, по-третє, за рухом по заданій смузі (Гоголев, 2017).

Воднева вантажівка. На кінці 2016 року американська компанія Nikola Motor презентувала перший прототип водневої вантажівки Nikola One (рис. 6.37). Вона являє собою фуру вантажопідйомністю понад 15 тонн, що приводиться в рух електроприводом з батареєю ємністю 320 кВт·год. Енергією забезпечує в ролі своєрідного підсилювача блок

водневих паливних елементів (ВПЕ). Спочатку планувалося, що паливом для підсилювача буде природний газ. Але в такому поєднанні не забезпечувалася 100-відсоткова екологічна чистота. Вантажівка має запас ходу майже 2 000 км.



Рисунок 6.37 – Воднева вантажівка Nikola One (Nikola One, 2016).

Компанія планує сама виробляти водень за допомогою сонячних електростанцій (СЕС) та електролізу води, створивши для цього до 2020 року 50 СЕС. Вона також збирається створити мережу водневих заправок (понад 300 станцій) у Північній Америці (рис. 6.38). Початок експлуатації перших станцій очікується в другій половині 2019 року. Час заправки не повинен перевищувати 15–20 хв.



Рисунок 6.38 – Запланована мережа водневих заправок компанії Nikola Motors (Nikola One, 2016).

По-своєму унікальними є умови, що встановлює виробник для споживачів своєї продукції. Ані вантажівки, ані паливо для них продаватися не будуть. За абонентну плату (від 5 до 7 тисяч доларів за місяць) виробник передає споживачеві вантажівку з повним її обслуговуванням (включаючи

безкоштовне заправлення воднем). Після 7 років експлуатації або пробігу в 1 млн миль (1,6 млн км) водій зможе продовжити оренду вже з новою машиною.

Ексклюзивним постачальником та сервісним центром у Північній Америці оголошено компанію Ryder System, що володіє мережею з 800 пунктами техобслуговування. Передбачається також створення сервісу для перевезення вантажів, зокрема незалежними водіями, які зможуть брати електричні тягачі (випускаються тією самою компанією) в лізинг.

Початок серійної експлуатації водневої вантажівки намічено на 2020 рік. На той час передбачається спільно з виробником великих вантажівок Fitzgerald виготовити перші 5 000 машин (Nikola One, 2016).

Водневий потяг. У 2016 році французька транспортна компанія представила на поки що найдовшій в світі дистанції потяг з водневими двигунами. Його планувалося запуснути в регулярні поїздки з кінця 2017 року. Однієї заправки воднем вистачає на 800 км шляху. Максимальна швидкість потяга становить 140 км/год.

Потяг курсуватиме шляхами в Нижній Саксонії. При позитивності експерименту подібні запуснуть і в інших районах Німеччини. Зацікавленість в подібних потягах проявили також у Нідерландах, Данії, Норвегії (В Германії, 2016).

Водневі локомотиви функціонують у США з 2009 року. Японія запустила потяг на водневих паливних елементах в 2010 році. Дальність його пробігу на одній заправці становить 300–400 км. Потяг здатний розвивати швидкість до 120 км/год (Водородный транспорт, 2017).

Водневий трактор. Перший водневий трактор NH2 створено фахівцями італійської компанії FIAT (CRE) на основі серійної моделі New Holland T 6.140 (рис. 6.39).



Рисунок 6.39 – Водневий трактор NH2 (Первый в мире, 2016).

Трактор може використовуватися в усіх видах польових робіт: підготовці ґрунту, посіві, зборі врожаю та його транспортуванні. Він оснащений трьома блоками паливних елементів потужністю 100 кВт (що можна порівняти з дизельним двигуном 120 к. с.). Вони живлять струмом два електродвигуни. Один – використовується для руху, другий – для приводу сільгоспобладнання. Максимальна швидкість – 50 км/год. Паливо зберігається в газоподібному вигляді під тиском 350 атмосфер. Бак вміщує 8,2 кілограма водню. Цього достатньо для 3 годин роботи в полі. Сьогодні трактор проходить польові випробування (Richard, 2011; Первый в мире, 2016).

Водневий літак. Популярний європейський перевізник EasyJet проводить випробування нового гібридного літака, який об'єднав у собі всі три види енергозабезпечення: звичайні двигуни, водневі паливні елементи і сонячні панелі з електроаккумуляторами.

Водневі елементи будуть накопичувати енергію під час гальмування або приземлення. Вона буде використовуватися під час руху літака по землі або коли його двигуни будуть вимкнені. За рахунок цього буде заощаджуватися близько 4% палива. Крім того фюзеляж обладнають сонячними панелями, які будуть служити додатковим джерелом для зарядки аккумуляторів. Передбачається, що гібридний літак зможе економити до 50 тисяч тонн палива на рік (Smith, 2016).

Літак з твердопаливними гранулами. У Шотландії відбувся політ літака (безпілота), що використовує як паливо водень, «упакований» у тверді гранули.

Самі гранули складаються з хімічної речовини, здатної адсорбувати, а при нагріванні виділяти водень. Паливний контейнер містить 100 твердих гранул і легший у три рази, ніж порівнянні з ним за енергетичною здатністю літєві батареї. Випробувальний політ тривав лише 10 хв., хоча палива вистачило б на дві години польоту. Нові паливні гранули розроблені британською фірмою Cella. Вони можуть знайти широке застосування в цивільній авіації (First flight, 2016).

Водний транспорт. За рахунок відносно менших обмежень у своїх габаритах водний транспорт має більше можливостей для розвитку відновлюваних джерел енергії, включаючи водневе паливо (про що вже йшлося в розділі 6.5). Зокрема, на суднах можуть бути розміщені вітрові генератори і сонячні панелі. Отримана енергія може бути використана для виробництва на самому судні водневого палива (добре, що необмежене джерело ресурсів – вода – знаходиться «під рукою»). Такі можливості використовуються суднобудівниками вже багатьох країн (рис. 6.40).



Рисунок 6.40 – Німецький танкер Hydrogen Challenger (водень виробляється на борту за рахунок енергії вітру) (Водородный транспорт, 2017)

Для впровадження водневих паливних елементів у морський транспорт в Європі в 2003 році був створений консорціум FellowSHIP (Fuel Cells for Low Emissions Ships). До консорціуму FellowSHIP входять компанії Det Norske Veritas (DNV), Eidesvik Offshore, MTU CFC Solutions, Vik-Sandvik і Wärtsilä Automation Norway (Водородный транспорт, 2017).

У Німеччині та Іспанії будуються підводні човни на паливних елементах. Їх застосування дозволяє скоротити рівень шуму і збільшити час перебування під водою. Ісландія планує перевести на водень усі риболовецькі судна (там само).

Електроенергія або водень? Представлений матеріал дозволяє зробити висновок, що наразі на транспорті відбувається своєрідне змагання двох альтернативних видів енергії: електрики й водневого палива. Кожен з них має свої переваги і недоліки.

Зокрема, водневий напрям поки програє електричному (а в деяких випадках і традиційному паливному) у вартісному відношенні. На жаль, виробництво водню, його зберігання та забезпечення надійних умов безпеки є досить енергоємними процесами, а тому – надто дорогими. Стрімкий науково-технічний прогрес тим часом створює реальні передумови для фундаментальних та прикладних проривів, що дозволяють значно здешевити процеси використання водню. Істотне здешевлення відновлюваної енергії і створення неенергоємних безпечних процесів зберігання водню (наприклад, при кімнатній температурі) розкривають значні перспективи для водневих технологій. Відновлювана енергетика не може працювати без значних перепадів виробництва енергії, коли періоди її перевиробництва змінюються загостренням енергетичного голоду. Перше відбувається за сприятливих природних умов (сильний вітер, сонячна погода) і зниженні енергоспоживання (свята, спад економічної активності, ін.). Друге настає за несприятливих природних умов і посиленні енергоспоживання.

У такій ситуації можуть виявитися переваги водневого палива, яке може виступити в ролі зручного акумулятора. Надлишок відновлюваної енергії з нульовими змінними витратами (не потрібно витратити паливо на її виробництво) може бути використаний на дешеве виробництво водню (наприклад, шляхом електролізу води). Якщо до того часу з'являться не-енергоємні, дешеві засоби зберігання водню, потенціал його як палива може бути максимально використаний, зокрема і на транспорті.

Вузьким місцем електропривідних видів транспорту є акумуляування енергії. Значна вага акумуляторів, недостатня ємність і дуже тривалий період зарядки створюють істотні проблеми при експлуатації електричного транспорту. Як ми мали можливість переконатися у попередніх підрозділах, триває напружена робота вчених та інженерів. Це обіцяє значне підвищення ефективності акумуляторного інструментарію.

Електричні приводи, втім, мають істотні незаперечну перевагу, яка з розвитком безпілотних систем буде лише посилюватися. Мова йде про універсальність електричного струму, а також способів його передачі і зарядки. Зокрема, підключення і зарядка транспортного засобу можуть здійснюватися без прямої участі людини – в автоматичному режимі. У зв'язку з цим нові можливості розкриваються в міру розвитку безконтактних систем зарядки транспортних засобів.

І все ж водневе паливо, цілком ймовірно, має перспективну траєкторію свого розвитку при використанні акумуляування енергії на транспорті. Тим більше, що для цього є істотні передумови. Адже у водневих автомобілях також використовуються електродвигуни. Вони і є важливою сполучною ланкою між електричними і водневими видами транспорту.

6.7. Інші альтернативні джерела енергії на транспорті

Одним із поширених видів альтернативних джерел енергії на транспорті, який умовно вважають «зеленим», тобто екологічним, є біопаливо. При уважному розгляді, однак, можна констатувати, що до біопалива можна висунути досить серйозні претензії в частині його екологічної досконалості.

Біоетанол та біодизель. До основних видів біопалива, які використовуються на транспорті, як правило, відносять біоетанол та біодизель. Наразі етанол становить близько 74% ринку транспортного біопалива, біодизель – 23% (переважно у формі метилових ефірів жирних кислот).

Основним недоліком цих видів палива є те, що їх виробляють із харчової сировини. Етанол (іншими словами, етиловий спирт) отримують із цукрової тростини (61%), зерна (39%), а також з інших сільгоспкультур (картоплі, буряка тощо). Основними видами сировини для виробництва

біодизеля є соя, рапс, кукурудза та ін. Всі спроби налагодити дешеве виробництво біопалива з ресурсів, що не конкурують із продуктами харчування (наприклад, відходів, целюлози), поки не привели до статистично значущих ринкових результатів. Уся справа в тому, що виробництво спирту не з харчової сировини обходиться істотно дорожче. Більше третини зерна в США, більше половини ріпаку в Європі і майже половина цукрової тростини в Бразилії йдуть на виробництво біопалива. Лідерами виробництва і використання біопалива є США і Бразилія. Зокрема, на частку цих країн припадає близько 90% світового виробництва етанолу. Через виробництво біопалива значної шкоди наноситься екосистемам у країнах Африки й Азії (Мозамбик, Індонезія, Малайзія, Борнео, Суматра та ін.), де для створення пальмових плантацій вирубується значна частина тропічних лісів. За розрахунками економістів з університету Міннесоти, через вилучення ґрунтів для вирощування сировини під біопаливо число голодуючих на планеті до 2025 року може зрости до 1,2 млрд осіб (Биотопливо, 2017).

Таким чином, біопаливо, будучи значно більш екологічною альтернативою традиційним видам палива на стадіях експлуатації транспорту, є істотним екодеструктивним фактором на стадіях виробництва самого біопалива.

Наразі складається парадоксальна ситуація, коли в одних країнах (понад 30 країн) з екологічних міркувань лімітується мінімальний вміст біопалива в реалізованих видах палива (зазвичай від 5 до 10%), а в інших – із тих само екологічних міркувань – максимальний. Зокрема, з 2016 року до Директиви ЄС внесені поправки, які обмежують частку біопалива з харчової сировини у 7 відсотків (Renewables, 2017).

Зазначене дозволяє зробити висновки, що використання біопалива на транспорті має обмежений характер і не виходить за межі допоміжного джерела енергії, супутнього традиційному пальному. Перспективи його використання будуть поступово загасати в міру того, як останнє буде витіснятися електричним та водневим видами енергії. Однак наразі біопаливо поки все ж є засобом зниження екологічних проблем експлуатації транспорту, що, ймовірно, ще залишиться актуальним на найближче десятиліття. Після цього використання біопалива (особливо того, що одержується з відходів) перейде в сферу його конвертації в електричну або водневу енергію.

Біогаз. Ще одним видом біопалива є біогаз, що отримується на біогазових установках у сільському господарстві й комунгоспі (при газифікації полігонів відходів). Однак його використання обмежене локальними масштабами з ряду причин. По-перше, через відносно невеликі обсяги виробництва біогазу; по-друге, через відсутність розвиненої інфраструктури (зокрема, систем заправок); по-третє, внаслідок відсутності економічної мо-

тивації (зокрема, за наявності «зелених» тарифів біогаз вигідніше конвертувати в електроенергію і використовувати автомобілі з електроприводом).

Схожа ситуація склалася і з використанням такого умовно альтернативного виду палива, як попутний газ (метан), при видобутку вугілля або нафти. Його часто також розглядають як «зелене» паливо, адже утилізація цього ресурсу знижує викиди в атмосферу (порівняно з бензином) і сприяє підвищенню безпеки гірничодобувних робіт. Приклади використання біогазу та шахтного метану як транспортного палива існують в економіці окремих країн (зокрема України), проте претендувати на масштабне явище вони не можуть.

Енергія стисненого повітря. Ми навмисне звузили сферу зазначеного виду транспорту і скористалися замість терміна «пневмотранспорт» сполученням, винесеним у підзаголовок. Таким чином, згаданий термін зарезервований для питання, яке розглядатиметься далі. Тут же конкретно мова піде лише про транспортні засоби на стисненому повітрі.

У даному виді транспортних засобів передача енергії поршням здійснюється від стисненого повітря. Останнє запасється в спеціальних балонах.

Сторінки історії

У 1861 році на Олександрівському заводі в Санкт-Петербурзі С. І. Барановським був побудований локомотив на пневматичному приводі, який отримав назву «духохід Барановського». Локомотив використовувався на Миколаївській залізниці (так називався з 1855 р. шлях Санкт-Петербург–Москва) до 1862 року (Транспортные средства, 2017). З 1880 років і аж до 2 серпня 1914 року в Парижі функціонував трамвай на стисненому повітрі. При цьому останній живився від центральної загальноміської пневматичної розподільної мережі (Парижский трамвай, 2017).

У 1903 році компанія «Зріджене повітря» (Liquid Air Company), розташована в Лондоні, виготовляла автомобілі на стисненому і зрідженому повітрі. Головними проблемами в цих автомобілях були недостатній обертальний момент пневмодвигуна і висока вартість стисненого повітря. У 1997 році на замовлення мексиканського уряду люксембурзька компанія Motor Development International (MDI) розробила прототип пневмоавтомобіля для подальшої заміни парку таксі в Мехіко (одного з найбільш забруднених міст світу) (Транспортные средства, 2017).

Як часто буває в житті, новим може виявитися «добре забуте старе». Індійській компанії Tata Motors у співпраці з уже згаданою компанією MDI вдалося налагодити перший в світі серійний випуск автомобіля з двигуном на стисненому повітрі Tata One CAT (рис. 6.41). Автомобіль здатний проїхати на одному запасі стисненого повітря до 90 км, розвиваючи при цьому швидкість до 100 км/год. При обмеженні швидкості до 80 км/год пробіг

може бути збільшений до 130 км. Прогнозована ціна пневмоавтомобіля – лише 5 100–7 800 доларів (Tata 2017; Автомобиль, 2016).



Рисунок 6.41 – Автомобіль на стисненому повітрі Tata One CAT (Tata, 2017)

Для заповнення кожного з розташованих під днищем автомобіля чотирьох пластикових балонів довжиною в 2 і діаметром в 0,25 м необхідно 400 л стисненого під тиском 300 бар повітря. При заправленні на спеціалізованій компресорній станції це вимагатиме 3–4 хв. «Підкачування» за допомогою вмонтованого в машину міні-компресора займе 3–4 години.

Автомобіль повністю екологічний і практично безпечний. У ньому нічого не може вибухнути. При пошкодженні балона він лише тріскається, випускаючи повітря. На відміну від електромобілів тут не виникає проблем з утилізацією використаних акумуляторів. А на відміну від водневих автомобілів, не потрібно вирішувати складних проблем отримання і зберігання водню.

Сьогодні «повітряне» паливо завдяки відносному здешевленню електроенергії стає порівняно недорогим. Якщо перевести його за вартістю в бензиновий еквівалент, то виходить, що така машина витрачає близько одного літра на 100 км шляху.

Двигун пневмоавтомобіля значно простіший, ніж у бензинового, адже в ньому немає трансмісії. Він вимагає мінімальних затрат на профілактику (техогляд один раз на 100 тис. км шляху). Масла необхідно лише 1 л на 50 тис. км пробігу, тоді як у звичайних автомобілів його використовується до 30 л.

Сумарний ККД у повному циклі: «підприємство з виробництва енергоресурсів (нафтовидобування – «нафтоперегонний завод») – автомобіль» у пневмоавтомобіля вищий, ніж у електричного і водневого. Стиснене повітря можна накопичувати про запас у періоди надлишку енергії. Безумовно, це авто не позбавлене недоліків. Його потужність (а з нею і швидкість) знижується в міру зниження тиску в балонах. Існують технічні проблеми (особливо в холодні періоди часу) охолодження до обмерзання деталей двигуна при розширенні повітря. Втім, при жаркій погоді це явище може бути використане навіть у корисних цілях – для охолодження салону.

Для підстраховки деякі моделі пневмоавтомобіля (CityCat) комплектують двигуном внутрішнього згорання. Це збільшує діапазон поїздки до 800 км при витратах палива 1,5 л на 100 км шляху (Tata, 2017; Compressed, 2017).

Розглянутий матеріал наочно демонструє, що сьогодні транспорт переживає епоху якісних перетворень, які можуть бути названі *сестейнізацією* транспорту. Зміни, що відбуваються, безумовно, стосуються передусім екологічного вдосконалення транспорту. Саме на це спрямовані його електрифікація, а також використання водню та інших альтернативних джерел енергії. Значною мірою вирішенню екологічних проблем сприяє й істотне підвищення ефективності транспортних операцій, що за рахунок системної дематеріалізації знижує загальне екологічне навантаження на природу.

Однак екологізація – не єдиний вектор сестейнізації транспорту. Адже сестейновий розвиток покликаний створювати передумови для соціального розвитку людини. Одним із завдань у зв'язку з цим є збільшення швидкості здійснення транспортних операцій. Це докорінно змінює простір діяльності людини і соціалізує стиль її життя. Важливим завданням також є гуманізація умов реалізації транспортних операцій. Це дозволяє більш інтенсивно використовувати час, протягом якого людина перебуває в дорозі, поєднувати його з активною діяльністю або повноцінним відпочинком.

Питання до розділу 6

1. Яку роль транспорт відіграє в економічній системі? Чому його сестейнізація важлива для сестейнізації економіки?
2. Охарактеризуйте пріоритети транспортної політики ЄС.
3. Назвіть і коротко охарактеризуйте напрями сестейнізації транспорту.
4. Яким чином електрифікація транспорту може вплинути на сестейнізацію економіки?
5. Коротко охарактеризуйте історію електрифікації автотранспорту.
6. Наведіть факти, що характеризують динаміку електрифікації автотранспорту.
7. Охарактеризуйте динаміку електрифікації автотранспорту в Україні.
8. Які переваги і проблеми мають електромобілі порівняно з традиційними авто?
9. Наведіть факти, що свідчать про технічний прогрес у створенні електромобілів.
10. Які перспективи має у світі розвиток електромобілів?
11. Чи має Україна власні здобутки у створенні електромобілів? Якщо так, наведіть приклади.
12. Охарактеризуйте роль розвитку електричних автобусів?

13. Чи має Україна власні здобутки у будівництві електричних автобусів?
14. Охарактеризуйте розвиток електричних вантажівок.
15. Охарактеризуйте процеси розвитку інфраструктури електричного автотранспорту.
16. Охарактеризуйте значення електрифікації засобів агровиробництва.
17. Який довід електрифікації агровиробництва існує в Україні?
18. Які наразі існують результати електрифікації тракторного парку у світі і в Україні?
19. З якими проблемами доводиться стикатися конструкторам електричних тракторів?
20. Яку роль відіграє електрифікація авіації?
21. Охарактеризуйте світовий досвід в електрифікації авіації.
22. Охарактеризуйте сучасні успіхи у створенні електролітаків.
23. Охарактеризуйте кругосвітній політ першого у світі літака на сонячних батареях.
24. Охарактеризуйте історію і сучасні успіхи у створенні електричних гелікоптерів.
25. Що ви можете розповісти про електрифікацію водного транспорту?
26. Які проривні результати отримані у справі електрифікації водного транспорту?
27. Охарактеризуйте зміст водневих технологій у сестейнізації транспорту.
28. Які проблеми існують у застосуванні водневих технологій на транспорті?
29. Які успіхи можна назвати у використанні водневих технологій на транспорті?
30. Які існують українські напрацювання з використання водневих технологій на транспорті?
31. Наведіть приклади успішного застосування водневих технологій у різних видах транспорту.
32. Коротко охарактеризуйте результати з використання інших альтернативних видів палива на транспорті.
33. Які результати і проблеми ви можете назвати щодо використання на транспорті біопалива?
34. Що ви можете розповісти про використання на транспорті енергії стисненого повітря?

Розділ 7 НОВІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

7.1. Наземний швидкісний транспорт

Як нові види транспорту тут подані ті види транспортних засобів, які перебувають лише на початкових етапах освоєння суспільством (стадії проектування, випробувань, доведення пілотних зразків, освоєння початкових серій). Їх масове впровадження в суспільне життя обіцяє якісну трансформацію характеру транспортних комунікацій, що може стати одночасно і причиною, і наслідком зміни стилю життя людей.

З видів транспорту, які можуть бути віднесені до нових, особливо виділяються дві групи. Перша – може зайняти нішу міжконтинентальних і трансконтинентальних комунікацій, друга – локального транспорту, що забезпечить індивідуальне переміщення людей у районах їх безпосереднього проживання, роботи або відпочинку. Серед транспортних засобів першої групи передусім необхідно назвати потяги на основі принципу «маглева», гіперлуп і суборбітальні перельоти.

Маглев. Цей вид транспорту насправді означає *потяг на магнітній подушці*. Ще дві вживані його назви – *магнітоплан* або *маглев*. Останнє – від англійських слів magnetic levitation, тобто магнітна левітація.

Цей потяг утримується над полотном дороги. Він рухається, керується і гальмується за допомогою електромагнітного поля (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Шанхайський маглев (Марке, 2013)

Оскільки між потягом і поверхнею полотна існує зазор, тертя між ними виключається, і єдиною гальмівною силою, що перешкоджає руху, є

аеродинамічний опір. Маглев належить до монорейкового транспорту. Швидкість, що досягається потягом на магнітній подушці, порівнянна зі швидкістю літака і дозволяє скласти конкуренцію повітряному транспорту на ближніх і середньомагістральних напрямках (до 1000 км).

Потяг *маглева* приводиться в рух так званім лінійним двигуном, в якому створюється електрорушійна сила завдяки виникненню магнітного поля між статором і якорем. При цьому відсутні елементи двигуна, що обертаються, зокрема ротор (Линейный, 2017; Shah, 2014).

Перевагами маглева є:

- найвища швидкість із нині існуючих видів наземного транспорту (до 600 км/год);
- відносно низькі (порівняно з автомобілями і літаками) питомі експлуатаційні витрати, зокрема завдяки значному зменшенню тертя;
- високий рівень екологічності (процес пересування не вимагає спалювання палива, вплив магнітного поля мінімальний, низький рівень шуму);
- відносно високий рівень безпеки (в транспорті відсутні вибухонебезпечні елементи і, як показала практика, високий рівень захисту від руйнування); навіть при відключенні електроенергії від магістральної мережі поїзд зможе плавно «приземлитися» на основу завдяки акумуляторним батареям, які здатні заряджатися під час руху поїзда;
- досягнута автоматичність (безпілотність) управління;
- можливість використовувати вже сформовану інфраструктуру залізничного транспорту (зокрема вокзали);
- має великі перспективи багаторазового підвищення швидкості за умови розміщення рухомої частини (потяга) у вакуумному тунелі для подолання аеродинамічного опору (один із подібних варіантів, який набув популярності та може бути реалізований під назвою *гіперлун*, передбачає саме таку технологію).

До недоліків маглева, як правило, відносять високі капітальні витрати на створення спеціальної колії (що можна порівняти з прокладуванням метро закритим способом) та унікальність шляху маглева (він не придатний для використання іншими видами транспорту).

Сторінки історії

З початку ХХ століття в битві за маглев по черзі лідирували німецькі та британські інженери. Ще в 1902 році патент на лінійний двигун отримав німецький винахідник Альфред Цеден (Alfred Zehden). Через чотири роки британець Франклін Скотт Сміт (Franklin Scott Smith) запропонував свій власний варіант двигуна. У 1937–1941 роках німецький інженер Герман Кемпер (Hermann Kemper) оформив кілька патентів у цій галузі. В кінці

1940 р. британський інженер Ерік Лейзвейт (Eric Laithwaite), професор з Лондона, створив перший працюючий лінійний двигун. У 1960 роки в Британії розроблявся проект потяга Tracked Hovercraft, але в 1973 році він завершився через недостатнє фінансування.

Перший в історії потяг на магнітній підвісці Transrapid 05 почав курсувати в Гамбурзі на Ехро-79. Довжина шляху становила 908 м, а максимальна швидкість – 75 км/год. З 1984 по 1995 рік у Бірмінгемі маглев здійснював регулярні рейси між аеропортом та залізничною станцією (600 м). У 1995 році залізничну гілку протягнули до аеропорту і лінію маглева демонтували.

У 1989–1991 рр. у Західному Берліні функціонував маглев на тупиковій лінії метро. Після повалення Берлінської стіни лінія магнітного потяга була також демонтована для відновлення наскрізного сполучення метро між двома частинами міста (Поезд, 2016; Maglev, 2017).

Перший випробувальний трек маглева довжиною 31,5 км був побудований німецькою компанією Transrapid у 1984 р. Дорога прокладена між Дьорпенем і Латеном і має одну колію з оборотними петлями на кожному кінці. Потяги безпілотні, весь контроль за рухом здійснюється з диспетчерського пункту. Максимальна швидкість руху, яку вдавалося розвинути на прямій ділянці дороги під час випробувань, – 501 км/год. На цій трасі впродовж майже двадцяти років проводилися демонстраційні поїздки пасажирів. У 2006 році на трасі сталася серйозна аварія. На швидкості близько 170 км/год поїзд врізався у вагон ремонтної служби, який через помилку диспетчера опинився на трасі. Внаслідок інциденту 21 людина загинула і 10 отримали серйозні поранення. Після цього трасу законсервували. Як це не парадоксально, аварія продемонструвала відносну безпеку даного виду транспорту. Навіть після сильного механічного удару потяг не зійшов з направляючої (що, як правило, трапляється зі звичайними потягами). У ньому також нічого не вибухнуло і не загорілося (Скрипин, 2014).

Перша комерційна лінія маглева була відкрита в Шанхаї у 2002 році. Двоколійна траса довжиною 30 км сполучила аеропорт з містом. Швидкість потяга досягає 430 км/год, час у дорозі – 10 хв., ціна квитка 40 юанів (приблизно 6 доларів США). У Китаї також проектується траса маглева, що сполучатиме міста Пекін і Шанхай (понад 1 200 км). Будівництво цього шляху обійдеться в 22 млрд доларів США, тобто 18 млн за кожен км дороги (Суперсооружения, 2016).

У 2003 році випробування лінії маглева почалися в Японії. У 2005 році в Нагої до відкриття Ехро 2005 була введена в комерційну експлуатацію нешвидкісна (до 100 км/год) траса маглева протяжністю 9 кілометрів, що включає 9 станцій. А в 2015 р. на експериментальній ділянці в 43 км потяг із вагонами розвинув швидкість в 603 км/год. У 2027 році планується відкрити регулярне сполучення маглева між Токіо і Нагоя з середньою швидкістю 500 км/год. Дистанцію в 260 км потяг долатиме за трохи більше півгодини (Japan's maglev, 2015).

У 2016 році розпочато експлуатацію нешвидкісної лінії маглева (до 110 км/год) у Південній Кореї.

Сьогодні розкриваються нові перспективи маглева. Якщо вірити повідомленням ЗМІ, в 2016 році були встановлені нові рекорди потягами маглев. В Японії потяг розвинув швидкість 825 км/год, а в США – 1 018 км/год (Поезд, 2016). Як бачимо, на відстані до 1 000 км маглев з успіхом може замінити авіаційний транспорт.

Наразі розпочато будівництво нових ліній маглева в Ізраїлі, Китаї, США, Японії. Плануються проектні роботи в Австралії, Великобританії, Німеччині, Гонконгу, Італії, Індії, Ірані, Китаї, Малайзії, Тайвані, Швейцарії, США, Японії (Maglev, 2017).

Цілком ймовірно, перспективи цього виду транспорту можуть повною мірою розкритися при його високошвидкісному використанні на довгих дистанціях (500 км і більше). Саме за таких умов маглев може максимально досягати своїх конкурентних переваг порівняно з авіацією.

Hyperloop. Серед різних зразків нових видів транспорту, безумовно, найбільшу увагу до себе привертає проект створення нового виду пневмотранспорту під назвою *гіперлуп* (англійська транскрипція – «хайперлуп»). За своїм змістом цей вид транспорту фактично є масштабуванням (проте на новому якісному рівні) відомого варіанта пневмопошти, коли вантажі доставляються трубами за рахунок створення там різниці в атмосферному тиску. Втім, в гіперлупі тиск повітря (близький до вакууму) відіграє роль не рушійної сили, а середовища пересування. Хоча ідея, здавалося б, не нова, і цей проект ще не реалізований, він вже встиг набути колосальної популярності. Причина в тому, що він за умови його успішної реалізації може якісно змінити саму концепцію і базові характеристики переміщення в просторі людей і вантажів. Головний ініціатор проекту Ілон Маск назвав Hyperloop новим – п'ятим – видом транспорту після потяга, літака, автомобіля і корабля.

Hyperloop (з англ. – «гіперпетля») – проект вакуумного потяга. Петля – тому, що капсули, яким в умовно вакуумній трубі належить переміщати людей і вантажі, будуть «снувати» за гігантською петлею довжиною в сотні кілометрів.

Проект «Hyperloop» був запропонований у 2012–2013 роках американським венчурним капіталістом Ілоном Маском (Elon Musk). Найбільшу активність у втіленні проекту в життя виявляють компанії SpaceX, Hyperloop One і НТТ (Hyperloop Transportation Technologies). У всіх трьох значну роль як провідний акціонер та ідеолог відіграє саме І. Маск (Hyperloop Transportation, 2017).

Сторінки історії

Ідея Hyperloop виникла як негативна реакція на урядовий проект високошвидкісної залізниці, яка до 2029 року мала з'єднати Лос-Анджелес і Сан-Франциско. Передбачалося, що цю дистанцію (561 км) потяги долатимуть зі швидкістю 322 км/год. При цьому вартість проекту в опублікованому в 2012 році бізнес-плані оцінювалася в 68 млрд доларів. З цього приводу І. Маск заявив, що каліфорнійська дорога стане найдорожчою в перерахунку на 1 милі серед швидкісних залізниць. Як відомо, він і раніше гостро реагував на великі суми урядових затрат. Зокрема, свого часу він пообіцяв домогтися скорочення в 10 разів затрат на запуск космічних ракет. Він дотримав свої обіцянки, реалізувавши повернення на землю в робочому стані використаних перших ступенів запущених ракет.

У 2012 році підприємець пообіцяв, що новий транспортний засіб, який він назвав Hyperloop, буде в 2 рази швидший за літак і в 3–4 рази швидший за запланований швидкісний потяг. Відстань від Лос-Анджелеса до Сан-Франциско займе лише 30 хвилин.

Пізніше Маск зробив ще ряд гучних заяв. Зокрема, що його проект виявиться в 10 разів дешевшим порівняно із запланованим швидкісним потягом; цей транспорт не буде аварійним; дорога повинна працювати від сонячної енергії; пасажиром не доведеться підлаштовуватися під розклад, оскільки транспортні капсули будуть рухатися з короткими інтервалами в кілька хвилин (як у метро); всі специфікації виявляться у вільному доступі. У серпні 2013 року була опублікована «альфа-версія» проекту на 58 сторінках (Апбін, 2015; Dodson, 2013).

Згідно з початковою концепцією Hyperloop повинен являти собою розташований на опорах надземний трубопровід, усередині якого зі швидкістю від 480 до 1 200 км/год (залежно від ландшафту) з короткими інтервалами (від 30 секунд до кількох хвилин в одному напрямку) переміщуються транспортні капсули довжиною 25–30 м. (Нагадаємо, що швидкість звуку в повітрі становить +1 192 км/год). Проведене пізніше моделювання показало, що за умовами траси між Лос-Анджелесом і Сан-Франциско швидкість у 1 220 км/год буде недосяжною. Передбачається, що квиток в один кінець буде коштувати 20 доларів, і при загальній вартості створення системи в 7,5 млрд доларів окупність проекту буде досягнута за 20 років. Наступні розрахунки показали, що вартість дороги може зрости до 16 млрд доларів США, причому, судячи з усього, це не остаточні суми подорожчання проекту (Hyperloop Transportation, 2017).

Передбачено два варіанти системи:

- пасажирський – передбачає внутрішній діаметр трубопроводу 2,23 м, габарити капсули – 1,35 м у ширину і 1,1 м у висоту; капсула матиме 2 ряди сидячих місць по 14 крісел у кожному (подальше комп'ютерне моделювання, однак, показало, що діаметр труби доцільно збільшити вдвічі);

- пасажирсько-вантажний (щось на зразок порома) – дає можливість пасажиром переміщатися разом з їх легковими автомобілями; внутрішній діаметр труби 3,3 м (у подальшому можливе збільшення діаметра згідно з результатами моделювання).

Керуючись прагненнями до здешевлення конструкції, Маск взяв за основу модель вакуумного потяга. У ньому відпадає необхідність долати тертя опори і зустрічний опір повітря. Прагнучи знову таки здешевити витрати, підприємець запропонував створювати в трубі не повний вакуум, а так званий форвакуум (1/1 000 від атмосферного тиску). Його підтримувати значно легше і дешевше: по-перше, можна використовувати компресори помірної потужності, а по-друге, виготовляти трубу можна зі звичайної сталі 20–25 мм. Розріджене повітря в трубі передбачається використовувати для створення повітряної подушки. Якщо розрахунки виявляться правильними, це дозволить відмовитися від більш дорогого варіанта магнітної подушки. Останній, щоправда, ще не виключений як одна з альтернатив.

Корпус капсули передбачається виготовляти з вуглецевого волокна, яке у 8 разів легше, ніж алюміній, і в 10 разів міцніше за сталь.

Капсула має приводитися в рух лінійним електродвигуном, що розганяє її за допомогою електромагнітного поля. Енергія для нього забезпечуватиметься за допомогою сонячних батарей. Крім того, передбачається конвертувати в електроенергію і кінетичну енергію гальмування капсули. Це буде додатковим джерелом фінансування (25 млн доларів щорічно) і в кінцевому підсумку, знижуватиме експлуатаційні витрати (Hyperloop Transportation, 2017).

У 2016 році була побудована випробувальна ділянка нової дороги довжиною 500 м. Діаметр тунелю становив 3,3 м (рис. 7.2). У травні 2016 року у пустелі Невада, поблизу Лас-Вегаса, успішно пройшли випробування капсули-прототипу. За 1,1 с їй вдалося розвинути швидкість в 187 км/год (Ілон, 2017).



Рисунок 7.2 – Випробувальна ділянка гіперлупа (Ілон, 2017)

Перша лінія вакуумних потягів може з'явитися в ОАЕ. Розглядається також варіант будівництва дороги з Братислави до Відня, а також з Амстердама до Парижа. Представлені 11 можливих маршрутів дороги в США. Зокрема, поїздка з Шайєнн до Х'юстона (1 853 км) може зайняти лише 1 годину 45 хв. У 2020 році планується розпочати вантажні перевезення, а у 2022 г. – пасажирські (Красильникова, 2017 а).

Безумовно, гіперлуп має шанс стати транспортом майбутнього, де він міг би виконувати функції трансконтинентального виду транспорту. Однак для цього його творцям треба буде розв'язати ряд складних технічних проблем.

Головні з них можна описати такі:

1. *Забезпечення безпеки людей у капсулі.* Будь-яка розгерметизація капсули буде вести до негайної смерті пасажирів, як у відкритому космосі (зокрема внаслідок «закипання крові»), що, на жаль, уже підтверджено конкретним випадком в історії освоєння космосу.

2. *Кондиціонування капсули.* У повністю ізольованій капсулі надзвичайно важко (особливо при поїзді на довгі дистанції) підтримувати нормальний для дихання людей склад повітря і уникнути швидкого підвищення концентрації вуглекислого газу.

3. *Забезпечення цілісності транспортної труби.* Колосальний зовнішній тиск атмосферного повітря створює значну вразливість транспортної системи. Будь-яке пошкодження труби може призвести до миттєвого катастрофічного руйнування всієї системи. Від розгерметизації труби створюється ударна хвиля; повітря вривається у вакуум, як при вибуху.

4. *Компенсація температурного дисбалансу.* Перепад температур у районі Сан-Франциско – Каліфорнія може становити від 0 до 40 °С. На дистанції 600 км це може вести до коливань довжини труби від 50 до кілька сотень метрів. Технічно компенсувати подібні перепади надзвичайно складно. Зокрема, це вимагає установки значної кількості компенсаційних герметичних манжетів і вирішення складних технічних завдань транспортування пасажирів та вантажів.

5. *Забезпечення процесів посадки і висадки пасажирів.* Це пов'язано з вирішенням складних технічних завдань шлюзування і переходу від нормального атмосферного тиску до вакууму і навпаки.

Це лише частина технічних проблем, пов'язаних з експлуатацією системи Hyperloop (Більш детально – у: Разрушение, 2016). Вони ставлять під сумнів можливість реалізації пасажирських перевезень і вимагають істотних додаткових робіт для забезпечення безпечних вантажоперевезень.

Можливо, технічно всі ці проблеми можна вирішити. Однак не викликає сумнівів, що це пов'язано зі значними економічними витратами. Чи зможе суспільство піти на них заради істотного підвищення швидкості свого пересування, тим більше, що дещо менші показники швидкостей

зможе запропонувати значно безпечніший і перевірений часом вид транспорту – той самий маглев?

Ймовірно, розуміючи проблеми, пов'язані з використанням гіперлупа для пасажирських перевезень, словацька і канадська компанії планують його впровадження насамперед для вантажних перевезень. Один із засновників компанії Hyperloop One Джош Гігель (Josh Giegel) проілюстрував актуальність використання гіперлупа саме для вантажоперевезень низкою цифр. «Тільки в портах США працюють 13 тисяч фур, які розвозять вантажі по різних містах країни, спалюючи при цьому 250 млн літрів бензину щорічно. Пов'язаному із цим збитку міг би запобігти гіперлуп, проте його створення вимагає мільярдних капіталовкладень» (Ревадзе, 2016 б).

Швидкісний вакуумний потяг може також з'явитися в Росії. Він з'єднає китайське місто Хуньчунь із російським портом Зарубіне (Приморський край). Однак передбачається, що і на цій 65-кілометровій гілці гіперлуп буде працювати (як мінімум, спочатку) в режимі вантажного транспорту (Али, 2017).

У 2017 році у справі просування гіперлупа відбулося кілька важливих подій.

По-перше, почалися випробування реальних прототипів версій капсули *гіперлупа* в реальних умовах.

Для цього була побудована випробувальна ділянка траси довжиною у 0,5 км діаметром труби 1,8 м. 27 серпня 2017 року капсула, запропонована командою з Мюнхенського технічного університету, розвинула швидкість 327 км/год. Але всього за кілька днів – 31 серпня – капсула, створена спільно компаніями Space X і Тесла (рис. 7.3), досягла швидкості



Рисунок 7.3 – Капсула для гіперлупа, створена компаніями Space X і Тесла (Лещёв, 2017)

355 км/год (Капсула, 2017; One Introducing, 2017; Ohnsman, 2017). У грудні 2017 року було встановлено новий рекорд – 387 км/год. У трубі було створено майже безповітряне середовище (як на висоті 60 км) (Капсула, 2017).

По-друге, гіперлуп отримав шанс стати не лише надземним, але й підземним видом транспорту. Зокрема, І. Маск зробив заяву, що він отримав дозвіл від влади США на будівництво тунелю між Нью-Йорком і Вашингтоном для реалізації проекту Hyperloop. У разі реалізації підземка цього виду транспорту з'єднає центри таких міст: Нью-Йорк, Філадельфія, Балтимор, Вашингтон (Маск, 2017).

По-третє, незважаючи на скептичне ставлення до гіперлупа з боку багатьох вчених, кількість країн, які бажають узяти участь в амбітному проєкті, збільшується.

Компанія Hyperloop One оголосила список десяти країн, які вона обрала для першочергової реалізації проєкту. Зокрема, там значаться США, Велика Британія, Мексика, Індія, Канада, Нідерланди, ОАЕ та ін. Протяжність шляхів буде різною: від 355 км (між індійськими Бангалором і Ченнаї) до 1,1 тис. км (між Ченнаї та Мумбаєм) (Hyperloop One, 2017).

За повідомленням медіа, у гіперлупа почали з'являтися конкуренти. Зокрема, китайські корпорації China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC) працюють зараз над власним проєктом «літаючого потяга» T-Flight.

Очікується, що цей потяг, рухаючись усередині «вакуумної магістралі», зможе розганятися до швидкості 4 000 км/год. Передбачається, що він буде рухатися за рахунок ефекту магнітної левітації. Крім уже згаданих спеціалістів корпорацій, у проєкті будуть задіяні фахівці з понад 20 науково-дослідних інститутів. Представники проєкту запевняють, що подорож у вакуумному потязі буде цілком безпечною (Проєкт, 2017).

Такий інформаційний галас навколо проєкту віку дає підстави для прояву багатой фантазії. В Інтернеті почали з'являтися навіть карти, на яких майбутні лінії гіперлупа нагадують таке собі глобальне метро (Скрипін, 2017 б).

Це дає підстави пофантазувати і українцям. Так, «Экономические известия» опублікували статтю «5 із 11 гілок Hyperloop будуть проходити через Україну» з відповідною мапою (рис. 7.4).

На підставі зазначеної мапи автори статті роблять висновок, що три із п'яти гілок цього метро будуть проходити через Київ. Перша з'єднає Китай, Європу і Канаду. Друга – Азію, Близький Схід та Північну Африку, а третя –



Рисунок 7.4 – Гіпотетична мапа Hyperloop – світового метро (5 з 11 веток, 2017)

Іспанію і Китай. Із Дніпра і Кривого Рогу на такому метро можна буде дістатися до Індії, а із Харкова, Донецька чи Одеси доїхати до Америки. Якщо це дійсно відбудеться і гіперлуп буде розвивати швидкість 1 200 км/год, то з Києва до Одеси або Дніпра можна буде доїхати за 23 хвилини (5 із 11 веток, 2017).

Звісно, якщо подібні перспективи і реальні, вони належать лише дуже віддаленому майбутньому. Але, якщо їм і взагалі не судилося збутися, такі проекти все одно корисні у нашому сьогоденні. Адже вони змушують шукати нові рішення, сприяючи виникненню нових матеріалів, технологій, концепцій, думок.

Струнний транспорт. Це концепція наземної (а точніше, надземної) транспортної системи, в якій легкі вагони рухаються по рейках, натягнутих, як струни, між опорами. Передбачається лінії струнного транспорту розміщувати на спеціальних естакадах (рис. 7.5). Крім навісного, можливий варіант і підвісного рейкового варіанта.



Рисунок 7.5 – Струнний транспорт Юницького (Струнный, 2017)

Ідею струнного транспорту в 1977 році висунув російський інженер Анатолій Едуардович Юницький. Ним же розроблені і проекти основних інженерних споруд, що його забезпечують (Струнный, 2017).

Офіційно нова технологія називається «Струнний транспорт Юницького», або скорочено СТЮ. На ринок вона виводиться під брендом SkyWay («Небесний шлях»). Сам вагон, що рухається по рейках, називають «юнібусом» (Струнные, 2017).

Система допускає будь-які види приводів: ДВЗ, електродвигун, лінійний електродвигун, газова турбіна, пропелер із будь-яким двигуном, тяговий канат.

Розроблено кілька варіантів (надлегкий, легкий, середній, важкий, надважкий) вантажних і пасажирських струнних транспортних засобів: від 3 осіб або 0,5 т вантажу – до 500 осіб або 10 000 т вантажу.

Передбачається, що в навісному стані струнний транспорт зможе розвивати швидкість до 500 км/год, а в підвісній до 150 км/год (Струнный, 2017).

Істотною перевагою струнного транспорту є його низькі капітало- і матеріаломісткість. Він може зайняти свою нішу регіональних і локальних комунікацій у тих регіонах, де відсутня розвинена транспортна інфраструктура (мережа залізниць та автомагістралей). І тут може відіграти важливу роль ще одна значна перевага струнного транспорту. Для прокладання своїх ліній він на відміну від залізничного та автомобільного транспорту не вимагає істотної зміни природних ландшафтів. Досить лише на певній відстані один від одного (від 30 до 1 000 м) поставити опори і на них натягнути рейки-струни. Система також невимоглива до рельєфу місцевості: може пролягати над водними об'єктами, лісовими масивами, гірськими перешкодами. Таких куточків планети, де може бути затребуваний цей вид транспорту, більше, ніж достатньо: від малозаселених територій Північної Америки та Євразії до регіонів із пустельними районами або складним рельєфом місцевості в Латинській Америці, Африці, Австралії, Азії.

Ще однією нішею, яку може зайняти струнний транспорт, є «легке метро», яке може сполучити різні райони населених пунктів, розділених будь-якими природними перешкодами (затоками, фьордами, річками, каньйонами, глибокими ярами тощо).

Істотним недоліком струнного транспорту є те, що він поки, незважаючи на більш ніж 30-річний період проектних робіт, так ніде ще й не впроваджений, хоча в ряді районів Росії та Білорусії побудовані випробувальні траси.

За інформацією автора проекту, в 2017 році було підписано угоду з владою індійського штату Джаркханд, одного з найбільш промислово розвинених регіонів країни, про створення на основі струнних технологій

транспортної системи в столиці штату і з'єднанні двох міст лінією швидкісного транспорту. Ведуться також переговори про співпрацю з представниками Австралії, Туреччини, Філіппін (Струнные, 2017).

7.2. Гібриди наземного та повітряного транспорту

Літаючі автомобілі. Цей вид транспорту є спробою поєднати в одній машині функції транспортних засобів, призначених для функціонування в двох абсолютно різних середовищах. Його створення та експлуатація стикаються з трьома групами складних проблем.

Перша – пов'язана з неминучими втратами ефективності при поєднанні двох форм, еволюція яких відбувалася в двох несумісних середовищах. Дещо перефразовуючи відому горьківську фразу, можна сказати, що «народжений повзати, не призначений для того, щоб літати». Навіть аеродинамічні характеристики автомобіля і літака (або гелікоптера) повинні мати різні параметри. Втім, можна стверджувати й інше: народжений літати, неминуче втрачає навички пересування по землі. На автомобільній трасі зайвим тягарем стає те, що було необхідне для польотів у повітрі. Виникає надлишкова, а головне нефункціональна вага, з'являються зайві форми. За надмірність функцій у кожному із середовищ доводиться платити свою ціну, яка в кінцевому підсумку веде до зниження питомої ефективності порівняно зі звичайним автомобілем (при експлуатації засобу в наземному режимі) і з літаком чи гелікоптером (при експлуатації його в повітрі).

Друга група проблем пов'язана з організацією функціонування машини. Мало забезпечити можливість її пересування на землі або в повітрі, необхідно, щоб вона вписувалася в існуючий порядок (трафік) функціонування там інших транспортних засобів.

Значні проблеми можуть виникати в частині організації повітряного трафіку, який для цього виду транспортних засобів просто ще не склався. Різні запевнення журналістів на зразок того, що таксі скоро будуть повітряними, тут же «приземляються», як тільки ми починаємо міркувати про взаємодію цих літаючих машин одна з однією, а також з іншими об'єктами техносфери (висотними спорудами, лініями електропередач, естакадами, ін.) на урбанізованих територіях. Навіть на землі – в двовимірному просторі – це завдання часом вирішується з великими проблемами. Годі вже і говорити про складність його вирішення в умовах тривимірного пересування транспортних засобів!

Третя група проблем пов'язана з вузьким спектром ексклюзивних функцій, які можуть (повинні) виконуватися винятково цим видом гібридного транспорту і не можуть бути заміщені на інші, простіші, а отже, ефективніші транспортні засоби, наприклад, звичайні автомобілі та літаки (ге-

лікоптери) з набагато меншими затратами. Інакше кажучи, сумнівно, щоб у найближчій перспективі знайшлася достатня кількість потенційних споживачів, які будуть згодні і матимуть фінансову можливість викласти велику суму грошей (як правило, починаючи від 100 тис. доларів США і вище) за володіння подібною машиною. Крім фінансових затрат, доводиться зазначати й інших витрат, пов'язаних з отриманням ліцензії пілота, підвищеним ризиком пересування тощо. Проте розвиток літаючих автомобілів триває.

Сторінки історії

Ідеї об'єднати літак і автомобіль з'являлися ще в першій половині ХХ століття. Причому пропонувалося як пристосувати літак під автомобіль, так і навпаки. Останнє, зокрема, було запропоновано в одному з патентів США в 1940 році.

У 1946 році Роберт Фултон (Robert Fulton) почав розроблення подібного гібрида, назвавши його «аерофібією» (Airphibian) (рис. 7.6). Причому, на його думку, саме літак повинен бути пристосований до дороги. Крила і секція хвоста цього літака знімалися, а пропелер прикладався до фюзеляжу. «Аерофібія» могла летіти зі швидкістю до 200 км/год і їхати зі швидкістю 80 км/год. Операція перетворення авто на літак і навпаки займала до 5 хвилин. Машина стала першим у світі літаючим автомобілем, який отримав офіційний сертифікат Управління цивільної авіації США. Незважаючи на очевидний успіх, Фултон не зміг забезпечити масове виробництво. У 1990 роки «аерофібія» була відновлена (Airhibian, 2010). На сьогодні відомо близько 20 конструкцій машин, які об'єднують здатності літати і пересуватися дорогами (конструктори – з Німеччини, Голландії, Ізраїлю, Норвегії, Росії, Словаччини, США) (Летающие, 2015).



Рисунок 7.6 – Літаючий автомобіль Фултона зі своїм аероприцепом (Щербаков, 2013)

Літаючий автомобіль – улюблений «персонаж» фантастичних творів та кінофільмів. У кінофільмі «Фантомас розбушувався» головний герой рятується від погоні на автомобілі Citroën DS з висувними крилами. У кінотри-

логії «Назад у майбутнє» літаючий автомобіль є за сумісництвом машиною часу. У фільмі «П'ятий елемент», дія якого відбувається в ХХІІІ столітті, весь міський транспорт складається з літаючих машин. Фігурують літаючі машини і в інших фільмах: «Гаррі Потер і таємна кімната», «Чорна блискавка», «Таксі-2», «Схід чорного місяця», «Кін-дза-дза», а також у багатьох мультфільмах (Щербаков, 2013).

Останні кілька років відзначилися появою цілком функціонуючих прототипів літаючих літаків, деякі з яких надійдуть у продаж найближчим часом.

Terrafugia Transition. Ця чотиримісна модель є на сьогодні найбільш випробуваним літаючим автомобілем, що являє собою своєрідний трансформер (рис. 7.7). Машина розроблена американською компанією Terrafugia. Автомобіль-літак дебютував на міжнародному автосалоні в Нью-Йорку в 2009 році. Він допущений до польотів Федеральною авіаційною службою США за класом «легких спортивних літаків». Для них спрощено отримання ліцензії пілота (Ходоренко, 2016).



Рисунок 7.7 – Літаючий автомобіль Terrafugia Transition (Ходоренко, 2016)

Машина розвиває швидкість у повітрі понад 185 км/год, а на шосе – 105 км/год. Перехід на режим літака і назад займає півхвилини. Запуск виробництва комерційної партії творці обіцяли на 2017 рік. Її ціна буде понад 200 тис. доларів США. Витрати палива на крейсерській швидкості польоту 170 км/год становитиме 19 л/год. Запас палива – на 78 км польоту (Terrafugia, 2017).

AeroMobil 3.0. Двомісна машина словацького виробництва (рис. 7.8). Її конструктор Штефан Клейн (Stefan Klein) працював над проектом чверть

століття, а перші випробування вдалося провести в 2013 році (AeroMobil, 2017).



Рисунок 7.8 – Літаючий автомобіль AeroMobil 3.0 (Андрієвський, 2016)

Машина має досить елегантний вигляд. Кузов виготовлений із композитних матеріалів. В автомобільному варіанті крила розміщуються на даху машини. По дорозі автомобіль може розігнатися до 160 км/год, а в повітрі – до 200 км/год. Запасу бензину вистачає, щоб проїхати 875 км або пролетіти 700 км. Для зльоту необхідно близько 300 м шосе або ґрунтової дороги. У 2015 році під час випробування розбилася одна з моделей машини. Пілот, яким був сам її конструктор, благополучно врятувався завдяки парашуту. Для управління машиною знадобляться права водія і ліцензія пілота. За останніми даними, літак запущено в серійне виробництво й оголошена можливість робити передзамовлення (Андрієвський, 2016; Левчук, 2017).

Решта моделей літаючих транспортних засобів подвійного призначення (земля – повітря) перебувають поки в стані експериментального доведення. Деякі з них мають стаж розробок у кілька десятиліть.

До подібних належить дуже красива ракетоподібна модель машини Moller Skycar M 400 з чотирма турбінними двигунами. Її творець Поль Моллер (Paul Moller) працює над своїм дітищем вже понад 40 років. Однак схоже, до комерційного прототипу її вдасться довести ще не скоро (Moller, 2017).

Конструктори літаючих машин виявляють велику винахідливість при створенні своїх творінь. Тут присутні гібриди: мотоцикла і гелікоптера (представлений голландською компанією Pal-V), автомобіля і квадрокоптера (представлений під назвою Pop.Up компанією Airbus), автомобіля і гелікоптера (представлений компанією Pal-V), автомобіля і парашута (параплан) (розробник – I-Tech-Mavarlic), гоночного автомобіля і літака до того ж з вертикальним зльотом (розробку веде Krossblade Aerospace Systems). До речі, вже згадана компанія Terrafugia, крім представленого гібрида автомобіля і літака Terrafugia Transition, веде розробку гібрида ав-

томобіля і гелікоптера з двома паралельними гвинтами Terrafugia TF-X-Animation.

Необхідно зазначити, що своєрідними випробувальними полігонами для розроблення і доведення літаючих автомобілів є дрони, які дозволяють без ризику для життя і здоров'я людини удосконалювати запропоновані моделі. Самі ж ці моделі вже зможуть брати на борт людей.

Однією з таких моделей є розроблений командою інженерів та аспірантів Мюнхенського університету електролітак вертикального зльоту Lilium Jet, що позиціонується як аеротаксі (рис. 7.9).



Рисунок 7.9 – Літаюче таксі Lilium Jet (Jeffrey, 2017)

Діяльність команди фінансується відомою фірмою Uber. У 2017 році були успішно проведені випробування першого реального прототипу. Передбачається, що у повітрі він буде розвивати швидкість до 300 км/год та долати відстань на одній зарядці до 300 км (Hodgetts, 2017).

Ще одне літаюче авто Cormorant (стара назва Air Mule) було випробуване восени 2017 року ізраїльською компанією Urban Aeronautics (рис. 7.10). Воно може злітати і сідати вертикально.



Рисунок 7.10 – Літаюче авто Cormorant (Авельсник, 2017 а)

Зовні апарат схожий на гелікоптер без пропелерів. Замість них він обладнаний внутрішніми гвинтами. Така конструкція робить його більш безпечним. Він може маневрувати між будівлями і пролітати під лініями електропередач, не ризикуючи зачепити їх лопатями.

Потужний безпілотник важить близько 500 кг і може перевозити до 500 кг вантажів. Апарат зможе літати зі швидкістю 185 км/год. Дрон призначений для евакуації людей або вантажів із зони лиха. У найближчі три роки розробники розраховують отримати сертифікат Федерального управління цивільної авіації США (FAA). Передбачається, що апарат вийде на ринок до 2020 року. Його приблизна вартість 14 млн доларів.

У грудні 2016 схожу розробку представила норвезька компанія Griff Aviation. Керований по радіо октокоптер Griff 300 може перевозити вантажі масою до 225 кг і триматися в повітрі більше 30 хвилин. Ще один дрон цієї самої компанії був розроблений для допомоги пожежникам, військовим, поліцейським, пошуковим командам. Його вантажопідйомність до 800 кг. Він уже отримав сертифікат FAA.

Створенням пасажирських безпілотників займаються також китайська компанія E-Hang, німецька – E-Volo, російська «Авіатон» (Авельсник, 2017 а).

Закінчуючи підрозділ про літаючі авто, наведемо слова Ілона Маска: «Якщо ви отримуєте літаючий автомобіль, ви додаєте ще один вимір, де авто може звалитися вам на голову і буде залежати від погоди... Навіть якщо воно буде на автопілоті, і у нього будуть надійні двигуни і лопаті, ви ніяк не зведете до нуля шанси, що він випадково не впаде вам на голову... Думаю, якщо ви... обзаведетеся тунелями для машин і позбудетеся пробок, вам не потрібне буде літаюче авто, і все буде працювати, навіть якщо погода буде поганою...» (Хель, 2015 б). Не виключено, що ці слова І. Маска залишаться актуальними як мінімум на найближчі кілька десятиліть. Мабуть, не випадково, за підсумками 2017 року, літаюче таксі від Uber увійшло до ТОП-10 найбільш непотрібних винаходів року (Определены, 2017).

7.3. Нові види індивідуального транспорту

До таких видів транспорту можна віднести засоби пересування окремих людей на невеликі відстані, зокрема для прогулянок у парках, а також для пересування в місті або великих за розміром спорудах (наприклад, цехах, експозиціях, аеропортах, ін.) (10 самых, 2015; Самый необычный, 2016).

Подвійний круглий скейт. Дозволяє збільшити швидкість пересування, не створюючи значної загрози завдати шкоди оточуючим. При цьому він дозволяє вільно управляти ногами, повертати і крутитися. В основі скейта – два кільця діаметром 25 см і зручні платформи для ніг (рис. 7.11).



Рисунок 7.11 – Подвійний круглий скейт (Самые, 2015)

Електромеханічний одноколісний скейт. Цей вид транспорту отримав назву One wheel (тобто одне колесо). Він має властивість самобалансування, працює на акумуляторних батареях. Крім прискорення пересування, він також розвиває координацію людини в просторі. Розвиває швидкість близько 19 км/год (рис. 7.12).



Рисунок 7.12 – Електромеханічний одноколісний скейт (Самые, 2015)

Segway-skates. Являє собою своєрідний моторизований гібрид роликів ковзанів, здатних пересуватися автономно один від одного, і керма від велосипеда, за допомогою якого контролюється напрямок руху моторизованого засобу (рис. 7.13).

Suitcase-скутер. Своєрідний гібрид скутера і валізи. Має кермо, як у скутера, а місце рами займає валіза, в якій можна перевозити речі, сидячи



Рисунок 7.13 – Гібрид ковзанів і велосипедного керма (Самые, 2015)

зверху на них, тобто, – на валізі. При цьому існує можливість використувати валізи різної величини. Можливий також варіант, що замість стандартної вмонтованої в пристрій валізи людина зможе ставити справжній suitcase, який він збирається нести на вокзал або в аеропорт. Крім основного пасажирів, пристрій може перевозити і його супутника. Розганяється до 19 км/год і на повній батареї проїжджає до 60 км. Важить лише 7 кг, тому зручний для перевезення в інших видах транспорту (рис. 7.14).



Рисунок 7.14 – Suitcase Scooter (Самые, 2015)

Одноколісний електроскутер, що самобалансується. Являє собою колесо, від центра якого в боки відходять зручні складні підставки для ніг. Важить 9 кг, має ручку, завдяки чому його зручно за необхідності пере-

нести (в транспорті, на сходах). Розвиває швидкість до 16 км/год і може заряджатися за 80 хвилин (рис. 7.15).



Рисунок 7.15 – Одноколісний електроскутер, що самобалансується (Самые, 2015)

Segway-скутер. Електричний самокат, що самобалансується з двома колесами, розташованими по обидва боки від водія (рис. 7.16). Дозволяє значно збільшити швидкість пересування і дає можливість покривати істотно більші відстані при тих самих витратах фізичних сил. Це, зокрема, дуже допомагає туристам побачити більше цікавих місць. Розвиває швидкість до 20 км/год, а акумулятор забезпечує пробіг до 40 км.



Рисунок 7.16 – Segway-скутер (Самые, 2015)

Гіроскутер. Являє собою транспортний засіб, що працює за рахунок електромотора (фактично є «електроскейтбордом») (рис. 7.17). Керується за рахунок динамічного балансування. Пристрій може переміщатися як уперед – назад, так і здійснювати повороти. Його переваги – легкість в

управлінні, екологічність, мобільність та маневреність. Здатний розвивати швидкість до 20 км/год.



Рисунок 7.17 – Гіроскутер (Гіроскутер, 2017)

Реактивний ранець. Пристрій, що дозволяє його власнику підніматися в повітря за рахунок збалансованих потоків повітря, що створюються кількома турбінами (рис. 7.18). Новозеландська компанія Martin Air Craft повинна була поставити їх у продаж у 2017 році.



Рисунок 7.18 – Реактивний ранець (Самые, 2015)

Загальною перевагою всіх зазначених транспортних засобів є те, що вони змушують людину бути активним учасником процесу пересування. Крім розвитку фізичних навичок керування транспортним засобом і вдос-

коналення м'язової координації, вони сприяють активному інформаційному контакту із зовнішнім світом. Все це надзвичайно важливо в сучасному техногізованому світі з переважанням сидячого способу життя для активізації розвитку особистісного начала людини.

7.4. Суборбітальна авіація

Цей вид транспорту також може бути віднесений до нових. Він поєднує в собі можливості традиційної авіації та космічної техніки.

Космоплан VSS Unity. Згідно із задумом одного з ініціаторів таких проєктів Річарда Бренсона (Richard Branson) передбачається, що на першому етапі двофюзеляжний літак-носіє (stratolaunch carrier) під назвою «Білий лицар» (WhiteKnight) підніме на висоту 15–20 км космічний корабель (космоліт, космоплан) SpaceShipTwo. Звідси космоліт зможе самостійно піднятися на висоту 110–130 км, а потім так само самостійно сісти на космодромі в будь-якому регіоні планети. Літак-носіє є дітищем компанії Stratolaunch Systems, заснованої Полом Алленом (Paul Allen), одним із засновників компанії Microsoft, і Бертом Рутеном (Burt Rutan), засновником компанії Scaled Composites, яка розробила і виготовила космічний корабель SpaceShipTwo для компанії Virgin Galactic (Самый большой, 2015).

У грудні 2016 роки після кількох спільних випробувальних польотів разом з літаком-носієм «Білий лицар» (WhiteKnight) суборбітальний пілотований восьмимісний (розрахований на два пілоти і місця для шести пасажирів) космоплан VSS Unity класу SpaceShipTwo успішно завершив свій самостійний політ, відстикувавшись від літака-носія і приземлившись на землю. У польоті було випробуване хвостове оперення (Virgin, 2016; Boyle, 2016 року; White Knight, 2017) (рис. 7.19 і 7.20).



Рисунок 7.19 – Політ космоплана VSS Unity з літаком-носієм White Knight (Virgin, 2016)



Рисунок 7.20 – Космоліт VSS Unity у самостійному польоті (VSS, 2017)

На жаль, шлях космольоту до успіху не завжди був гладким. У жовтні 2014 року, під час випробувального польоту зруйнувалася перша модель космічного корабля VSS Enterprise. Причиною катастрофи стало те, що пілоти спробували змінити конфігурацію хвостового оперення тоді, коли висока швидкість ще не дозволяла цього робити. В результаті корабель зруйнувався. Загинув один із льотчиків-випробувачів, а інший отримав серйозні пошкодження (Воронцов, 2016 б).

У травні 2017 року над Аерокосмічним центром «Мохаве» (Мojave) був успішно проведений черговий випробувальний політ корабля VSS Unity. На цей раз перевірялися ряд систем апарата. Зачаровують кадри запуску космоплана з борту літака-носія і його самостійний політ, що можна спостерігати в YouTube.

Компанія Virgin Galactic – все ближче до моменту польоту корабля з космічними туристами на борту. Згідно з останніми оприлюдненими планами це має статися до кінця 2018 року. Шість пасажирів і два пілоти – таким буде екіпаж космічного апарата, який доставить людей на висоту понад 100 км. Там вони зможуть протягом кількох хвилин відчутти стан невагомості, а заодно заробити почесний статус астронавта. Весь політ повинен тривати дві з половиною години. Вартість квитка для такої подорожі становитиме 250 000 доларів з однієї людини. На сьогодні прийняті заявки від 450 осіб, з них 150 уже внесли гроші на депозит (Хижняк, 2017 а; Virgin, 2016).

Виконавчий директор компанії Virgin Galactic Джордж Уайсайдс (George Whitesides) заявив, що туристичними польотами в космос програма суборбітальної авіації не обмежується. Його ідея полягає в тому, щоб перетворити суборбітальні польоти на міжконтинентальні комерційні комунікації. «Уявіть собі SpaceShipFour, що виходить за межі атмосфери, а потім приземляється в необхідному регіоні Землі» (рис. 7.21). Завдяки по-

дібним комунікаціям переліт з Лондона до Нью-Йорка міг би зайняти всього 45 хвилин, а з Лондона до Сіднея – півтори години (Будущее, 2014).

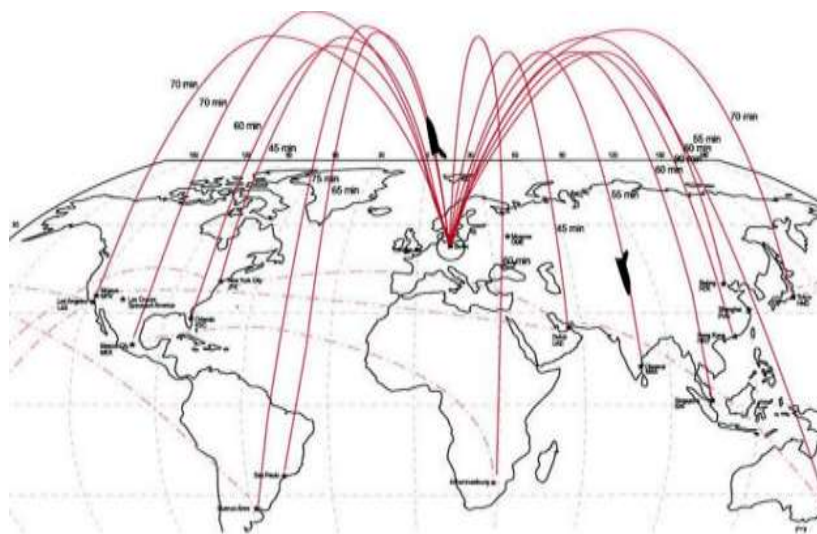


Рисунок 7.21 – Схема міжконтинентальних комунікацій через суборбітальні польоти (Ілюстрація із дослідження Spaceport Associates) (Будущее, 2014)

Космоліт New Shepard. Компанія Virgin Galactic не єдина, хто хоче займатися космічним туризмом. Джефф Безос (Jeff Bezos) – власник компанії Amazon.com – також намагається скласти конкуренцію на ринку цієї сфери. За його ініціативи була створена компанія Blue Origin, яка встигла створити багаторазовий космічний апарат New Shepard. Він являє собою пілотовану капсулу (для 6 осіб), що має стартувати з допомогою одноступінчастої багаторазової ракети і потім приземлятися за допомогою парашутів (New Shepard, 2017).

За 2015–2016 рр. було здійснено п'ять польотів ракети з капсулою. При цьому капсула кожен раз піднімалася вище 100 кілометрів (від 101 до 112 км), тобто умовної лінії, що розділяє стратосферу і космос, і благополучно поверталася на землю. Крім одного разу ракета також здійснювала м'яку посадку. Наразі створюються три нові ракети і два космічних кораблі, оскільки вважається, що колишні моделі виробили свій термін під час попередніх польотів. Перший пілотований політ запланований на 2018 рік (New Shepard, 2017).

Тривають роботи зі створення ще одного американського космічного корабля Lunx. Найближчим часом можуть початися його випробування (Сычѳв, 2016).

Китайський ракетоплан. Відомо також, що Китай має намір побудувати свої власні суборбітальні ракетоплани для космічного туризму (Воронцов, 2017).

Новий китайський ракетоплан буде використовувати двигун на рідкому метані і рідкому кисні. Космічний корабель буде злітати у вертикальному положенні, а після досягнення потрібної висоти буде спускатися і сідати як літак (рис. 7.22).



Рисунок 7.22 – Схема польоту китайського ракетоплана (Китай построи́т, 2016)

Планується створити дві версії ракетоплана. Одна зможе підняти на висоту понад 100 кілометрів 5 осіб, які проведуть у невагомості близько двох хвилин. Друга версія ракетоплана зможе підняти на висоту 130 км до 20 осіб, які проведуть у невагомості близько чотирьох хвилин. На даний сьогодні успішно випробувані окремі системи майбутнього корабля. Перші тестові польоти плануються протягом найближчих двох років. Комерційні запуски заплановані орієнтовно на 2020 рік. У разі успіху випробувань передбачається розпочати польоти з пасажирами на борту. Ракетоплан зможе здійснити до 50 польотів у космос. Вартість одного квитка для космічних туристів очікується в межах 200–250 тисяч доларів США (Китай построи́т, 2016).

SolarStratos. Бажання проникнути в космічні простори починає доповнюватися прагненнями зробити це, не завдаючи шкоди природі. У зв'язку з цим примітним є створення і політ ще одного зразка авіаційної техніки. У Швейцарії відбувся перший політ двомісного літака SolarStratos, джерелом енергії якого є сонячні батареї, розташовані на його крилах.

Політ відбувся на аеродромі міста Пайєрн 5 травня 2017 року. Льотчиком-випробувачем був Даміан Хішієр (Damian Hishier). До кінця 2018 р. винахідники літака планують досягти рекордної для літака на сонячних батареях висоти в 25 км. Один із них Рафаель Дом'ян (Raphaël Domjan) – мріє

особисто пілотувати його при польоті в стратосферу. Надалі планується також використовувати літак для комерційних польотів у стратосферу. У літака негерметична кабіна, тому пілот і пасажир повинні будуть надягати скафандри. Досить зазначити, що температура на такій висоті сягатиме мінус 70 °С (В Швейцарии, 2017; Temperton, 2016).

Космоліт Х-37В. У зв'язку з порушеною темою доречно згадати ще про кілька апаратів. У травні 2017 року після дворічної космічної місії повернувся на землю американський військовий космоліт Х-37В.

Космоліт здатний швидко змінювати орбіти і маневрувати в діапазоні висот від 200 до 750 км. Він здатний доставляти в космос невеликі вантажі. Хоча політ і відбувався в безпілотному режимі, в принципі, він може здійснюватися і з екіпажем на борту. Зовні космоліт схожий на своїх попередників – радянський «Буран» та американський «Шатл». За неперевіреними даними, в космосі відбувалися також випробування розглянутого у ЗМІ електромагнітного двигуна EM Drive, ротор якого, нібито, здатний працювати в електромагнітному полі всупереч третьому закону Ньютона.

Х-37В, відомий також як Orbital Test Vehicle, або OTV, уперше був запущений у 2010 році. Політ тривав 8 місяців. Друга місія почалася в 2011 році і тривала 15 місяців. Третя – стартувала в 2012 році і завершилася через 22 місяці. Всього існують два таких апарати (Космос, 2017).

SpaceLiner. Це концепція суборбітального гіперзвукового пасажирського космоплану. Поки він існує лише в думках і мріях його проектувальників з Німецького центру авіації та космонавтики (Deutsches Zentrum für Luft and Raumfahrt – DLR) (рис. 7.23). Розробки почалися в 2015 році.



Рисунок 7.23 – SpaceLiner 7 на зльоті в уявленні художника (SpaceLiner, 2017)

Космоплан є двоступеневою авіаційно-космічною системою, що складається зі стартового щабеля прискорювача і пасажирської суборбітальної ступені, розрахованої на 50 пасажирів. Джерело енергії – рідкий водень (LH2) в поєднанні з рідким киснем (LOX).

Передбачається, що після виключення ракетних двигунів суборбітальна ступінь зможе за найкоротший час покривати великі міжконтинентальні відстані. При цьому можуть досягатися висоти до 80 км і швидкості, в 20 разів, ніж швидкість звуку.

Тривалість польоту на такому космоплані за маршрутом Австралія – Європа могла б становити 90 хв, а за маршрутом Європа – Каліфорнія – не більше 60 хв. При цьому перевантаження не повинні перевищувати 2,5 г, тобто мають бути нижчі від навантажень астронавтів човника SpaceShuttle. Більше того, передбачається, що пасажирська кабіна буде виконана у формі рятувальної капсули, яка за необхідності зможе відокремитися від космічного корабля і забезпечити пасажирів безпечно повернення на Землю. Очікується, що в експлуатацію такий космоліт може бути введений у 2040–2050 роках (SpaceLiner, 2017).

ZEHST. Це абревіатура від повної назви виду транспорту Zero Emission Hypersonic Transport – гіперзвуковий транспорт із нульовим рівнем викидів. Така назва гіперзвукового лайнера, проект створення якого реалізується Європейською авіабудівною корпорацією Airbus під керівництвом європейського авіакосмічного агентства LADS. Уперше проект був представлений (4-метровою моделлю) 18 червня 2011 року на авіасалоні в Ле Бурже (ZEHST, 2017).

Відносну екологічність такого літака планується досягати за рахунок того, що під час зльоту і набрання висоти він буде працювати на біопаливі, а в стратосфері переходити на використання ракетного пального. При цьому висота польоту нового лайнера повинна досягти 32 км, що приблизно втричі більше, ніж висота польоту звичайних пасажирських літаків. Передбачається, що швидкість літака буде понад 5000 км/год, тобто в 4,5 рази перевищуватиме швидкість звуку в атмосфері. Пасажири цього лайнера зможуть долетіти з Парижа до Токіо лише за 2,5 години. Він зможе вміщувати від 50 до 100 осіб.

Побудова прототипу літака планується на 2020 р., а початок його комерційної експлуатації – на 2050 року (Airbus, 2011).

Як бачимо, суборбітальна авіація впритул наблизилася до її комерційного використання. Це буде означати не лише черговий крок до освоєння людиною близького космосу, але і новий етап в удосконаленні міжконтинентальних комунікацій людей на просторах планети.

7.5. Гіперзвукова авіація нового покоління

В історії було лише два серійних пасажирських надзвукових літаки, що виконували регулярні рейси. Радянський літак Ту-144 свій перший політ здійснив 31 грудня 1968 року. Він перебував в експлуатації з 1975 по 1978 рік. Французько-англійський «Конкорд» перший рейс виконав двома місяцями пізніше – 2 березня 1969 року і здійснював трансатлантичні рейси з 1976 по 2003 рік. Його експлуатація дозволяла не лише значно скоротити час перельоту на далекі відстані, а й використовувати незавантажений повітряний простір на великих висотах (близько 18 км). Основний повітряний простір, що використовується звичайними лайнерами (на висотах від 9 до 12 км), вже в ті роки був надто перевантаженим. Великі висоти дозволяли гіперзвуковим літкам використовувати іще одну перевагу. Вони здійснювали польоти випрямленими маршрутами, які пролягали вище напруженого повітряного трафіка (Сверхзвуковой, 2017).

Як відомо, обидва згаданих лайнери з ряду причин (нерентабельність, недостатня комфортність перельоту, значне звукове забруднення, ін.) були виведені з експлуатації. Прихід в авіабудування нових технологій і матеріалів дозволив знову «згадати» про надзвукову авіацію на передстратосферних висотах. Це привело до появи нових перспективних проектів надзвукових літаків.

XB-1, або «Baby Boom». Аерокосмічна компанія «Boom» зі штату Колорадо представила прототип свого нового надзвукового пасажирського літака. Модель отримала назву XB-1, або «Baby Boom» (рис. 7.24). Вона є копією майбутнього оригіналу в масштабі 1: 3 і обладнана трьома реактивними двигунами. Завдяки їм літак зможе розвивати швидкість, що на 10% перевищує швидкість Конкорда (Пономарёв, 2016).



Рисунок 7.24 – Модель надзвукового пасажирського літака XB-1 «Baby Boom» (Райт, 2016)

До інвесторів та партнерів, що беруть участь у створенні моделі, входять відомі компанії (Y Combinator, Sam Altman, SpaceShip Company і ін.). Вони надають інженерам Boom допомогу в розробленні проекту і виготовленні майбутнього літака, надаючи необхідне бортове обладнання, розроб-

ляючи двигуни і поставляючи композитні матеріали. Останні відіграють велику роль у створенні літака. Зокрема, алюміній, з якого була зроблена обшивка Конкорда, не витримував високих температур, викликаних тертям об повітря. Він починав плавитися. Тому швидкість Конкорда була обмежена до 2 400 км/год. Завдяки використанню нових матеріалів передбачається, що повнорозмірний літак Boom буде здатний розвивати швидкість понад 8 300 км/год. При цьому його місткість більше ніж удвічі поступатиметься місткості Конкорда (45 проти 100 пасажирів).

Представники компанії Boom стверджують, що переліт з Лондона до Нью-Йорка буде коштувати всього 5000 доларів США (половина вартості квитка на Конкорд тим самим маршрутом). Цей переліт повинен зайняти 3 години 24 хв; а Сан-Франциско – Токіо – 5 годин; Лос-Анджелес – Сідней – 6 годин. Лайнер буде підніматися на висоту 18 км. Причому швидше за все під час довгих перельотів літаку знадобиться дозаправлення в повітрі. Передбачається, що повнорозмірний літак буде побудований у 2023 році. Авіакомпанія Virgin Atlantic, яка організує довгомагістральні перельоти з Великобританії, заявила, що хотіла б придбати 10 літаків Boom Jet. Крім того, 15 літаків має намір придбати ще одна європейська компанія, чия назва не розголошується (Райт, 2016).

Випробування зменшеного прототипу лайнера «Baby Boom» намічалось на кінець 2017 року, а повнорозмірного варіанта – на 2020 роки.

Лайнер Skreemr. Надзвуковий лайнер Skreemr також може зайняти своє місце в парку майбутньої авіації. Щоправда, поки він існує лише на кресленнях. Його спроектували канадські конструктори. Особливістю літака є те, що із Землі він буде запускатися за допомогою електромагнітної рейкової гармати зі швидкістю близькою 5 000 км/год. Потім повинен включитися воднево-кисневий рідинний ракетний двигун, який розганятиме літак до швидкості 12 000 км/год.

Цілком ймовірно, така конструкція покликана заощадити на першій ступені ракети-носія і здешевити вартість польоту. Однак разом із тим виникають значні технічні проблеми. Зокрема, незрозуміло, чи можна буде за доступною ціною знайти матеріал, здатний витримати екстремальну температуру при прискоренні, особливо на низьких висотах. Незрозуміло також, як пасажирів зможуть переносити настільки високі перевантаження при зльоті.

При успішному вирішенні зазначених проблем Skreemr буде літати в п'ять разів швидше від «Конкорда» і вмщувати на борту 75 пасажирів (Сверхбыстрый, 2015).

«Конкорд-2». Наприкінці 2015 року компанія Airbus запатентувала конструкцію нового надзвукового літака під назвою «Конкорд-2» (рис. 7.25).



Рисунок 7.25 – Надзвуковий літак під назвою «Конкорд-2» (Airbus, 2015)

Передбачається, що він у 4,5 рази перевищить швидкість звуку. Таким чином, він буде літати в три рази швидше за свого попередника «Конкорда», який був виведений з експлуатації у 2003 році. Його творці сподіваються, що він зможе піднятися на висоту до 30 км. Подібні характеристики досягатимуться завдяки більш досконалій динаміці, новим матеріалам та футуристичній конструкції. Кількість пасажирів, які літак зможе взяти на борт, обмежена цифрою 19. Правда, новий лайнер на перших порах буде використовуватися лише військовими. Втім, творці літака не виключають, що надалі на ньому змогли б також літати бізнесмени і VIP-пасажери, які б бажали за день «повернутися» туди-назад в міжконтинентальній поїзді. Адже переліт із Лондона до Нью-Йорка займе лише одну годину. Передбачається, що перші випробування лайнера зможуть розпочатися у 2019 році (Airbus, 2015).

7.6. Горизонти безпілотного транспорту

Аналізуючи перспективи розвитку транспорту, не можна залишити без уваги створення безпілотних систем управління транспортними засобами, яке не тільки перетворюється на один із найважливіших напрямків сестейнізації транспорту, а й стає ключовим фактором трансформації стилю життя людей. Сьогодні всі провідні компанії, пов'язані з виробництвом та наданням послуг транспорту, ведуть дослідження в галузі конструювання систем автопілотування і забезпечення безпілотного керування транспортними засобами.

Автопілот (система автоматичного управління) – це пристрій або програмно-апаратний комплекс, здатний в автоматичному режимі вести транспортний засіб до певного заданого пункту призначення або заданою траєкторією.

Безпілотним прийнято називати транспортний засіб, обладнаний системою автоматичного управління, який здатний пересуватися без участі водія.

До недавнього часу автопілоти застосовувалися в авіації або на залізничному транспорті (до якого умовно можна віднести і маглев). Це пояснюється тим, що в цих видах транспорту рух відбувається у просторі, який не містить великої кількості перешкод. Останнім часом автопілот став активно використовуватися і в автодорожньому транспорті.

Сторінки історії

Перша автоматизована система керування літаком була розроблена американським підприємством Sperry Corporation в 1912 році. Вона забезпечувала автоматичне утримання курсу і стабілізацію крену. У 1930 роки автопілот вже встановлювався на деяких літаках, перш за все – на пасажирських. У 1947 році літак С-54 ВПС США вперше здійснив трансатлантичний переліт повністю під керуванням автопілоту, включаючи зліт і посадку (Автопілот, 2017).

Експерименти з автоматизації окремих функцій управління автомобілем почалися ще в 1920 роки. Хоча вони обіцяли створення безпілотних автомобілів вже 1950 роки, довелося чекати 1980, щоб побачити реальні результати таких робіт. У 1984 р. безпілотний автомобіль (проект Navlab) уперше випробували в університеті Карнегі-Меллон (Carnegie Mellon) в Піттсбурзі, США. Однією з перших змогла створити свій автомобіль-робот (проект Prometheus) і команда з університету Bundeswehr з Мюнхена під керівництвом Ернста Дікманнса (Ernst Dickmanns). Їхній автомобіль з автопілотом зміг розвинути швидкість до 96 км/год, що правда, на порожній вулиці. Однак уже 1995 року їхній же Мерседес-безпілотник зміг проїхати по звичайних автобанах 1 678 км з Мюнхена до Данії і назад, розвиваючи швидкість до 180 км/год і обганяючи інші автомобілі. При цьому система GPS не використовувалася (Prof. Schmidhuber's, 2017).

У сучасних безпілотних автомобілях використовуються алгоритми на основі байєсівського методу одночасної локалізації і побудови карт (SLAM, simultaneous localization and mapping). Суть роботи алгоритмів полягає в комбінуванні даних з датчиків автомобіля (real-time) і даних карт (offline).

Зазвичай для забезпечення роботи автопілота встановлюються такі датчики: LIDAR – далекомір оптичного розпізнавання; система стереозору; система глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС); гіростабілізатори.

Програмне забезпечення безпілотного автомобіля може включати машинний зір і нейромережі.

Розвиток функцій автопілота, як правило, ґрунтується на одному з трьох підходів. Зокрема, на основі першого інженери фірми Ford розробили «Систему допомоги в пробках» (Traffic Jam Assist). Оснащений такою системою автомобіль може рухатися в щільному дорожньому потоці без участі водія: машина сама зупиниться, якщо зупиниться машина, що йде попереду, і рушить, якщо рушить попереду потік. При цьому контролюється ре-

жим руху машини, що йде, і дорожня розмітка (за сигналом оптичного датчика машина повертається в свій ряд, якщо вона раптом почала перетинати дорожню лінію).

Суть другого підходу полягає в тому, що автомобіль неначе керується машиною, що йде попереду, а в дійсності рухається точно слідом за передньою машиною. Цей підхід сповідують фахівці фірми Volvo.

При третьому підході автомобіль сам активно взаємодіє з іншими учасниками руху, а також з дорожньою розміткою. Попередній тип комунікації називається «машина до машини» («vehicle-to-vehicle»), а останній – «машина до інфраструктури» («vehicle-to-infrastructure»). Над подібними системами пілотування працює більшість світових автоконцернів. Вони складніші, але і досконаліші. Їх поява в серійному виробництві очікується до 2020 року (Грамотчиков, 2012).

Класифікація автоматизації автомобілів розроблена Співтовариством автомобільних інженерів (SAE) і містить 6 рівнів:

- 0-й рівень: відсутній контроль над машиною, але може існувати система повідомлень;
- 1-й рівень: водій повинен бути готовий в будь-який момент взяти керування на себе; можуть використовуватися такі автоматизовані системи: круїз-контроль (ACC, Adaptive Cruise Control), автоматична паркувальна система і система попередження про сід зі смуги (LKA, Lane Keeping Assistance) 2-го типу;
- 2-й рівень: водій повинен реагувати, якщо система не змогла впоратися самостійно; система керує прискоренням, гальмуванням і рулюванням; при цьому вона може бути відключена;
- 3-й рівень: водій може не контролювати машину на дорогах із «передбачуваним» рухом (наприклад, автобани), але при цьому він повинен бути готовий взяти на себе управління;
- 4-й рівень: аналогічна 3-му рівню, але вже не вимагає уваги водія;
- 5-й рівень: із боку людини не потрібно жодних дій, крім включення системи і фіксації пункту призначення. Автоматизована система може дійти до будь-якої точки призначення, якщо інше не заборонено законом (Беспилотный автомобиль, 2017).

Створенням автопілотів для автомобілів, крім автовиробників (Tesla-Motors, BMW, Mercedes, Volkswagen, Nissan, Ford, General Motors, Volvo, Toyota і ін.), займаються роботобудівельні і комп'ютерні компанії (передусім Google, Apple, Cognitive Technologies, Cruise Automation, Uber та ін.). Роботи ведуться за двома напрямками: створення з самого початку безпілотного автомобіля і створення різного рівня автопілотних пристроїв, які б можна було поставити на звичайні автомобілі. Прорив намітився з настанням в 2010 роках нових проривних технологій використання штучного інтелекту. З усіх кінців світу почали надходити обнадійливі новини. Ось лише кілька прикладів.

У 2010 році колона безпілотних автомобілів зробила автопробіг 15 000 км з італійської Парми до Шанхаю на Експо-2010. Майже весь шлях автомобілі-роботи виконали самостійно, і тільки іноді вони потребували допомоги людини (Автопробег, 2010).

У 2011 р. в аеропорту Хітроу почали функціонувати автоматичні міні-автобуси (pods) місткістю 4 особи. На фіксованих смугах вони здатні розвивати швидкість до 40 км/год (Новиков, 2011).

У 2012 році видана перша в світі ліцензія авто без водія. Першим таким автомобілем став гібрид Toyota Prius, оснащений автопілотом компанії Google. Перший пробіг автомобіля відбувся на центральному бульварі Лас-Вегаса в штаті Невада, США. Всього ж у ході випробувань машина пройшла шлях у 140 тис. миль (225 тис. км) без аварій (Видана, 2012).

У 2015 році безпілотник, створений британською фірмою Delphi Automotive на основі Ауді, здійснив автопробіг від Сан-Франциско до Нью-Йорка. Довжина маршруту склала майже 5,5 тисяч км. За 9 днів поїздки машина перетнула кордони 15 штатів. На маршруті машині довелося вирішувати непрості завдання (заплутані транспортні розв'язки, мости і тунелі, дороги з ремонтними роботами). Представники компанії заявили, що 99% маршруту машина пройшла в автоматичному режимі (Беспилотный, 2015).

У 2016 році після дворічних випробувальних поїздок в Сінгапурі почали роботу шість безпілотних таксі. Мова йде про електрокари Renault Zoe і Mitsubishi i-MiEV. З 2017 року автопарк безпілотників був збільшений до 12 автомобілів. На перших етапах таксі-безпілотники будуть працювати в межах 6,5 квадратних км у районі ділового центру. На користування першою безпіотною лінією таксі вже підписалося кілька десятків осіб (В Сингапуре, 2016; Сычѳв, 2014)

Безпілотні автобуси одними з перших видів транспорту стали виконувати реальну роботу з перевезення пасажирів. У ряді випадків ці поїздки вже стають комерційними.

У 2015 році в голландському місті Вагенінген з реальними пасажирами була розпочата презентація 6-місного автобуса WEpod (рис. 7.26). Його творці – французька компанія EasyMile і організація Citymobilz. На початковому етапі його пробіг був обмежений 200 м, а швидкість – 8 км/год. Після однорічного випробувального терміну експеримент було вирішено продовжити на три роки зі збільшенням пробігу (WEpods, 2017; Скрипин, 2016 а).

У 2016 році у французькому Ліоні стали курсувати два 15-місних безпілотних автобуси (рис. 7.27). Маршрут довжиною в 1,3 км передбачає п'ять зупинок. Швидкість руху на час випробувань «заморожена» на рівні 20 км/год. Виробник – компанія Navya. У салоні немає водія, але присутній співробітник міської транспортної служби з комп'ютером, готовий за необхідності взяти керування на себе (Семенова, 2016). Ця сама компанія запустила також безпілотні автобуси у французькому Бордо і швейцарському Сьоні.



Рисунок 7.26 – Безпілотний 6-місний автобус у Вагенінгені, Нідерланди (Скрипін, 2016 а).



Рисунок 7.27 – Безпілотний 15-місний автобус у Ліоні (Семенова, 2016)

У кінці 2016 року в Парижі на маршрут вийшли два безпілотних міні-електроавтобуси (виготовлені французькою компанією Easymile). Якщо проект виявиться успішним, у столиці Франції впровадять більше такого транспорту. Автобуси курсують між Ліонським вокзалом і вокзалом Аустерлітц. Вони ходять винятково виділеною смугою, на яку не заїжджають інші транспортні засоби. Кожен безпілотник вміщує 12 осіб. Автобус має реверсивність ходу. Тому йому не потрібно розвертатися на кінцевій зупинці. Ця сама компанія у 2017 році розпочала впровадження безпілотних автобусів у Гельсінкі (Фінляндія) (В Париже, 2017).

У 2016 році пройшов обкатування 12-місний електричний безпілотний автобус Park Shuttle у Роттердамі (Нідерланди) і Орістано (Сардинія, Італія) (рис. 7.28). Дистанція відповідно 1,8 і 1,7 км. Відмінність лише в тому, що в Роттердамі виділено окрему смугу для безпілотних автобусів (і автобус слідує магнітними направляючими), а в Орістано планують організувати рух безпілотних автобусів по тій самій смузі, якою їздять велосипедисти і звичайні автомобілі. Передбачається, що безпілотники не створюватимуть



Рисунок 7.28 – Безпілотний автобус на вулицях Орістано (Какой будет, 2017).

проблем руху транспорту, адже відмінно розпізнають перешкоди і не повинні бути небезпечними для оточуючих.

Із 2016 року розпочато також впровадження безпілотного автобуса Heathrow Pod в Лондоні. Мова йде про перевезення пасажирів у міжнародному аеропорту Хітроу (Какой будет, 2017).

За відомостями одного з виробників автобусів-безпілотників Navya до середини 2017 року їхніми безпілотниками в Європі, Азії та США було перевезено 150 тисяч пасажирів. За підрахунками видання «The New York Times» в Європі вже запущено більше 20 експериментальних або таких, що повноцінно працюють, міні-автобусів. Крім уже названих країн, вони функціонують також у Німеччині (Самуилкин, 2017).

Поки подібні автобуси мають досить скромний зовнішній вигляд, адже їх розробники переслідували перш за все досягнення функціональності і безпеки. Однак із часом вони стануть більш стильними та футуристичними.

Безпілотні вантажівки. У 2016 році вантажівка-безпілотник (на базі серійного тягача Volvo) компанії Otto-Uber в штаті Колорадо, США, здійснила перший комерційний рейс (рис. 7.29).

Вантажівка проїхала близько 120 миль (193 км). Середня швидкість вантажівки становила 90 км/год. Водій, щоправда, в ній був, але він, вивішивши вантажівку з міста, перемістився на спальне місце в задній частині кабіни. Першим вантажем безпілотника були напої компанії Anheuser

Busch. Регулярні комерційні рейси планували розпочати в 2017 р. (Воронцов, 2016 а; Беспилотный, 2016).



Рисунок 7.29 – Автопілотна вантажівка компанії Otto-Uber (Беспилотный, 2016)

У 2017 року підприємство Volvo Trucks (вантажний підрозділ компанії Volvo) спільно з компанією Renova, що займається утилізацією відходів, розробили і випробували автономний сміттевоз. Вантажівка-безпілотник «запозичила» технології, які вже застосовувалися в іншому проекті Volvo – при створенні автономних видобувних машин.

«Варто зазначити, що мова йде не про повну автономію: вантажівка працює в парі з водієм і під його контролем. Бортовому комп'ютеру сміттевоза досить одного разу, щоб запам'ятати маршрут руху і територію, де знаходяться контейнери зі сміттям. Далі вантажівка може рухатися самостійно, в той час як водій буде займатися прибиранням сміття. За переміщення автомобіля відповідає автопілот. Для більшої зручності навантаження сміттевоз рухається заднім ходом, при цьому встановлені на ньому сенсори-лідари попереджають про об'єкти, які знаходяться на шляху. Таким чином, автономний сміттевоз і водій виконують кожен свою функцію: перший переміщається від одного місця збирання сміття до іншого, а водій займається перевантаженням сміття з контейнерів у відсік ущільнення відходів» (Агеев, 2017 в).

Український безпілотник. У справу створення безпілотних автомобілів на транспорті роблять свій внесок і українські розробники. Зокрема, запорізька компанія «Інфоком ЛТД» розробила автопілотний модуль Pilotdrive, який може бути встановлений на існуючі на ринку автомобілі –

як на легкові, так і на вантажні (рис. 7.30). Програмна частина модуля повністю розроблена українськими фахівцями, а от технічні вузли в більшості своїй закуповуються за кордоном (Америка, Німеччина, Китай).



Рисунок 7.30 – Легковий автомобіль, обладнаний українським автопілотом Pilotdrive (В Україні, 2016 б)

Обладнаний установкою Pilotdrive автомобіль оснащений камерами, датчиками, радарми та тепловізором, які дозволяють йому орієнтуватися в просторі. Датчики безпілота мають охоплення 360°, що виключає виникнення сліпих зон. Сенсорні системи розпізнають дорожні знаки, пішоходів і навіть тварин, що вибігають на проїжджу частину. Реакція автомобіля на перешкоду миттєва, запевняють розробники, – система аналізу і прийняття рішень спрацьовує за частки секунди. Установка також має унікальну систему візуалізації інформації (пройдений шлях, швидкість, витрата палива, працездатність вузлів, ін.) від компанії Siemens. Це полегшує прийняття пасажиром (водієм) необхідних рішень (В Україні, 2016 б).

За визнанням розробників створення безпілотного модуля значною мірою було обумовлено війною на Донбасі. Мета – мінімізація ризиків і збереження життя людей при виконанні бойових завдань (перевезення боєприпасів, продовольства, палива, медикаментів у зону бойових дій, евакуація поранених, ін.). Виконання значної частини цих завдань і беруть на себе безпілотні транспортні засоби.

Можливими сферами застосування безпілотників можуть бути також: кар'єри, звідки буде вивозитися сировина, що добувається; збирання врожаю та ін.

Безконтактні зарядки. Говорячи про безпілотне майбутнє автомобілів, не можна залишити поза увагою дуже важливе питання їх безконтактної зарядки. Ця проблема життєво важлива з точки зору розвитку Четвертої промислової революції. Навчивши транспортні засоби обходитися без людини на дорогах, необхідно навчити їх бути незалежними від людини і в усьому іншому.

Сьогодні в світі відбувається напружена робота з удосконалення методів безконтактної зарядки електромобілів (Найден, 2017; Хижняк, 2017 б). Технології безконтактної зарядки будуються на створенні (індукції) електромагнітного поля вздовж полотна дороги. Рухаючись по ній, електромобіль заряджає свої акумулятори. Необхідно додати, що й саму електрику, за задумом творців, дорога буде виробляти сама за рахунок сонячних панелей, прокладених під шаром прозорого захисного покриття – своєрідного «прозорого бетону». Однак ефективність такої зарядки нижча, ніж у методу прямого поповнення заряду.

Експериментальну ділянку такої дороги вже побудовано у Великобританії. Її творці – вчені та інженери зі Стенфордського університету і державна компанія Highways England (У Британії, 2015). Подібні дослідження проводяться також у Нідерландах (Голландские, 2017), Ізраїлі (Кузнецов, 2017), Китаї (Скрипин, 2017 в).

Втім, подібний метод безконтактної зарядки є не єдиним. Українець Вадим Демидюк представив власний концепт триколісного електромобіля взагалі без акумулятора. Електроенергію він отримує від надшвидкісного передавача бездротовою мережі (як наші пристрої отримують сигнали Інтернету від мережі Wi-Fi). Це дозволяє відмовитися від акумулятора і знизити вагу автомобіля. Останній може використовуватися постійно – без перерв на підзарядку (Григоров, 2017).

Дрони. Усе більшу роль у суспільному житті починають відігравати безпілотні літальні апарати (БПЛА, рідше БЛА; у розмовній мові також – «безпілотник», або «дрон», від англ. Drone – трутень). Під ними розуміються літальні апарати без екіпажу на борту. Дрони можуть мати різний ступінь автономності – від дистанційно керованого до повністю автономного. Вони також можуть істотно відрізнятися за конструкцією, розмірами, призначенням і безліччю інших параметрів (Беспилотный летательный, 2017).

Сторінки історії

Передумови для створення дистанційно керованих літальних об'єктів почали виникати з появою електрики і радіо. Австрійська армія використовувала керовані по дротах повітряні кулі для бомбардування Венеції 22 серпня 1849 року. У 1897 році, коли бездротовий телеграф іще тільки з'явився, британець Ернест Вільсон (Ernest Wilson) запатентував бездротовий спосіб управління дерижаблем. Щоправда, даних про його практичне втілення немає. Але ще в 1898 році за два роки до того, як подібні дослідники став проводити Марконі (Marconi), Нікола Тесла (Nikola Tesla) на виставці в Медісон Сквер Гарден (Madison Square Garden) продемонстрував бездротовий дистанційний контроль за невеликим судном. У цьому самому році він запатентував свій винахід. У 1900 р. він уже продемонстрував бездротовий

контроль за керованою повітряною кулею. Такий метод управління був названий самим винахідником «телеавтоматикою» (Remote, 2017).

Аж до 2000 років розвиток безпілотної авіації був пов'язаний головним чином з військовою сферою. Нові технології і нові технічні рішення розкрили можливості використання авіаційних безпілотників у різних сферах діяльності (20 примеров, 2016; 15 профессий, 2017; Нед, 2015).

Геологія, археологія, управління інфраструктурою. Використання дронів значно полегшує виконання завдань з геологорозвідки та в археології. Зокрема, в 2016 році квадрокоптер GoPro завдяки використанню тепловізора допоміг виявити місцезнаходження холодних ділянок під піском, що дозволило знайти стародавнє поселення в Мексиці. Тепловізори, встановлені на дронах, допомагають відслідковувати прориви на теплотрасах у великих містах України.

Страховий бізнес. Компанія State Farm стала першою в США, що отримала в 2015 р. дозвіл від Федерального авіаційного управління на тестування безпілотників для комерційного використання. Потенційною сферою використання є оцінка збитку (наприклад, від пошкодження дахів) у результаті стихійних лих. Дрони почали тестувати такі страхові компанії, як AIR і Liberty Mutual Insurance.

Управління будівництвом. Дрони все частіше використовуються для контролю за процесами будівництва (збирання передпроектної інформації, аналіз динаміки процесу будівництва і використання матеріалів, ін.). Американський стартап Kespri вийшов на ринок з прототипом дрона, здатного виконувати подібні завдання.

Інспекція промислових об'єктів. Дрони здатні взяти на себе частину функцій, пов'язаних з ризиком роботи у важкодоступних місцях (наприклад, на висоті). Перевірка з використанням дронів здійснюється швидше, дешевше і набагато ефективніше. Компанії AirFusion і Strat-Aero створили безпілотник WindSpect для інспекції і виявлення дефектів вітряних турбін. Останні розробки в сфері машинного бачення і штучного інтелекту дозволяють автоматично виявляти і класифікувати технічні дефекти.

Французька енергетична компанія Total використовує дрони для виявлення витоків із газопроводів. Американська компанія Jet Propulsion Laboratory (JPL) працює над створенням маленького «нюхача», який зможе виявляти найменші витoki уздовж 48-тисячомильного газопроводу.

Британська компанія Cyberhawk однією з перших використала дрони для перевірки газових свердловин. Апарати компанії, працюючи в безпосередній близькості над свердловинами, дозволяють оцінити їх стан. Подібна інспекція дає можливість ретельно підготуватися до ремонтних робіт (зокрема, завчасно замовити необхідні запчастини).

Медична допомога. Технічний університет TU Delft (Делфт, Нідерланди) розробив прототип дрона під назвою Ambulance Drone, здатного надавати допомогу лікарям у критичних ситуаціях. Зокрема, він містить навіть дефібрилятор, а також дозволяє лікарям віддалено стежити за ситуа-

цією після розряду. Іспанська компанія Dronelife та індійська Fortis Healthcare розробляють дрони для доставки трансплантаційних органів.

Наукова діяльність. В університеті Флориди розроблений прототип дрона, що допомагає в проведенні наукових досліджень. Маленький (15-сантиметровий) безпілотник, що важить не більше, ніж iPod, здатний проникати прямо в епіцентр шторму і навіть занурюватися у воду, збираючи цінну, раніше недоступну метеорологічну інформацію.

Інструментарій на космічних станціях. Сьогодні фахівцями Project Tango і NASA створюються спеціальні дрони, здатні працювати в невагомості на космічних станціях.

Формування структури Інтернету. Відразу два IT-гіганти Facebook і Google оголосили про своє рішення утворити мережу з супутників, лазерів і дронів, які в змозі забезпечити інтернет-покриття по всій планеті. Для цього вже зараз розпочато розробки зі створення дронів на сонячних батареях.

Служба НС. У Массачусетському технологічному інституті (МТІ) розроблений невеликий квадрокоптер, здатний виконувати завдання, що, як правило, виникають у разі надзвичайних ситуацій (доставка продовольства, ліків, необхідних інструментів та ін.). Таке транспортування обійдеться в рази дешевше і з мінімальним ризиком для рятувальників. Уже зроблено дрони, що попереджають про повені, пожежі та інші стихійні лиха.

Поштова служба та служба доставки. Компанії Amazon і Alibaba планують використовувати дрони для доставки своїх замовлень (якщо їм вдасться подолати законодавчі заборони). Свої власні завдання вирішує найбільша піцерія світу Dominous Pizza. Ще два роки тому вона почала розробку своїх власних ДоміКоптерів для доставки піци.

Санітарно-епідеміологічна служба. Фахівці планують використовувати роботів-дронів для обстеження територій та оцінки рівня електромагнітного й радіоактивного випромінювання, а також хімічного забруднення та шуму. Подібна оцінка, зокрема, може передувати початку будівельних робіт.

Ресторанний бізнес. У лондонському ресторані Yo Sushi дрони вже успішно замінюють літаючі підноси. Офіціанти тепер не переміщаються між столиками, а керують безпілотниками через iPad-додаток. Подібне нововведення планується в деяких ресторанах Сінгапуру, де передбачається використовувати дрони Infinium Robotics. Їх робота базується на комп'ютерній програмі, а орієнтуватися в просторі вони зможуть за допомогою інфрачервоних датчиків. Передбачається, що за один раз дрон буде переносити до двох кілограмів їжі та напоїв.

Патрульна служба. Боротьба з незаконною імміграцією, піратством, тероризмом незабаром може також стати функцією дронів. Поліція та прикордонники Австралії вже давно використовують безпілотники для забезпечення безпеки узбережжя. Їх прикладу збирається послідувати Індія. Ще одним напрямком може стати екологічний контроль – запобігання незаконним випадкам забруднення середовища. А співробітники Deutsche Bahn використовують дрони для охорони інфраструктури залізниці та рухомого

складу. Зокрема, вдалося максимум скоротити нанесення графіті. В Австралії дрони попереджають також про можливості нападу акул.

Агровиробництво і лісове господарство. Дрони здатні виконувати різні види сільгоспробіт (внесення добрив та хімікатів, посівів культур, ін.). Співробітники Гарвардського університету навіть створили рободжолу, дрона, здатного виконувати роботу бджіл. Дрони також здатні здійснювати моніторинг сільгоспугідь – визначати їх вологість, наявність поживних речовин, ступінь зрілості врожаю. Безпілотники також використовуються для моніторингу стану лісових масивів і навіть беруть участь у посадці лісових культур.

Спортивна діяльність. Дрони здатні задавати параметри різних тренувальних вправ, наприклад, швидкість бігу. Вони також можуть використовуватися як своєрідні спаринг-суперники в змаганні з бігу. Зокрема, подібний дрон-робот Jogobot створений фахівцями австрійського технологічного інституту.

Журналістика та кінематографія. Фахівці університету Міссурі (University of Missouri) досліджують можливості збору дронами інформації для цілей ЗМІ. Компанія Falkor Systems займається розробленням дронів для спортивної журналістики і зйомки екстремальних видів спорту (сноубординг, бейсджампінг, ралі та ін.). У 2015 році пройшов навіть фестиваль фільмів (Flying Robot International Film Festival), знятих за допомогою дронів.

Охорона дикої природи. Дрони використовуються для моніторингу процесів (наприклад, міграції тварин), що відбуваються в екосистемах. У багатьох країнах вони використовуються для виявлення і перехоплення браконьєрів.

Розваги і шоу-бізнес. Працівники Disney уже сьогодні впроваджують дрони в своїх повітряних шоу. Їх пересування контролюється спеціальними станціями управління. Безпілотники можуть використовуватися і в інших шоу-виставах, зокрема і в рекламних цілях. Вони можуть бути також використані для організації розважальних змагань безпілотників.

Безпілотники в агробізнесі. Сільгоспвиробництво є одним з найбільш трудомістких видів бізнесу. Тому не дивно, що використання безпілотних технологій є найбільш затребуваним саме там.

Сторінки історії

Одним із перших винахідників тракторного автопілота став наприкінці 1930 американський фермер Френк Андреу (Frank W. Andrew). За задумом творця його безпілотний трактор (driverless tractor) рухався по спіралі від центра поля, обробляючи землю або саджаючи культури (Condon et al, 1940).

У 1950 свій безпілотний трактор спробував створити сам автомобільний магнат Форд (Ford). Він, щоправда, так і не знайшов застосування через те, що не була створена базова умова його роботи – керуючий підземний кабель (Leffingwell, 2001).

Особливих переваг у безпілотному тракторі не бачили до 1994 року, коли інженери з науково-дослідного інституту Сілсох (Silsoh) розробили систему картографічного аналізу (picture analysis system), яку можна було використовувати в роботі невеликих тракторів, спроектованих для збирання овочів і коренеплідних рослин (Williams, 2002).

Розвиток точного землеробства (precision agriculture), поява комп'ютерних технологій і сучасних засобів зв'язку (перш за все GPS) зробили використання безпілотних тракторів значно ефективнішим. Усе це створило передумови для широкого використання безпілотних технологій в аграрному виробництві (Driverless, 2017).

Розробки зі створення сучасних безпілотних тракторів і комбайнів, які використовують елементи роботів, стартували на рубежі 2000–2010 років. Перші серійні зразки безпілотної агротехніки очікуються на початку 2020 років. На сьогодні провідними розробниками агропромислових безпілотників є корпорації John Deere (США), Autonomous Tractor Corporation (США), Fendt (Німеччина), Case IH (Італія).

Для забезпечення безпілотних режимів агротехніки використовуються два різних підходи. Перший базується на дистанційному управлінні техніки людиною за допомогою, наприклад, антен або супутникових засобів. Людина може контролювати роботу такої техніки, перебуваючи в офісі або ж в одній із працюючих машин. В останньому випадку в полі може працювати кілька тракторів або комбайнів, які будуть слідувати за машиною з оператором, підтримуючи за допомогою комп'ютерів задану швидкість, напрямок руху та ін.

Другий підхід базується на забезпеченні значно більшої автономності роботи сільгосптехніки без участі людини.

Такі безпілотники працюють на основі спеціального програмного забезпечення (електронних карт), використовуючи для орієнтації різні технічні засоби (лазери, сенсори, радары, системи GPS й інші технології). Фермер може запрограмувати безпілотну техніку працювати дуже вибірково і точно на кожному конкретному полі. Наприклад, добриво можна буде вносити в таких дозах і пропорціях, які відповідають типу ґрунтів на заданому полі, а підбір добрив здійснювати відповідно до потреби саме цього ґрунту (Беспилотные тракторы, 2017).

Японська компанія Honda представила роботизовану газонокосарку Міімо. Протягом кількох років вона добре зарекомендувала себе на європейських газонах і найближчим часом розпочне працювати ще в кількох країнах. Зокрема, охоплюється майже вся територія США, за винятком штату Каліфорнія. Honda пропонує дві основні моделі Міімо–310, розраховані на обробку ділянок до 0,2 га і Міімо–520 – до 0,3 га.

«Міімо оснащена акумулятором, бортовим комп'ютером, таймером і серією датчиків, що гарантує її власникові принцип управління «включив і

забув». Таймер можна встановити на денний і нічний покiс, а також налаштувати на режим покосу інтервалами. Перед початком роботи потрібно встановити спеціальні обмежувальні дроти, щоб газонокосарка не вийшла за межі майданчика. Кордон може встановлюватися як на поверхні, так і під нею по периметру газону, а також навколо перешкод – дерев і клумб, якщо вони є на ділянці. Honda Miimo косить невеликими «порціями», зрізаючи по 2–3 мм за раз кілька разів на тиждень. Ще одна особливість Miimo: після неї не потрібно збирати зрізані фрагменти трави. Оскільки вони дуже малі, то з часом перегнивають і стають гарним добривом для трав'яного газону» (Агеев, 2017 б).

Український агроробот. Ведучи мову про безпілотні технології в агровиробництві, не можна не згадати про розробки українських дослідників. Команда інженерів із Дніпра розробила концепт автономного модульного агрокомплексу AgroSmart L із сонячними панелями як джерела живлення. Він зможе обробляти до 3 000 га за день. На сьогодні розроблено діючий прототип моделі в масштабі 1:15.

Як пояснює керівник проекту Максим Тютюнників: «Комплекс має модульну систему і складається з системи безпілотних «міні-тракторів», направляючої ферми і набору навісних маніпуляторів. Вони зможуть виконувати будь-які польові роботи і підбиратися залежно від потреб сільгоспвиробників. Завдяки сонячним панелями і акумулятору робот зможе працювати цілодобово. Бортовий комп'ютер «розумного» трактора можна буде запрограмувати на багаторічний період роботи: робот зможе сам заїжджати на поле, а транспортні модулі будуть підвозити насіння, добрива й тару, відправляючи на склад уже фасовану продукцію.

«Згідно з концепцією з боків робота будуть розташовані вантажні модулі, які будуть доставляти витратний матеріал і забирати врожай. Комплекс зможе постійно знаходитися в полі, а за процесом роботи можна буде спостерігати он-лайн – при цьому один оператор буде контролювати відразу кілька таких агрегатів». Робот здатний буде обробляти одночасно близько восьми культур. «На відміну від існуючих аналогів він зможе адаптуватися під рельєф і працювати навіть на нерівній місцевості».

«Традиційна сільгосптехніка своєю вагою утрамбовує землю, порушуючи капілярний обмін і завдаючи шкоди ґрунтам, та ще й використовує велику кількість паливно-мастильних матеріалів. До того ж навіть сучасні точні технології землеробства не дозволяють уникнути великих монокультурних полів із бур'янами і шкідниками, для знищення яких потрібні отрутохімікати. Запропонована технологія АГРОМА дозволяє трактору рухатися по доріжках, а не по ріллі, а точна посадка – вирощувати на одному полі разом різні рослини: наприклад, ряди пшениці, конюшини, картоплі та капусти» (Українці розробили, 2017).

Безсумнівною перевагою безпілотників є їх здатність працювати «без утоми» цілодобово, максимально реалізуючи функції сільгоспроботи в

найоптимальніші для цього строки, а отже, з максимальною ефективністю для агровиробництва.

Безпілотний водний транспорт. Сфера застосування безпілотних технологій не обмежується авіацією і сухопутним транспортом. До процесу переходу на автопілотування додалися і водні види транспорту. Зокрема, в 2018 році планується прийняти до експлуатації автономний контейнеровоз на електричній тязі, розроблений спільно норвезькими компаніями Yara і Kongsberg.

Судно під назвою Yara BirketLand планується використовувати під час перевезення добрив, виготовлених на заводі компанії Yara в містечку Просгрунн до довколишніх міст Бревек і Ларвик. Передбачається, що весь 2018 рік корабель буде експлуатуватися в пілотованому режимі, а протягом 2019–2020 років його переведуть повністю на автономний режим.

Істотною перевагою корабля-безпілотника є його екологічна чистота. У перспективі використання таких судів дозволить значно скоротити атмосферні викиди, адже щорічно за вказаним маршрутом потрібно до 40 тисяч вантажних рейсів (Агеев, 2017 а).

Цей проект не є єдиним. Компанія Rolls Royce представила власну концепцію судна-безпілотника. Його управління передбачається здійснювати дистанційно – з берегових центрів управління. Це дозволить значно знизити вартість перевезень і витрати на побудову самого судна – йому будуть не потрібні каюти і палуби.

Початок регулярних комерційних рейсів автономних вантажних суден на електричній тязі відкриває величезні перспективи в галузі судноплавства, дозволяючи значно скоротити питому вартість вантажоперевезень і екологізувати транспортні процеси.

Вплив безпілотного транспорту на економіку. Безумовно, розвиток безпілотного транспорту перебуває тільки на його початковій стадії і залежить від подолання значного числа проблем: технічних і соціальних. Вони пов'язані з удосконаленням технологічної основи, звиканням людей, опором суспільства новому, що руйнує усталений уклад життя і порушує існуючий товарно-грошовий метаболізм економічних систем.

Однак роль безпілотного транспорту необхідно розуміти правильно. Він впроваджується не просто для того, щоб поліпшити окремі сторони життя суспільства. Його прихід – вимушений захід, щоб вивести людство з глухого кута, в який воно потрапило і впритул підійшло до соціально-екологічної катастрофи. Зовнішніми проявами цього тупика є: колосальне забруднення середовища та кілометрові пробки на автомагістралях, що трембують простоями транспортні потоки, приносячи значні збитки. Безпрецедентна аварійність існуючих транспортних систем щорічно забирає життя понад одного мільйона землян. Необхідно також відзначити колосально

низьку ефективність використання транспортних засобів, що не перевищує кількох відсотків.

Як і раніше, очікує вирішення низка проблем: технічних (підвищення безпеки), юридичних (встановлення відповідальності за можливе нанесення збитку), соціальних (втрата робочих місць, пов'язаних із водінням транспортних засобів), етичних (прийнятність вибору автопілотом жертв у критичних ситуаціях – якщо їх не можна уникнути в принципі) й інші (Дембинская, 2016).

Однак уже сьогодні можна бачити ті переваги безпілотного транспорту, які обіцяють якісно змінити стан транспортних процесів і життя людей (Беспилотный, 2015):

- кардинальна мінімізація ДТП і людських жертв;
- зниження вартості транспортування вантажів за рахунок економії на заробітній платі і часу відпочинку водіїв;
- зниження кількісної потреби у транспортних засобах;
- підвищення пропускну здатності доріг за рахунок зниження кількості транспортних засобів завдяки їх оптимальному завантаженню;
- розвантаження людини від необхідності виконувати роботу з управління транспортним засобом заради можливості виконувати більш творчу роботу;
- підвищення ефективності використання транспортних засобів (в автопілотному варіанті їх завантаження зростає з 10–50% до 100%);
- зниження ризику для людей у разі доставки вантажів у небезпечних зонах або небезпечних умовах;
- зниження екологічного навантаження за рахунок оптимізації парку транспортних засобів і їх переведення на альтернативні види енергії.

Прихід у наше життя безпілотного транспорту фактично являє собою першу хвилю Четвертої промислової революції, що накопчується на людство. В ній основне навантаження з фізичної праці починають брати на себе машини. Це змушує переглянути багато усталених понять життя і діяльності людини в бік переходу від пріоритету трудових функцій людини до пріоритету її особистісного розвитку.

7.7. Стратегічні питання розвитку транспорту

Визначаючи стратегічні напрямки розвитку транспорту, людина не може вийти за межі жорстких матеріальних обмежень, що об'єктивно існують на Землі. У поєднанні з економічними, соціальними та екологічними факторами вони формують поле найбільш ймовірних віртуальних траєкторій, за якими будуть слідувати транспортні рішення. До таких факторів необхідно передусім віднести:

- максимальну кількість одночасного перебування в обмеженому просторі матеріальних об'єктів (транспортних засобів);
- еколого-економічні характеристики джерел енергії, що використовуються;
- еколого-економічну ефективність виду транспорту (ефект на одиницю транспортної роботи);
- максимальну швидкість переміщення пасажирів або вантажів, яка може досягатися;
- соціальні показники (зручність фізичного досягнення пасажирями даного виду транспорту і знаходження в ньому під час переміщення);
- безпеку використання даного виду транспорту для людини, антропогенного середовища та природи.

У зв'язку із зазначеним доцільно провести аналіз шляхів розвитку транспорту за чотирма стратегічними рівнями:

- міжконтинентальним;
- трансконтинентальним;
- регіональним;
- локальним.

Міжконтинентальний рівень передбачає комунікації між континентами. У його швидкісному діапазоні сьогодні він забезпечується винятково авіаційним транспортом. Останній нині досягнув межі своїх можливостей (за кількістю одиниць, що використовуються в обмеженому просторі, швидкістю, питомою ефективністю здійснення транспортних операцій. Це обумовлено рядом причин.

Перевантажений авіаційний трафік гальмує кількісне нарощування транспортних засобів. Збільшенню швидкості транспортних перевезень перешкоджає різке зниження питомої ефективності та безпеки перельотів при таких режимах. Як відомо, спроба вирішення проблем збільшення швидкості за рахунок створення надзвукової пасажирської авіації (досвід Радянського Союзу і Франції) продемонструвала негативні результати. Ще не проглядаються горизонти значного зниження екологічності польотів традиційної авіації. Можливості ефективної електрифікації або водневізації літаків намітилися лише в секторі малої авіації. Незважаючи на всі зусилля, не вдається підвищити безпеку польотів, зокрема через зростання терористичних загроз. Авіація, на жаль, програє іншим видам транспорту з точки зору зручності для пасажирів. Сказане означає, зокрема, неможливість початку/закінчення подорожі в безпосередній близькості від районів проживання людей у містах. Авіація також значною мірою залежить від умов погоди.

Як бачимо, велика кількість зазначених нерозв'язних проблем в рамках існуючого виду транспорту обумовлює необхідність його хоча б част-

кової заміни на інший вид або інші види транспорту, здатні подолати пороги збільшення еколого-економічної ефективності та підвищення соціальної комфортності.

На разі можна говорити про двох основних претендентів як альтернативи традиційної авіації для забезпечення міжконтинентальних перевезень: нові неповітряні (зокрема, наземні або підводні) супершвидкісні види транспорту і гіперзвукову авіацію нового покоління.

Контури першого спостерігаються у потягах на магнітній підвісці (маглева), що уже експлуатуються, і, можливо, в запропонованому І. Маском і його колегами вакуумному трубному транспорті – *гіперлупі*, що обіцяє розвиток надзвукових швидкостей (до 1 200 км/год і вище). Не виключено, що з часом можливим буде будівництво навіть підводних трас маглева або гіперлупа. Принаймні китайські фахівці розробляють проект створення подібної швидкісної магістралі від материкової частини країни до Тайваню (180 км). Дистанцію передбачається долати за 13 хвилин. Інакше кажучи, з орієнтовною швидкістю в 830 км/год (Голованов, 2017 а).

Поки не зрозумілий до кінця вид транспортних засобів, який буде обраний для руху в згаданому тунелі – маглев чи гіперлуп. В остаточному підсумку принципова різниця між ними полягає лише в ступені розрідженості повітряного середовища, яким рухатимуться транспортні засоби. Зрештою, можливо, буде знайдений якийсь проміжний варіант – зокрема, розріджене повітря, що знижує опір середовища, але при цьому не створює фатальних загроз для життя пасажирів у разі непередбачених ситуацій.

Сторінки історії

До речі, ідея використання тунельних міжконтинентальних поїздів далеко не нова. Ще в 1888 році проект такого тунелю між Європою і Америкою описав у своєму оповіданні син Жюль Верна Мішель Верн (Michel Verne). Подібні ідеї висловлювалися письменниками і пізніше. Починаючи з другої половини ХХ століття ця ідея стала набувати обрисів вакуумного тунелю, яким ідуть потяги на магнітних підвісках. Зокрема, Гаррі Гаррісон (Harry Harrison) у романі 1972 року «Хай живе Трансатлантичний тунель! Ура!» описує варіант саме такого тунелю, що проходить по дну Атлантичного океану.

Робота над інженерними проектами почалася з 1960 років. Наразі вимальовуються два варіанти 5 000-кілометрового тунелю, яким повинні слідувати потяги, що досягатимуть швидкості від 500 до 8 000 км/год: 1) по дну або під дном океану; 2) плаваючий тунель на глибині приблизно 50 метрів. З урахуванням можливості використання сучасних технологій і матеріалів вартість створення таких тунелів оцінюється сумою від 90 до 175 мільярдів доларів. Утім, про втілення в конкретні проекти цих концептуальних рішень мова поки не йде (Трансатлантический, 2017).

Якщо врахувати, що з'єднати Євразію з Аляскою тунелем під Беринговою протокою (86 км) не є важкою технічною проблемою (для порівняння: довжина існуючого тунелю під Ла-Маншем становить 52,5 км, а довжина Готтхардського (Gotthard) тунелю в Швейцарії – 153 км), можна припустити, що в недалекому майбутньому всі континенти планети (за винятком Австралії) будуть з'єднані наземними видами надшвидкісного транспорту (із середньою швидкістю не менше 1000 км/год). Це означає, що подорож із якоїсь європейської столиці через усю Євразію і Аляску, наприклад, в Чилі (приблизно 22 000 км) в комфортабельному вагоні (до того ж, швидше за все, ще й спальному) зможе зайняти трохи більше доби. Це стільки ж, скільки сьогодні займає поїздка в купейному вагоні з Києва до Берліна.

Звичайно ж, в осяжному майбутньому людству навряд чи вдасться відмовитися від послуг традиційної авіації, особливо в спектрі міжконтинентальних комунікацій, але вони значною мірою будуть витіснені різними видами надшвидкісного наземного транспорту (передусім маглевом і, можливо, гіперлупом).

На початку 2017 року в Інтернеті (YouTube) з'явилося повідомлення про намір Китаю здійснити амбітний проект. Він пов'язаний із будівництвом залізничної колії протяжністю 13 000 км. Швидкісні пасажирські експresi будуть слідувати з Китаю через Сибір, проїжджати через тунель під Тихим океаном, потім рухатися через Аляску та Канаду в центральні регіони США. Поки швидкість поїздів планується в межах 350 км/год, що дозволить добиратися з Китаю до США менше, ніж за два дні в комфортабельному вагоні (Поезда, 2017). Але ми знаємо, що апетит приходить під час їди. Це повною мірою відноситься до запланованої швидкості руху поїздів. Уже навіть традиційні поїзди навчилися розвивати швидкість понад 500 км на годину. Потяги ж на магнітній підвісці рухаються і того швидше. Тому до моменту будівництва магістралі швидкість поїздів на ній може істотно зрости.

Як ми вже переконалися в підрозділах 7.4 і 7.5, значна конкуренція на ринку транспортних послуг міжконтинентального характеру відбувається між різними компаніями, що розвивають суборбітальні і гіперзвукові польоти нового покоління. Втім, межа між ними стає все менш відчутною.

Необхідно очікувати, що нові технології і конкуренція зможуть принести сприятливий економічний результат у вигляді істотного зниження вартості квитків на транспортні послуги. І хоча щодо нової авіації сьогодні ми можемо говорити лише в рамках прогнозованих величин, їх порядок уже є задовільним. Якщо порівнювати вартість польотів нинішніх космічних туристів (до 10 млн доларів США) і очікувану вартість польотів у ближній космос (до 200 тис. доларів), можна переконалися, що в підвищенні ефективності пасажирських авіаперевезень можна очікувати істот-

ний якісний стрибок. Ще нижче прогноуються ціни на міжконтинентальні гіперзвукові перельоти нового покоління (близько 5 тис. доларів). Це вже буде по кишені значній кількості населення.

Порівняння зазначених двох альтернатив (безумовно, за умови їх практичної реалізації) виявляє незаперечні переваги наземних (або точніше неавіаційних) видів транспорту – таких, як маглев або гіперлуп. Це стосується всього спектру згаданих чинників: включаючи зручність пасажирів, їх безпеку, екологічність транспорту, економічну ефективність експлуатації транспортних засобів. Різницю можна відчути вже сьогодні. Вона відображена в різниці анонсованої ціни послуг, що надаються (кілька десятків доларів на людину – у наземних видів транспорту і кілька тисяч доларів – у новій авіації). Суборбітальні перельоти можуть претендувати хіба що на ніші транскеанічних комунікацій, тобто ті, де маглев або гіперлуп з об'єктивних причин не зможе їм скласти конкуренцію, в усякому разі в найближчій перспективі.

Трансконтинентальний рівень (від 1 до кількох тисяч км) транспортних комунікацій, мабуть, буде забезпечуватися значною мірою залізничним та авіаційним транспортом нового покоління.

У даному спектрі пасажирських комунікацій серед наземних видів транспорту цю нішу, мабуть, будуть займати потяги на магнітній підвісці – маглев (від 600 до 800 км/год) і високошвидкісні залізничні потяги (понад 500 км/год).

У згаданих видів транспорту є всі підстави витіснити інші види транспортних засобів на ринках трансконтинентальних перевезень завдяки їх перевагам: надійності, пунктуальності, комфортності, зручності початкового / кінцевого пункту призначення і постійно зростаючій швидкості пересування. Зокрема, встановлений кілька років тому у Франції рекорд швидкості руху традиційного надшвидкісного потягу становить 570 км/год. Високошвидкісні поїзди, рух яких здійснюється окремими лініями, як правило, пунктуально доставляють пасажирів максимально близько до місця їх проживання або призначення (зокрема, безпосередньо в населені пункти). У сучасному швидкісному потязі за бажанням пасажирів його місце може бути перетворено на офіс (оснащений wi-fi та іншими необхідними атрибутами), кінозал, куточок для відпочинку. Вже сьогодні швидкості традиційних *intercity* поїздів у більшості європейських країн, а також Японії, Китаї та Південної Кореї досягають 210 км/год, а окремих – 350 км/год. В недалекому майбутньому вони можуть зрости до 350–400 км/год. Різниця в швидкості порівняно з авіацією на дистанціях до 1 000 км компенсується виграшем у часі на підготовку до самої поїздки і комфортом під час неї.

Ще більший набір переваг (швидкість, пунктуальність, комфорт) має маглев. Недоліком же згаданих наземних видів транспорту є їх значна капіталомісткість створення необхідної інфраструктури (передусім будів-

ництва магістралей руху). Причому питомі (на одиницю шляху) капітальні витрати зростають пропорційно до їх переваг: вони вищі у маглева і менші – у залізничного транспорту.

Великі шанси знайти своє місце в трансконтинентальних перевезеннях має гіперлуп (Hyperloop) за умови, що нові технології і матеріали допоможуть вирішити його складні технічні проблеми. Як мінімум цього можна очікувати у сфері вантажних перевезень.

Значну частку трансконтинентальних перевезень, особливо на значній відстані – понад 1000 км, повинна зберегти за собою авіація, яка також має свої переваги. Вона взагалі не вимагає будівництва спеціальних споруд на маршрутах пересування транспортних засобів. Крім того, вона має транскордонний характер комунікацій, адже перетинає кордони держав по повітрю. Ця перевага посилюється в регіонах зі складним рельєфом місцевості і на територіях, розділених кордонами з різним візовим режимом. Збільшення швидкості літаків до гіперзвукових значень у поєднанні із заходами щодо екологізації авіації та підвищення рівня комфорту обіцяє підвищити її конкурентні переваги.

Ще «не сказали» свого останнього слова і дирижаблі, особливо у сфері вантажних перевезень. Нові конструкторські рішення і нові матеріали будуть сприяти поверненню в експлуатацію одного з найдешевших видів транспорту. Можливо, для цього доведеться створити спеціальну інфраструктуру на маршрутах пересування дирижаблів. Не виключено, що функціонування дирижаблів здійснюватиметься за спеціальними обмеженими низьковисотними коридорами, створення яких вимагає незначних витрат, однак мінімізує фактори ризику зіткнення дирижаблів з іншими засобами авіації або об'єктами наземної інфраструктури.

Роль автомобільного транспорту на наддалеких відстанях трансконтинентальних перевезень буде знижуватися в міру розвитку інших видів транспорту.

Регіональний рівень перевезень (до 1 000 км) швидше за все значно розширить кількість форм транспортних засобів, які його забезпечують. Крім традиційних – залізничного та автодорожнього транспорту, а також маглева – там можуть з'явитися такі відносно нові форми, як струнний транспорт, дирижаблі та гіперлуп.

Перші два із згаданих нових видів транспорту повинні реалізувати свої переваги, пов'язані з порівняно недорогим створенням інфраструктури на територіях, що розвиваються, особливо в районах зі складними природними умовами та складним рельєфом місцевості. Гіперлуп, навпаки, краще створювати в регіонах із розвиненою інфраструктурою, де значну роль відіграє швидкість здійснення комунікацій та інтенсивність вантажоперевезень.

Незалежно від виду транспорту до нього будуть ставитися все більш жорсткі екологічні вимоги. Тому в найближче десятиліття повинен бути завершений перехід транспорту на відновлювані джерела енергії: електрику, водень, біопаливо.

Існують ще два істотних явища, які очікують нас, на згаданих рівнях транспортних перевезень і можуть особливо проявитися саме на регіональному рівні. Це використання автопілотів і повністю безпілотний (його ще називають автономним) метод керування транспортними засобами. Саме на цьому рівні перевезень формуються найбільш сприятливі для цього умови: відносно стабільний режим руху (швидкість, напрямок переміщення), мінімум факторів, здатних вплинути на безпеку руху (число непередбачених зупинок і перехресть, необхідність взаємодії з іншими видами транспорту тощо.). Тут також іноді мають місце надвисокі швидкості руху, які вимагають безпосередньої участі людини в контролі за ним.

Локальний рівень транспортних перевезень передбачає переміщення людей і вантажів усередині населених пунктів і в безпосередній близькості від них. Цілком ймовірно, тут нас чекають найбільші зміни. Причому вони будуть відбуватися не тільки на самому транспорті, але і у контурах тих населених пунктів, які він покликаний обслуговувати. Швидше за все обидва процеси будуть відбуватися взаємозв'язано і взаємозалежно: трансформація транспорту впливатиме на зміну підходів до містобудівних рішень, а зміни, що відбуваються в житті і архітектурі міст, будуть обумовлювати зміни змісту і форм транспорту.

Деякі з цих змін відбуваються прямо на наших очах, інші – лише проглядаються в тих тенденціях, які намітилися в процесах розвитку як транспорту, так і містобудівних рішень. Згадаємо лише про деякі з них.

Розвиток мережі швидкісних поїздів, що зв'язують великі міста з передмістями, дозволяє знизити популяційне навантаження на перші і сприяє соціальному розвитку других. У багатьох країнах (західноєвропейські країни, Японія, Південна Корея) швидкісні потяги (до 400 км/год) вже функціонують як міжрегіональне метро. Надшвидкі потяги стають реальністю. Люди отримують можливість жити в комфортних, менш дорогих і екологічно більш прийнятних невеликих населених пунктах, а працювати у великих містах.

Дематеріалізація виробництва, зменшення кількості великих матеріаломістких підприємств зі значною кількістю працюючих дозволяє деконцентрувати виробничі площі та відмовитися від індустріально центричного планування населених пунктів (у центрі – завод, а на периферії – житлові масиви). Це створює можливості, щоб розвантажити центри міст від великих транспортних магістралей, які обслуговують індустріальні комплекси, для формування на їх місці природних об'єктів (парків, скверів). З'являються можливості також для створення інфраструктури, функціону-

вання легких індивідуальних транспортних засобів (велосипедів, скутерів, скейтів, ін.).

Розвиток безпілотного транспорту дозволить більшості мешканців міст відмовитися від індивідуальних автомобілів на користь їх оренди. Це сприятиме значному зниженню кількості транспортних засобів у місті і значному поліпшенню їх пересуванню в міському середовищі. Знижується також ймовірність аварій транспорту і число постраждалих від цього людей.

У найближче десятиліття має бути повністю здійснений у міському середовищі перехід на екологічно досконалі види транспорту. Крім того, повинна бути значно збільшена частка громадського транспорту в реалізації міських комунікацій, особливо в центральних районах міст.

Дематеріалізація транспортних процесів. Можна виділити три основних напрямки трансформації економічних систем, які дозволяють значною мірою дематеріалізувати здійснення транспортних процесів:

- створення і впровадження нових способів бездротової передачі енергії;
- заміна транспортування матеріальних виробів передачею їх інформаційних образів;
- зниження енергоємності та матеріаломісткості функціонування безпосередньо транспортних засобів.

Наразі успішно відпрацьовуються нові способи передачі енергії на основі ультразвукового, мікрохвильового і лазерного методів, а також за допомогою електростатичної й електромагнітної індукції (Омель, 2015). У разі масштабної реалізації це дозволить значно (в рази) знизити матеріаломісткість та енергоємність передачі енергії.

Інформатизація виробництва і широке використання 3D-принтерів створюють передумови для прискореної дематеріалізації не лише виробничих операцій, але і транспортних процесів. З'являється можливість передачі не матеріальних субстанцій, а інформаційних образів (файлів, алгоритмів, програм) із подальшою матеріалізацією виробів на місці застосування.

Яскравим прикладом, що ілюструє потенціал цього напрямку, є доставка американцями на космічний корабель гайкового ключа шляхом передачі інформаційного образу (файла) і його матеріалізації за допомогою 3D-принтера (Омель, 2015).

Як бачимо, сестейнізація транспорту є важливою складовою революційних змін, що визначають трансформаційні процеси в сучасному суспільстві. Здійснюючи перевезення людей і вантажів, транспорт виконує

важливу соціальну функцію, поєднуючи окремі ланки суспільства (структури, виробничі одиниці, особистості) в єдині соціальні системи. Забезпечуючи мобільність, транспорт дарує людині свободу, яка тим більша, чим вища швидкість транспортних комунікацій. А збільшення ступеня вільності створює передумови для розвитку систем.

Змінюючись сам і підвищуючи ступінь мобільності людини, транспорт змінює не лише поняття часу. Він змінює і простір існування людини, підвищуючи якість її життя.

Питання до розділу 7

1. Коротко охарактеризуйте процеси створення нових видів транспорту. Чим вони обумовлені?
2. Що таке маглев? Які функції він виконує? Його переваги і недоліки?
3. Які реальні результати розвитку маглева ви можете назвати?
4. Які характеристики має маглев? Які, на вашу думку, перспективи його розвитку?
5. Охарактеризуйте такий вид транспорту, як Hyperloop, та історію його виникнення.
6. Які технічні й економічні проблеми стоять перед розвитком гіперлупа?
7. Які результати вже досягнуто в освоєнні гіперлупа?
8. Які перспективи розвитку, на вашу думку, має гіперлуп?
9. Охарактеризуйте струнний транспорт Юницького та його переваги і недоліки.
10. Які, на вашу думку, перспективи розвитку струнного транспорту?
11. Які, на вашу думку, проблеми пов'язані із розвитком гібридних видів транспорту?
12. Охарактеризуйте історію розвитку літаючого авто.
13. Які, на вашу думку, перспективи розвитку мають гібридні види транспорту?
14. Які результати існують у розвитку гібридних видів транспорту?
15. Охарактеризуйте результати розвитку нових індивідуальних видів транспорту?
16. Які перспективи, на вашу думку, мають нові індивідуальні види транспорту?
17. Які функції може виконувати суборбітальна авіація?
18. Охарактеризуйте основні результати у розвитку суборбітальної авіації.
19. Які перспективи розвитку, на вашу думку, має суборбітальна авіація?
20. Охарактеризуйте переваги і проблемні сторони у розвитку гіперзвукової авіації.
21. Охарактеризуйте результати розвитку гіперзвукової авіації.
22. Які перспективи розвитку, на вашу думку, має гіперзвукова авіація?
23. Чим обумовлено розвиток безпілотних технологій на транспорті?

24. Охарактеризуйте історію розвитку безпілотних технологій на транспорті.
25. На яких принципах базуються безпілотні технології в автотранспорті?
26. Охарактеризуйте досягнуті результати розвитку безпілотних технологій в автотранспорті.
27. Які успіхи мають українські конструктори у створенні безпілотних технологій на автотранспорті?
28. Охарактеризуйте перспективи використання дронів у господарських системах.
29. Які функції можуть виконувати дрони? Наведіть приклади.
30. Охарактеризуйте значення використання безпілотників в агробізнесі.
31. Історія розвитку безпілотників в агробізнесі.
32. Яких успіхів досягнуто у використанні безпілотників в агробізнесі?
33. Які успіхи мають українські інженери у розробленні безпілотних технологій в агробізнесі?
34. Перспективи розвитку безпілотних технологій на водному транспорті.
35. Як, на вашу думку, впливає розвиток безпілотних технологій на економіку?
36. Які перспективи має розвиток транспорту на міжконтинентальному рівні?
37. Які перспективи має розвиток транспорту на трансконтинентальному рівні?
38. Які перспективи має розвиток транспорту на регіональному рівні?
39. Які перспективи має розвиток транспорту на локальному рівні?
40. Як ви розумієте дематеріалізацію транспортних процесів?

Розділ 8

ФОРМУВАННЯ СЕСТЕЙНОВИХ ПОСЕЛЕНЬ

8.1. Завдання формування сестейнових поселень

У розділі 28 «Ініціативи місцевих влад», прийнятому в Ріо-де-Жанейро (1992), «Розпорядку на XXI століття» (Agenda-21, 1993) міститься заклик до місцевих адміністрацій розробляти власні програми дій з переходу до сестейнового розвитку. «Кожному місцевому органу управління слід вести діалог з громадянами, місцевими організаціями та приватними підприємствами з метою прийняття місцевого Розпорядку на XXI століття (Local Agenda-21). У ході консультацій і вироблення єдиної позиції місцевим органам управління необхідно глибше вникати в інтереси громадських організацій, підприємницьких структур та промислових підприємств, акумулюючи інформацію, необхідну для вироблення оптимальних стратегій» (Agenda-21, 1993). Цей заклик відповідає одному з головних принципів сталого розвитку «Думати глобально – діяти локально». У разі послідовних дій місцевих адміністрацій і територіальних громад відкривається можливість поетапного вирішення глобальних проблем людства шляхом трансформації місцевих економічних, екологічних та соціальних систем у напрямку наближення їх до сестейнового стану.

За значний проміжок часу розвитку людської цивілізації поселення змінювали свої форми, прямуючи від примітивних невпорядкованих селищ до міст-держав (полісів), що характеризувалися певною самодостатністю і безпекою проживання. Значна увага приділялася відтворенню природних факторів (водних джерел, насаджень, ґрунтів та ін.). Це було необхідно для відтворення умов виробництва і рекреації.

У XX столітті виникали ідеї створення міста-саду, потім так званих соціоміст, технополісів тощо. Однак кожен архітектор знає, що план – це лише спроба побороти природну стихію. Будь-яке поселення (територія), навіть побудоване винятково за планом, в якийсь момент починає жити саме по собі. Зокрема, місто – це своєрідний перехід із біосфери в ноосферу. Іншими словами, воно починає керуватися розумом людей. Тому його розвиток є одночасно і стихійним, і керованим процесом. Сьогодні порівняння поселення з живим організмом є цілком реальним. У поселення є тіло – самі будівлі і мережа комунікацій (судини), а також душа – мешканці з їх соціально-духовною енергетикою. Як і організму, поселенню для нормального функціонування потрібні певні речовини (чиста вода і повітря, продукти харчування, мінерально-будівельні ресурси і хімічна сировина, а також енергоресурси: вугілля, нафта, метали, газ, рідке паливо, електроенергія тощо (Тисс, 2013).

При формуванні сестейнових поселень повинне досягатися розумне поєднання адміністративних, організаційних та економічних методів управління, що дозволяє пов'язувати воедино централізовані цілі і завдання формування сестейнового розвитку з інтересами місцевих громад (економічних суб'єктів і населення). З ініціативи місцевих організацій (адміністративних, підприємницьких та громадських) відбувається пошук засобів для досягнення поставлених цілей (Мельник и др., 2010).

Доцільним є використання різних методів адміністративного регулювання в інтересах створення інновацій сестейнової спрямованості. Використання адміністративних методів регулювання передбачає спрощену процедуру видачі ліцензій, встановлення високих екологічних стандартів, встановлення обмежень на екологодеструктивні види діяльності тощо.

Правові методи регулювання здійснюються через розроблення та удосконалення екологічного й соціального законодавства. Прийняті державою закони та норми, а також встановлені на місцевому рівні нормативні акти і правила стають не бажаними, а обов'язковими для виконання всіма суб'єктами ринкових відносин.

Економічні методи регулювання можуть реалізовуватися у формі цільового фінансування секторів, галузей, територій, суб'єктів господарювання. Екологічні субсидії і дотації, які надаються за рахунок коштів державного або місцевого (регіонального) бюджету, а також спеціальних фондів, сприяють реалізації великомасштабних екологічно орієнтованих проєктів. Створення економічних стимулів для екологічно орієнтованої господарської діяльності передбачає використання податкових та кредитних пільг, митних інструментів, прискореної амортизації, підтримки на ринку, торгівлі правами на викиди та ін. Такі економічні інструменти сприяють переорієнтації підприємців в екологічно орієнтовані ніші ринку, виправленню структурних деформацій народного господарства країни в цілому. До важливих завдань застосування економічних методів належать також інтерналізація екстерналій. Це передбачає переведення показників зовнішніх наслідків діяльності підприємств у внутрішні фінансові показники їх роботи.

Важливою складовою державного регулювання є також формування соціальних інститутів: ідеології, цінностей і національної культури. Рівень екологічної культури суспільства, що включає екологічні цінності, норми, принципи, багато в чому визначає ефективність застосування вищезазначених методів державного регулювання. У підсумку екологічне законодавство, яке розробляється і приймається державними структурами і місцевими адміністративними органами, залежить від рівня компетентності й екологічної культури окремих чиновників, суспільної екологічної свідомості й готовності населення відстоювати свої екологічні інтереси і потреби.

8.2. Методологічні підходи до формування сестейнових поселень

В останні десятиліття почали формуватися певні вектори розвитку людських поселень, базовим фактором функціонування яких стає інноваційна діяльність людей. Умовно такі стратегічні типи поселень – «території випереджального розвитку» – можна назвати ноополісами (табл. 8.1.) (Крупнов, 2011; Мельник и др., 2010).

Таблиця 8.1. – Характеристика основних типів територіального розвитку (складено автором)

Найменування	Характеристика
Технополіс (місто експериментування в промисловості)	Будується на зв'язках інженерно-технічних організацій (університетів і НДЧ) з різними формами інноваційного бізнесу, венчурного капіталу та експериментальних виробництв з впровадження промислових технологій
Пайдеяполіс (місто освіти)	Створюється на базі практико-орієнтованого університету і (за участі сім'ї) ряду загальноосвітніх «елітних» закладів, в яких предметом напрацювання і засвоєння молоддю стають базові принципи відтворення і розвитку основних форм організації життя і сфер суспільної діяльності
Агрополіс (місто нетрадиційного стилю сільського життя і видів діяльності)	Будується на основі нових соціальних технологій (сімейно-суспільно-державних і наукоємних сільськогосподарських виробництв – наприклад, селекція, елітне насінництво, акліматизація культур тощо)
Валеополіс (місто здоров'я)	Будується на основі пріоритетного розвитку профілактичної медицини та реалізації програм забезпечення здоров'я як суспільної справи; передбачає також сфери, прямо не пов'язані з охороною здоров'я
Музеополіс (місто-музей)	Будується на основі дбайливого відтворення і розвитку (а не провінційної консервації та суверенності) давніх історичних міст
Еклезіополіс (місто церковно-релігійної традиції)	Будується на недопущенні відомчої експансії церкви, а на залученні в одне місто кількох різних церков; ґрунтується на відпрацюванні зв'язків: держава – суспільство – культура – церква

Зрозуміло, що ці типи є можливими варіантами реалізації стратегій територіального утворення і розвитку, і в реальному житті ми можемо спостерігати як їх цілісне відтворення в рамках програми територіального розвитку. Головне їх призначення полягає в набутті ними статусу норми для оцінювання та управління будь-якими перетвореннями, що відбуваються в поселенні. Ці типи можуть відтворюватися як на новому місці, так і застосовуватися як модель трансформації існуючих поселень.

Крім того, з метою підвищення конкурентоспроможності територіального поселення (регіону) і формування чіткої та виваженої стратегії розвитку необхідно, враховуючи ряд географічних, кліматичних, геополітичних і демографічних умов, сформулювати і затвердити той тип територіального розвитку, який дозволить найкраще використовувати всі наявні ресурси. Обраний тип може бути певною комбінацією згаданих вище типів територіального розвитку, питома вага кожного з яких буде залежати від місцевих умов.

Робляться спроби моделювання розвитку міських поселень на основі соціоєкополісу (Андриеш, 2007; Шевченко и др., 2004). Зокрема, пропонують сім напрямків соціального розвитку жителів міста. Ці вектори умовно можуть бути названі: «Республіка в мініатюрі» (посилення демократичної компоненти), «Муніципальна територіальна громада» (посилення самоорганізації і конкурентоспроможності громади), «Екополіс» (гармонізація природного середовища), «Місто розуму (нооград)» (розвиток інтелектуальних технологій), «Місто здоров'я» (розвиток технологій підвищення здоров'я), «Духовна громада» (посилення культурно-комунікаційного потенціалу), «Цифрове місто (ІНФОПОЛІС)» (впровадження сучасних інформаційних технологій).

На думку авторів проекту, зазначені сім напрямків (проектів) охоплюють всі найважливіші аспекти розвитку територіальних поселень (регіонів) – від духовних сфер людського життя до політичних та економічних. Кожен проект є невід'ємною частиною макропроекту і повинен вирішувати конкретні завдання, покладені на нього. Всі разом вони становлять систему взаємозв'язаних технологій, яка повинна бути відпрацьована до рівня інвестиційних проектів.

8.3. Екологічна складова при формуванні сестейнових поселень¹

Створення екопоселень – це спроба усвідомлення природних кругообігів й узгодження своєї діяльності з природними циклами, що дозволяє прогнозувати і регулювати наслідки діяльності людини створення сестейнових, практично стаціонарних систем проживання людини. Сучасне екопоселення – це передусім спосіб життя, в якому виробнича діяльність (зокрема сільськогосподарська) узгоджується з природними процесами і турботливим ставленням до землі і всіх форм життя всіх, хто на ній проживає.

Існуючі екопоселення не можна вважати цілісними, оскільки вони намагаються вписати в кругообіг природи лише людину без того значного індустріального світу, який вона вже створила. Екопоселення нового типу,

¹ Розділ підготовано у співавторстві з к.е.н., доц. І. М. Бурлаковою.

яке отримало назву ЕКОПОЛІС, повинна включати в цей природний цикл і людину, і весь промисловий потенціал сучасної цивілізації з максимальним збереженням природних циклів.

Важливим моментом у концепції ЕКОПОЛІСу можна вважати і те, що в такому поселенні повинні поєднуватися виробництво і діяльність щодо відновлення навколишнього середовища. Наприклад, з одного боку, такі технології дають можливість отримати чисту прісну воду, набір чистих хімічних сполук, здорову агропромислову продукцію і морепродукти, а з іншого – дозволяють нарощувати родючий шар на пустельних територіях для збільшення сільськогосподарських угідь та лісозахисних насаджень, домогтися чистоти акваторії прибережних поселень.

Звертаючись до термінологічної основи ЕКОПОЛІСу, можна помітити, що під терміном «Екополіс» зазвичай розуміється міське поселення (місто, селище), при плануванні, проектуванні і будівництві якого враховується комплекс екологічних потреб людей, включаючи створення сприятливих умов для існування багатьох видів рослин і тварин у його межах (Владимиров, 1999; Франчук, 2011).

Відзначається також, що ЕКОПОЛІСи створюються для повноцінного у соціальному плані життя людини і взаємоузгоджених відносин суспільства з природним середовищем, а також для реалізації відносин людей один з одним і з природою (Брудный и др., 1981; Болтаевский, 2016).

Поняття ЕКОПОЛІСу дуже близьке до поняття «життєблагодатного комплексу», яке в 1980 роки сформулював український філософ П.П. Бобровський (Бобровский и др., 1992).

Формування масового руху на захист природи привело в 1970 роках до виникнення нової форми світосприйняття – «екологічної свідомості». Ідея екологічного міста, в якому духовний потенціал людини може розкритися з найбільшою повнотою, виникає одночасно в кількох країнах. Особливо успішно цей процес почав відбуватися в Німеччині, де створено не менше 50 екопоселень, внутрішніх міських оздоровчих зон (біотопів) і навіть проектів окремих екобудинків. Концепція «ЕКОПОЛІСу» базується на формуванні поселень таким чином, щоб зберігати екосистемну рівновагу, при якій би не страждали ані людина, ані природа (Conception, 2017). Це потребувало нових підходів до будівництва та архітектури. Зокрема, передбачається використання натуральних природних будівельних матеріалів замість штучних, полімерних. Надзвичайно гостро стоїть питання про «озеленення» міст, перетворення їх на здорове середовище (Nature, 2017).

У Радянському Союзі прообрази Екополісу почали створюватися на базі невеликих міст і населених пунктів (наукоградів, академмістечок). Такі міста стали територіями високої якості життя населення та екологічної культури. Міста ґрунтувалися на науковій, виробничій, інноваційній та освітній діяльності. Це Дубно, Зеленоград, Черноголовка, Зоряне, Пущине, Новосибірське академмістечко та ін. На початку 1980 років почалося ство-

рення екопоселень у Карелії (Ново-Ековіль), Красноярському краї (Тиберкуль, Дивногорськ).

Створення екопоселень – це спроба усвідомлення природних кругообігів і узгодження своєї діяльності з природними циклами, що дозволяє прогнозувати і регулювати наслідки діяльності людини для створення стійких, практично стаціонарних систем проживання людини.

Сучасне екопоселення – це передусім спосіб життя, в якому виробнича діяльність (зокрема сільськогосподарська) узгоджується з природними процесами і турботливим ставленням до землі і всіх, хто на ній проживає.

У літературі (What, 2017) характеризуються різні властивості ЕКОПОЛІСу, до яких можна віднести:

- технологічну замкненість системи, що забезпечує безвідходне функціонування поселення;
- відносну автономність і самоорганізацію, що гарантують самозабезпечення необхідними ресурсами і функціонування за рахунок результатів своєї праці;
- стаціонарність режиму функціонування і сестейновість (стійкість) розвитку, що забезпечуються високою ефективністю виробничих процесів і не накопиченням відходів як усередині, так і поза системою;
- толерантність до інших спільнот, що ґрунтується на відносній автономності і самодостатності цієї спільноти і її здатності на взаємовигідних умовах здійснювати експортно-імпортний обмін;
- універсальність, що передбачає можливість реалізації ЕКОПОЛІСів у різних географічних зонах і природних умовах;
- еволюційність, що передбачає не лише збереження природних об'єктів, а й посилення їх природно-ресурсного потенціалу.

Різноманітність визначень ЕКОПОЛІСу пояснюється передусім тим, що уявлення про ЕКОПОЛІС постійно розширюється, ускладнюється за змістом та змінюється залежно від місця його знаходження і кліматичних умов. Тому говорити про зміст класичного ЕКОПОЛІСу досить складно.

Аналіз змістовної характеристики поняття «ЕКОПОЛІС» дав можливість сформулювати перелік існуючих функціональних ознак ЕКОПОЛІСу (табл. 8.2), доповнивши ті, які вже трапляються в науковій літературі.

Наразі існує «Глобальна мережа екопоселень» (The Global Ecovillage Network (GEN)), метою якої є сприяння розвитку сестейнових поселень у світі через встановлення взаємних зв'язків, прискорення поширення обміну інформацією про екопоселення, розширення власної мережі, партнерство і кооперацію з іншими подібними проектами. Сьогодні через сайт у мережі Інтернет можна знайти будь-яке зареєстроване екопоселення Європи, Африки, Океанії, Південної та Північної Америки (Global Ecovillage, 2017).

Таблиця 8.2 – Функціональні ознаки ЕКОПОЛІСу (складено автором)

Ознака 1	Характеристика 2
Багатофункціональність	Можливість вирішення економічних, екологічних та соціальних завдань
Стаціонарність або здатність до сестейнового розвитку	Забезпечується за рахунок ефективності виробничих процесів, ненакопичення відходів усередині і поза спільнотою, неперевищення несучої здатності екосистеми
Відкритість	Означає здійснення метаболізму в співтоваристві, тобто реалізацію матеріально-енергетично-інформаційного обміну, зокрема із зовнішнім (навколишнім) середовищем
Динамічність	Означає здатність до постійного вдосконалення, гнучкої адаптації, можливість швидкого реагування на зміни навколишнього середовища у вигляді практичних дії
Наявність негативних зворотних зв'язків (н.з.з.)	Н.з.з. спрямовані на компенсацію впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища і діють у напрямку, протилежному дії зазначених факторів, забезпечуючи адаптацію системи до змін соціальних, економічних і природних умов
Наявність позитивних зворотних зв'язків (п.з.з.)	П.з.з. спрямовані в тому самому напрямку, що і дія факторів впливу. Забезпечують зміни рівня гомеостазу відповідно через його підвищення або зниження
Замкненість технологічних циклів	Мінімізація відходів у поселенні в цілому на основі створення замкнених циклів перероблення використаних ресурсів; в результаті цього матеріали, отримані в одному виді діяльності, використовуються як сировина в інших виробництвах
Інтегративність	Виражається в підпорядкуванні різних видів діяльності комплексній меті, об'єднанні різних дисциплін у широкому підході до вирішення соціально-економічних та екологічних завдань
Автономність і самодостатність	Передбачає самозабезпечення необхідними ресурсами (зокрема через взаємовигідний обмін з іншими спільнотами), а також наявність технологій, що дозволяють використовувати ці ресурси і виробляти продукцію в кількості і якості, достатніх для підтримання стаціонарного режиму життя забезпечення
Націленість на самоокупність	Функціонування ЕКОПОЛІСу спрямоване на діяльність, результатом якої є отримання доходу, достатнього для забезпечення стабільно і ефективно працюючої економічної системи
Толерантність	Передбачає неагресивну поведінку даної спільноти по щодо інших соціумів; це є наслідком відносної економічної незалежності (автономності) і самодостатності поселення

1	2
Універсальність	Передбачає наявність адаптаційних можливостей реалізації ключових властивостей сестейневих поселень у різних зовнішніх умовах; це дає можливість створювати подібні поселення в різних регіонах світу
Ефективність виробництва	Досягається за рахунок інтеграції технологічних циклів
Екологічне вдосконалення	Передбачає прагнення домагатися підвищення рівня екологічності на всіх стадіях виробничого циклу: видобутку вихідних ресурсів, виробництва, споживання та утилізації
Випереджаючого екологічного відтворення	Передбачає не лише збереження, а й примноження природного потенціалу в регіоні
Простота способу життя	Мають на увазі оптимізацію задоволення базових потреб з постійним збільшенням споживання особистісних потреб заради соціального розвитку людини
Відповідальність щодо майбутніх поколінь	Здійснюється за рахунок постійного відтворення природного середовища, впровадження інноваційних ресурсозбережних та екологічних технологій, постійного особистісного розвитку і самовдосконалення людей
Коеволюційність розвитку	Означає спільний узгоджений розвиток людей і природи, при якому еволюціонує не лише природа, а й людина (формування ноосферної свідомості, нової системи цінностей, етики ЕКОПОЛІСу)

В Європі в рамках програми «Здоров'я міста» накопичено досвід, що дозволяє об'єднати зусилля адміністрацій, фахівців, служб та громадян для створення ЕКОПОЛІСів. При цьому, на думку фахівців, основні перешкоди мають не технологічний, а загальнокультурний характер. Непристосованими виявляються соціальні, правові та організаційні інститути. Не тільки ЕКОПОЛІС повинен створювати гідне середовище проживання людині, а й сама людина повинна в своїх діях сприяти формуванню та розвитку ЕКОПОЛІСу.

8.4. Сестейнове поселення як основа особистісного розвитку людини

Якісна зміна системи споживання і формування погляду на людську сутність, передусім на її інформаційну природу, може істотно вплинути і на концепцію формування середовища проживання людини, включаючи середовище її поселення, трудової діяльності і проведення вільного часу.

У загальному вигляді основну ідею трансформації середовища проживання можна сформулювати так: від урбаністичних поселень до форму-

вання життєблагодатних комплексів, основні контури яких були сформульовані П. П. Бобровським (Бобровский и др., 1992).

Під життєблагодатним комплексом розуміють призначену для життя людей системну сукупність створених людиною матеріальних об'єктів, культурних цінностей, інформації, а також природних факторів, що забезпечують якість життя (повний добробут, фізичне і духовне здоров'я, максимальне розкриття творчого потенціалу) його населення.

Поки що нечітко вимальовуються контури подібного комплексу в наукових публікаціях, ще не до кінця визначене саме поняття «якість життя», немає чітких кількісних та якісних його критеріїв. Зрозуміло лише одне: в життєблагодатних комплексах повинна бути досягнута гармонія «першої» (натуральної) і «другої» (соціальної) природи людини, що давала б необмежені можливості для її творчості, а також для фізичного і духовного здоров'я і розвитку.

З яких «цеглинок», на базі яких критеріїв повинен створюватися життєблагодатний комплекс? Можна назвати такі чинники:

- критерії та нормативи матеріального добробуту (матеріальні об'єкти для задоволення матеріальних потреб);
- критерії та нормативи забезпеченості матеріальними об'єктами, призначеними для соціального (особистісного) розвитку;
- біосферні критерії і нормативи (гарантують стійкий рівноважний стан екосистеми);
- гігієнічні критерії і нормативи (гарантують безпеку впливу на організм людини);
- критерії та нормативи забезпеченості людини інформаційним контактом із природними системами.

Дещо детальніше розглянемо останній. Неповторність людської особистості може сформуватися лише на тлі нескінченної різноманітності середовища проживання людей. Подібні умови можуть забезпечити передусім компоненти живої, натуральної природи. У життєблагодатних комплексах відтворення компонентів природного середовища, зокрема природних ландшафтів, набуває свою самостійну цінність для реалізації соціальних функцій природи.

Нормативи факторів природного середовища можуть розроблятися за двома напрямками. По-перше, через нормування можливості контакту людини з елементами природного середовища (зелених насаджень, водойм, птахів і тварин) в межах житлової зони людини (цим шляхом йдуть в Японії). По-друге, нормуванням можливості контакту людини з природними ландшафтами (ліс, поле, гори) поза житловою зоною, однак у межах максимальної досяжності, зокрема за допомогою громадського транспорту (подібний підхід розвинений в Німеччині).

Одне із завдань, яке необхідно вирішити при формуванні поселень майбутнього, – створення належних умов для особистісного розвитку людини, тобто людини «соціо». За своєю природою особистість є інформаційною сутністю, що реалізує себе в матеріальному тілі людини «біо» (про що докладніше йшлося в розділі 1.4).

Будучи інформаційною сутністю, особистість не має обмежень для свого розвитку. При цьому вона функціонує в жорстких матеріальних обмеженнях фізіологічного «біо». Для розвитку особистості вирішальне значення має інформаційний вплив соціального середовища (знання, етичні установки, традиції, законодавча основа, приклади авторитетів та ін.).

Надзвичайно важливу роль відіграє також інформаційний вплив природного середовища. При цьому якщо для людини «біо» важливим є використання окремих компонентів середовища (здорових продуктів харчування, чистого повітря або води), то для формування особистісної основи людини більш значущим фактором є інформаційний контакт із природними системами в усьому різноманітті їх зв'язків. Саме звідти людина-соціо бере критерії краси, отримує творчі імпульси, заряджається духовною енергією, вбирає відчуття оптимізму і спокою. Інакше кажучи, отримує необхідне інформаційне «підживлення» для свого особистісного розвитку.

У світлі зазначеного надзвичайно важливо, щоб у майбутніх поселеннях сестейнового розвитку достатнє місце займало природне середовище. На перших порах при переході від індустріалізованих урбаністичних поселень на території помешкання людини повинні прийти окремі компоненти природних систем, а потім – цілісні природні системи.

Сучасна людина звикла жити і діяти в жорсткому регламенті нормативів і стандартів. Цілком ймовірно, у містобудівну діяльність також повинні прийти адекватні екологічні нормативи. І тут повчальним є досвід інших країн.

Автору протягом року довелося жити в Японії, де він мав можливість познайомитися з досвідом природокористування, зокрема і в сфері містобудівних рішень. Крім семи видів порушення середовища проживання людини (забруднення повітря, забруднення води, шум, вібрація, неприємні запахи та ін.), тут також регламентуються три види стану довкілля: наявність елементів натуральної природи; рівень соціальної комфортності середовища проживання людини; вплив на об'єкти живої природи.

Сучасне японське місто не балує жителів красою ландшафтів. Тіснота і безладні забудови, отримані у спадок від старих часів, залишають мало шансів архітекторам і проектувальникам щодо створення комфортного середовища. Тим із більшою наполегливістю японці намагаються вичавити все з мінімуму своїх можливостей.

За допомогою екологічних стандартів в японських містах намагаються хоч якось «пом'якшити» урбаністичний тиск на людину.

Існує шкала індексів озеленення території. Мінімальне значення індексу отримують території, які не мають зелених насаджень, – 1; ферми, луки, трав'яні газони, поля, сади мають індекс від 2 до 4; зарості чагарника і бамбука – 5; посадки дерев – 6; молодий вторинний ліс – 7, старий вторинний ліс – 8, первинний ліс – 9, особливо цінний первинний ліс – 10.

Після завершення будівництва об'єкта середній індекс освоєної території повинен становити не менше ніж 6. Отже, щоб компенсувати залиті асфальтом ділянки, будівельники повинні саджати «дорослі» дерева (рис. 8.1).



Рисунок 8.1 – Посадка «дорослих» дерев на будівельному майданчику в Японії (фото автора)

Автору кілька разів доводилося спостерігати, як після завершення безпосередньо будівельних робіт відбувається інтенсивне озеленення площі, поряд з квітами та кущами саджають «дорослі» дерева, причому відразу після закінчення будівництва.

Той, хто бував в Японії, напевно бачив житлові будинки, побудовані терасами, завдяки чому будинок іноді нагадує єгипетську піраміду. З кожним поверхом стіна відступає трохи назад, вільне місце природолюбиві японці часто використовують для створення зелених мікросадків. Необізнана людина буде дивуватися, поки не ознайомиться з положеннями стандартів. У поєднанні з процедурою екологічної експертизи це ставить заслін тактиці «опустелювання» території будівельниками. Як тут не згадати багато наших новобудов. Швидше за все гості країни відносять таку «розкіш» до примх японських архітекторів, які здаються ще більш дивними в умовах японського дефіциту будівельної території. Але ж нічого дивного в цьому немає. Більше того, виявляється, такий стиль пояснюється саме тісністю і

викликаний знову-таки існуванням екологічного стандарту «на затінення». Згідно з цим стандартом сумарний час затінення новобудовою вікон прилеглих будинків не повинен перевищувати 2 години на добу в будь-який час року. Тому в даному випадку архітекторам доводиться йти на «розкіш» не від гарного життя.

Поцікавившись у архітекторів в своєму місті, чи є подібний норматив, виявилось, є, але він, навпаки, дозволяє нове будівництво, якщо не затіняються наявні споруди хоча б на 2 години на добу (!).

В Японії існує також стандарт на наявність у середовищі існування людини живих представників природи. Тому тут можна спостерігати в фонтанах риб (рис. 8.2), а в парках оленів.



Рисунок 8.2 – Кольорові карпи в японському фонтані (фото автора)

В Японії існує стандартна процедура екологічної оцінки проектів розвитку території. У положенні про екологічну оцінку відсутні стандарти з точки зору ландшафту, проте існує вимога, наприклад, до фарбування будівлі, вона сформульована так: «Об'єкт повинен гармоніювати з навколишнім природним середовищем». Нехай поки не знайшлося більш певних формулювань, тим більше вони не обрамлені якимись кількісними критеріями, однак вимога краси зафіксована в документі, отже, вона так чи інакше зумовлює дії виконавців: архітекторів, будівельників, інших фахівців. Крім того, створює основу для контролю. Втім, може, в такій невизначеності криється і сила формулювання? Хіба можна красу загнати в мети стандартів? Хіба можна створити стандарт на нескінченність краси? Хіба може краса бути створена лише за приписом директивного акта, якщо він не лягає на благодатний ґрунт культури виконавців? В даному випадку документ тримається на внутрішньому уявленні містобудівельників про гармонію та красу. А який же архітектор захоче, щоб йому закинули відсутність відчуття гармонії? Тим більше, якщо цей архітектор – японець...

Тому в Японії нерідко можна зустріти штучні річки (в яких насправді насоси повертають воду від «закінчення» до «витоків») (рис. 8.3), дерева і

квіти у горщиках на вулицях міст, великі і маленькі зелені дворики, в яких в мініатюрі представлена вся природа Японії (рис. 8.4 і 8.5).



Рисунок 8.3 – Штучна річка в м. Нагоя (фото автора)



Рисунок 8.4 – Ландшафтний дизайн заднього дворику японського будинку (Христенко, 2017)

Свої шляхи екологізації поселень шукають й інші країни. Зокрема, в Німеччині автору довелося познайомитися з однією з форм екологізації поселень людей – біотопом (Hansjürgens u.a., 2014).

Біотопи – це природні або створені людиною і підтримувані її працею природні ландшафти, що імітують незаймані первинні екосистеми.

Вони створюються в приміських парках, у скверах міста, у дворах установ, в двориках приватних будинків і навіть у квартирах.

У західній частині Берліна знаходиться будівля, вигляд якої своїми обрисами нагадує лопату. У 1930 роки тут знаходилося Міністерство примусової праці. Клієнтами його були малокваліфіковані безробітні та ув'язнені.



Рисунок 8.5 – Японський зелений дворик (фото автора)

Першою акцією відомства стало будівництво в Німеччині автобану, який і досі справно служить. У 1990 і 2000 роках. у дворі цього будинку-«лопати» знаходився символ вже нового відомства, яке займало будівлю – Федерального агентства з навколишнього середовища. Цілий день у кімнатах відомства чути квакання жаб – як нагадування про живу природу. Жаби так би мовити були колегами фахівців, які працюють в агентстві. У центрі невеликого двору було майстерно створене штучно підтримуване абсолютно «дикі» озеро-болото із заростями очерету, рибою, качками і нахиленими над водою деревами. Зелена «перлина» – в кам'яному намисті.

Біотопи також створюють у складчину власники приватних будинків, відрізаючи від своїх наділів по шматочку такої дорогої землі. Такий біотоп ми бачили, коли начальник відділу економічних досліджень Екологічного агентства запросив нас до себе на гостини. Прямо з дворика за будинком можна, зробивши крок, опинитись на «галявині дикого лісу», оточеного таким же «диким степом». Берези, ялини, нескошена трава – з їжаками, кроликами, жабами і співаючими птахами. І все – на 4–5 сотках землі!.. Втім, біотоп може розміститися і на зовсім крихітній території. Господар із гордістю показав його прямо... на горищі власного будинку. Тут у «заростях» живої і сухої рослинності живуть (правда, в клітках і вольєрчиках) кролики, морські свинки, папуги, черепахи та інша живність!

Але з найпершим біотопом в Берліні ми познайомилися ще раніше, коли вранці в готелі прокинулися від співу солов'я (!). виявилось, що невеликий готель «Savigny», в якому ми жили, неначе з'єднаний із замкненим двориком-садом-«лісом», зарослим кущами шипшини і деревами. Куточок із райськими звуками в самому центрі великого міста.

А на протилежному боці Землі – в Сіднеї (Австралія) – в іншому готелі («Adina») створили свій власний біотоп, який нагадує тропічний ліс у скелях (рис. 8.6).

Подорожуючи джунглями у дворі однієї зі шкіл в Окленді, Нова Зеландія (рис. 8.7), важко повірити, що це лише біотоп, настільки він має натуральний вигляд (а облаштований на невеликій ділянці).



Рисунок 8.6 – Біотоп у дворі готелю «Adina», Сідней, Австралія (фото автора)



Рисунок 8.7 – Біотоп-джунглі в одній зі шкіл Окленда, Нова Зеландія (фото автора)

Утім, біотоп можна побачити і на багатоповерховому будинку. Щоправда, в іншій країні. І він називається по-іншому – «вертикальний ліс». Саме так називається хмарочос Боско Вертикале (рис. 8.8).



Рисунок 8.8 – «Вертикальний ліс» у Мілані (Хмарочос Боско Вертикале) (Небоскрёб, 2017)

А мешканці Мадрида можуть милуватися своїм власним «вертикальним лісом». Він росте в центрі міста безпосередньо на стіні одного з будинків (рис. 8.9).

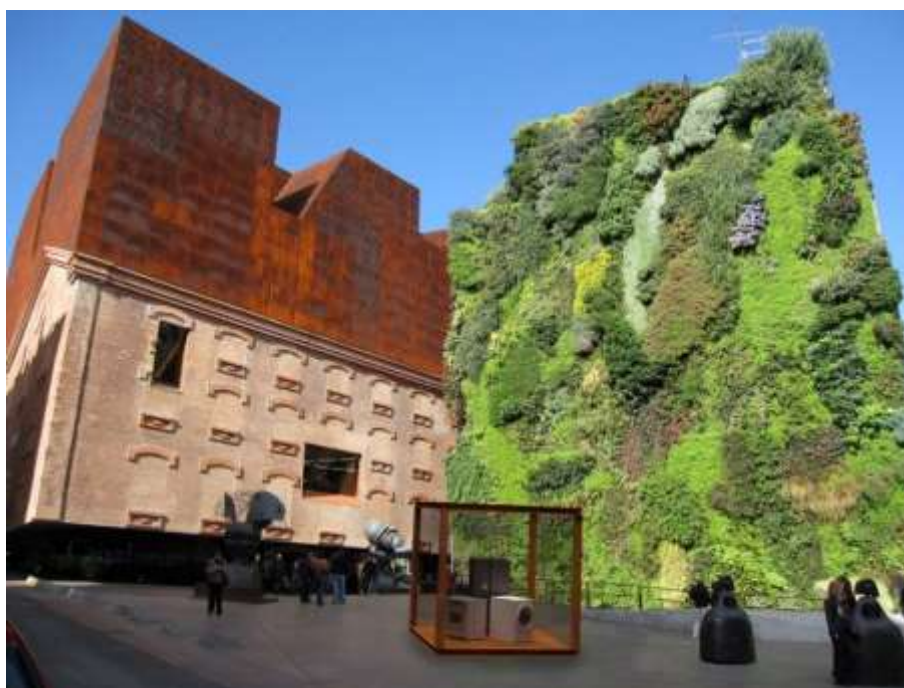


Рисунок 8.9 – Зелена стіна на будинку Саїха Forum в Мадриді (фото автора)

Своїм власним шляхом йдуть у Швеції. Зокрема, в м. Мальмьо створено мікрорайон сестейнового розвитку (район Західного Гурбера) (рис. 8.10 і 8.11).



Рисунок 8.10 – Сестейновий мікрорайон в Західному Гурбері (фото автора)



Рисунок 8.11 – Вулиця сестейнового мікрорайону (фото автора)

Містечко насичене каналами і в зеленню. Рух у містечку пішохідний або на велосипеді. Вся енергія, яка споживається в мікрорайоні, тут же і виробляється (біогаз, вітер, сонце).

Напевно, кожен із нас може згадати кілька випадків, коли природа повернула нам втрачене почуття оптимізму, відродила бажання жити і боротися в критичні хвилини нашого життя. Може, взагалі є сенс говорити про вплив природи тільки в критичні хвилини, коли і наш емоційний стан відрізняється від звичайного, спокійного на кілька рівнів? А, може, ми в ці

хвилини гостро помічаємо, що її не вистачає, як помічаємо нестачу повітря, яким ми дихаємо постійно, в ті хвилини, коли нам його не вистачає, і ми починаємо «задихатися»?

Людина особистісна, як і людина «біо», також починає занепадати і задихатися без їжі і повітря. Тільки її їжа є нематеріальною. Людина-соціо «хворіє» без інформаційного підживлення і задихається без інформаційних контактів із природою.

Свобода вибору умов існування. Щоб формування життєблагодатного комплексу не нагадувало будівництва «котловану щастя», показаного в книзі А. Платонова «Котлован», мешканці кожного регіону, міста, селища повинні мати можливість самі вибирати (звичайно, з урахуванням рекомендацій науковців та фахівців), який вигляд поселення їм потрібен. А потім у вільній праці, що базується головним чином на соціальних та економічних стимулах, брати участь у його творенні.

Людина може бути щасливою лише, якщо сама бере участь у виборі мети. Це важливо не лише з точки зору збереження екосистем, але і для розвитку особистісних якостей людини, забезпечення її екологічно спрямованих установок, цілей та завдань. Принципу тоталітарних суспільств: «насилено заженемо людину в щастя!» – немає місця серед інструментів формування сестейнового розвитку.

В Австралії довелося почути дивовижні, на перший погляд, речі. Десь у 1960 роки на зеленому континенті «білі» сім'ї, рухомі найбагатшими міркуваннями, стали брати на виховання дітей аборигенів. До початку 1990-го багато хто з останніх вже встиг отримати чудову освіту, професію, добре адаптуватися до життя в сучасному суспільстві. І раптом, як грім серед ясного неба, пролунало повідомлення, що один за іншим ці високоосвічені юнаки стали подавати судові позови на своїх благодійників. Причина – останні порушили їх права людини у самовизначенні, забравши з середовища предків, куди вони вже не в змозі були повернутися через втрату відповідних навичок. А, крім того, для багатьох взагалі були втрачені зв'язки з їхніми предками.

Одним з реальних інструментів урахування думки жителів з приводу перетворення природного середовища місцевості, де вони мешкають, є громадянська експертиза проекту будівництва майбутнього об'єкта. Як правило, вона проводиться в комплексі з так званою оцінкою впливу на навколишнє середовище. Обидві процедури узаконені в державах ЄС, а також в Австралії, Канаді, США, Японії та багатьох інших країнах.

У процедурі врахування громадської думки беруть участь жителі району, на який може поширюватися дія проектного об'єкта, а також інші суб'єкти, які беруть участь у процесі його розвитку: девелопер, розробник

проекту; місцева адміністрація (префектура, муніципалітет), яка виступає і в ролі посередника між двома першими ланками, і в ролі арбітра. Адже за нею – остаточне слово щодо прийняття проекту.

Зміст, порядок проведення і тривалість процедури урахування громадської думки визначаються місцевою адміністрацією і залежать від конкретного регіону, характеру проекту і ступеня його впливу на середовище. Основний порядок і етапи проходження процедури такі:

1. Розробник передає місцевій адміністрації перший варіант проекту з його екологічною оцінкою та буклетом для населення.

2. Упродовж 20–30-денного (орієнтовно) терміну регіональна адміністрація або муніципалітет поширює серед населення буклет і надає можливість усім бажаючим ознайомитися з проектом та його екологічної оцінкою більш детально, проводить зустрічі розробника з мешканцями (можливо, кілька зустрічей у різних мікрорайонах), де девелопер і розробник пояснюють основні положення проекту та його можливі наслідки.

3. Після цього протягом 3–5 тижнів жителі дають свої зауваження щодо проекту, надсилають листи, заяви, висувають претензії.

4. Проводиться повторна зустріч населення з девелопером і розробником, де вони відповідають на отримані зауваження жителів.

5. Адміністрація аналізує думки мешканців. З урахуванням цього фактору, а також на підставі наявного в адміністрації плану (програми) розвитку регіону вона ухвалює рішення: схвалити проект чи повернути на доопрацювання.

6. При негативному рішенні проект доопрацьовується, повертається до регіональної адміністрації або муніципалітету, і цикл розгляду повторюється. В цьому випадку організується публічне читання проекту (до 15 днів).

7. Якщо від жителів надходять вимоги нової зустрічі з девелопером і розробником, призначаються нові «слухання».

8. Ці цикли повторюються до прийняття позитивного рішення, і проект схвалюється або відхиляється.

9. При позитивному вирішенні розробник починає реалізовувати проект, але контроль з боку адміністрації та жителів не припиняється.

Повертаючись до досвіду різних країн, включаючи ЄС, необхідно відзначити, що, як правило, в адміністрації немає формальної кількісної регламентації урахування думки жителів: враховувати або не враховувати громадську думку – адміністрація вирішує на свій розсуд. Однак практика конкретних випадків показує, що саме громадська думка часто має вирішальне значення, особливо якщо проект має істотний вплив на довкілля. Тут необхідно зазначити важливу обставину. Адміністрація несе відповідальність перед жителями за середовище їх проживання, і жителі мають можливість оцінити її діяльність на чергових муніципальних або регіональних виборах.

8.5. Досвід формування сестейнового поселення вікової давнини (на прикладі Хрестовоздвиженського трудового Братства, заснованого М. М. Неплюєвим)

Майже півстоліття – з 1880 років до 1929 року – у 50 кілометрах на північ від Глухова (зараз це Сумська область) існувало створене мислителем і поміщиком М. М. Неплюєвим Хрестовоздвиженське трудове Братство. Своїми успіхами воно дивувало світ. Тут використовувалися передові технології, інструменти, інформація. В кінці XIX століття були телефонізовані поселення Братства – села Воздвиженське і Рождественське (вдуматися тільки: телефон у селі в XIX столітті!). Початок XX століття позначився електрифікацією і механізацією господарства.

Усе доросле населення Братства на межі століть безкоштовно здобувало освіту, практично порівняну з сучасною вищою (у цілому в початковій школі та спеціальній сільгоспшколі братчики вчилися 9 років – і це в країні з майже суцільно неписьменним населенням). Всі братчики отримували музичну та художню освіту. Безкоштовну початкову освіту і медобслуговування Братство надавало також жителям інших навколишніх сіл.

Завдяки регулярній фізкультурі, що увійшла в звичку, і «спортивним утіхам» (так тоді називався спорт) братчики мали відмінне здоров'я. Крім передового аграрного і промислового виробництва (машинобудування, виробництво будматеріалів, деревообробка), в Братстві були своя театральна труппа, симфонічний оркестр, балетна студія, оркестр народних інструментів, видавничий дім. З 1880 років використовувалася чорно-біла фотографія, а з 1916-го року – кольорова. До Братства масово приїжджали паломники, діяла служба їх прийому та інформаційного забезпечення (як сказали б зараз, надавали послуги соціального туризму).

Будучи невеликим за чисельністю жителів поселенням (до 700 осіб – в рекордні 1914–1916 роки), Братство подарувало суспільству, без перебільшення, десятки видатних особистостей: вчених, конструкторів, письменників, художників, музикантів, співаків, диригентів, керівників різних сфер народного господарства. За всю історію Братства в ньому не зафіксовано жодного випадку крадіжки.

В аномально страшних історичних умовах (дві революції і виснажлива громадянська війна) розвиток Братства неухильно відбувався висхідною траєкторією. Завдяки технологіям синергетично ув'язувалася праця людини з її управлінським началом і силами природи. За всю історію Братства тут не було жодного випадку неврожаю. Урожайність сільськогосподарських культур у Братстві стабільно в 3–5 разів перевищувала показники оточуючих господарств. Створений після розгону Братства в 1929 році на його місці колгосп зміг лише одного разу – у винятково урожайний рік – майже через півстоліття (у 1975 році) наблизитися до його показників.

У сучасних умовах інакше б, ніж індустріально-аграрний кластер, господарство Братства не назвали б. Його виробництво все більше перетворювалося на інформаційне, а основним продуктом у ньому все більше ставала інформація: нові технології різних видів діяльності, виведення нових сортів рослин (яблук, трав, квітів), розведення тварин. У Братстві практично застосовувалося безвідходне виробництво. Будинки братчиків потопали в зелені і квітах, а їх дозвілля відбувалося в тінистому парку серед каскаду озер (рис. 8.12–8.14).



Рисунок 8.12 – Вигляд Воздвиженського парку із ставком на початку ХХ сторіччя (фото – з музею Неплюєвського Братства, с. Воздвиженське)



Рисунок 8.13 – Один із будинків, де жили братчики на початку ХХ сторіччя (фото – з музею Неплюєвського Братства, с. Воздвиженське)



Рисунок 8.14 – Сучасний вигляд Воздвиженського парку (фото автора)

У 1929 році радянська влада ліквідувала господарство Братства, а його мешканці поголовно були звідти відселені. Молода жінка 28 років, яка народилася і виросла в Братстві, опинившись у Глухові, згадувала потім, що на новому місці вона вперше в житті (!) почула, як люди можуть лаятися і змушувати працювати»...

8.6. «Зелена» економіка як основа розвитку сестейневих поселень

У 2000 роках учені з Сум виступили з ідеєю створення ЕКОПОЛІСу на новій основі (Формування, 2003; ЕКОПОЛІС, 2007). Вони об'єднали ідею формування технополісу з цілями сестейнового розвитку території.

Що таке технополіс? Це територіальний комплекс (певний техноінкубатор), що спеціалізується на створенні певного виду інноваційних товарів і послуг. Цілі сестейнового розвитку вимагають збільшення питомої ваги в структурі виробництва і споживання продукції саме товарів *екологічного спрямування*.

На думку авторів концепції, під запропонованим ними *Екополісом* необхідно розуміти *науково-виробничо-освітній комплекс*, що функціонує для створення і реалізації товарів екологічного спрямування.

Товарами екологічного спрямування (ТЕН) потрібно вважати вироби і послуги, виробництво і споживання яких сприяє зменшенню інтегрального екодеструктивного впливу в розрахунку на одиницю суспільного продукту. ТЕН можуть мати такі характерні ознаки:

- бути більш екологічними на стадії *споживання* порівняно з товарами-аналогами, тобто тими, що виконують подібні функції;

- бути більш екологічними на стадії їх *виготовлення*, тобто давати можливість скоротити шкідливий екологічний вплив під час їх виробництва;
- бути *складовими* більш екологічних технологічних процесів;
- сприяти зменшенню шкідливого впливу на довкілля на стадіях, що *передують процесам їх виготовлення* (зокрема видобутку вихідних ресурсів);
- сприяти зменшенню шкідливого екодеструктивного впливу на стадіях їх *експлуатації й утилізації* відходів;
- сприяти зменшенню *потреби* в будь-яких ресурсах;
- дозволяти *відмовитися* від виробництва більш шкідливих товарів та послуг.

Важливим є розуміння головної мети створення ЕКОПОЛІСу і того, що відрізняє функції ЕКОПОЛІСу від функцій природоохоронної діяльності.

Для природоохоронної діяльності основною функцією (метою) є вирішення певних екологічних цілей (підтримання або досягнення певного рівня якості компонентів навколишнього середовища, збереження природних об'єктів тощо). Засобом забезпечення зазначених цілей є досягнення певних економічних результатів (створення фінансових джерел, забезпечення певного рівня ефективності функціонування засобів в екологічній сфері та ін.).

При формуванні ЕКОПОЛІСу цілі та засоби змінюються місцями. Головною метою (функцією) стає отримання прибутку від реалізації (продажу) товарів екологічного призначення. Засобом забезпечення цієї мети є надання зазначеним товарам (виробам чи послугам) властивостей прямо або побічно сприяти вирішенню певних екологічних проблем. І чим вищі якість та економічна ефективність цих товарів, тим вища рентабельність відповідного виробництва – більші обсяги продажів і вищою може бути ціна товарів.

Необхідно зазначити, що формування ЕКОПОЛІСу не скасовує і не підміняє самої природоохоронної діяльності (як і функцій природоохоронних органів), але посилює у суб'єктів господарювання мотивацію досягнення екологічних цілей. На це починає працювати весь економічний потенціал області. З'являється нова, високорентабельна сфера економічної діяльності, вигідна, зокрема, для підприємств малого та середнього бізнесу.

Можна виділити три основні і ряд забезпечувальних компонентів у механізмах управління сестейновим розвитком території. До основних компонентів належать взаємозв'язані сфери: наукова, виробнича, освітня. Вони утворюють ключову тріаду території сестейнового розвитку. Схе-

тично функції основних сфер, пов'язаних з виробництвом і реалізацією даного виду товарів, показані на рис. 8.15.

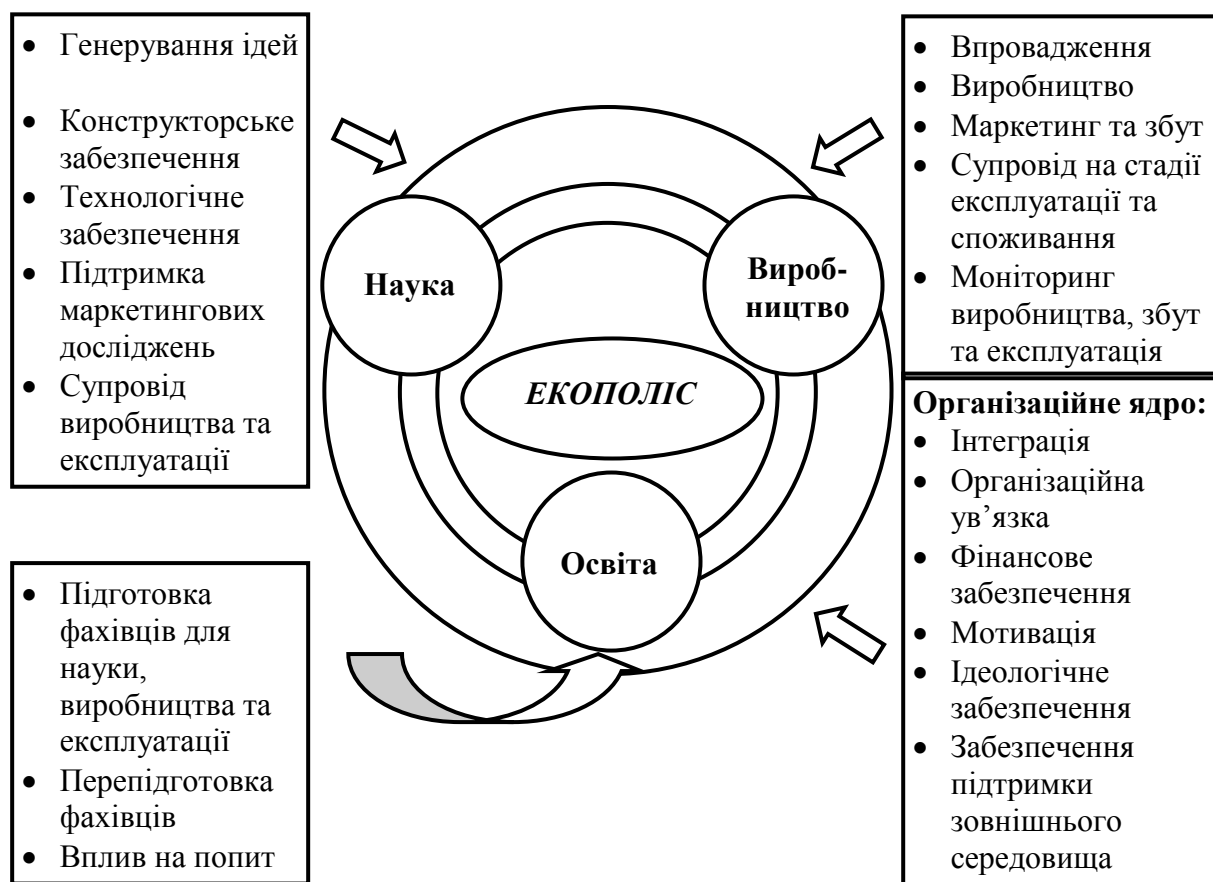


Рисунок 8.15 – Основні функції наукової, виробничої і освітньої сфер в ЕКОПОЛІСі (складено автором)

До зовнішнього середовища належать підрозділи народного господарства, які формально не є учасниками безпосередньо ключової тріади, але виконують дуже важливі функції забезпечення діяльності території сестейнового розвитку (рис. 8.16).

Основна відмінність між функціями, які виконують безпосередні учасники території сестейнового розвитку, і суб'єктами зовнішнього середовища передається ключовими словами «забезпечення» і «підтримка».

Формальні учасники *забезпечують* функціонування території сестейнового розвитку (а це означає відповідають за відповідні справи своїми фінансовими результатами). Суб'єкти зовнішнього середовища *підтримують* цю діяльність, лише маючи деякі мотиви.

Управління регіональним соціально-економічним розвитком передбачає формування і надання ознак сестейновості соціально-економічному потенціалу регіону. Основні компоненти забезпечення сестейнового розвитку (СР) в регіоні можна умовно об'єднати в такі групи: 1) матеріальні

активи; 2) фінансові ресурси; 3) інформаційні активи; 4) інститути; 5) людський і соціальний капітал; 6) природні фактори.

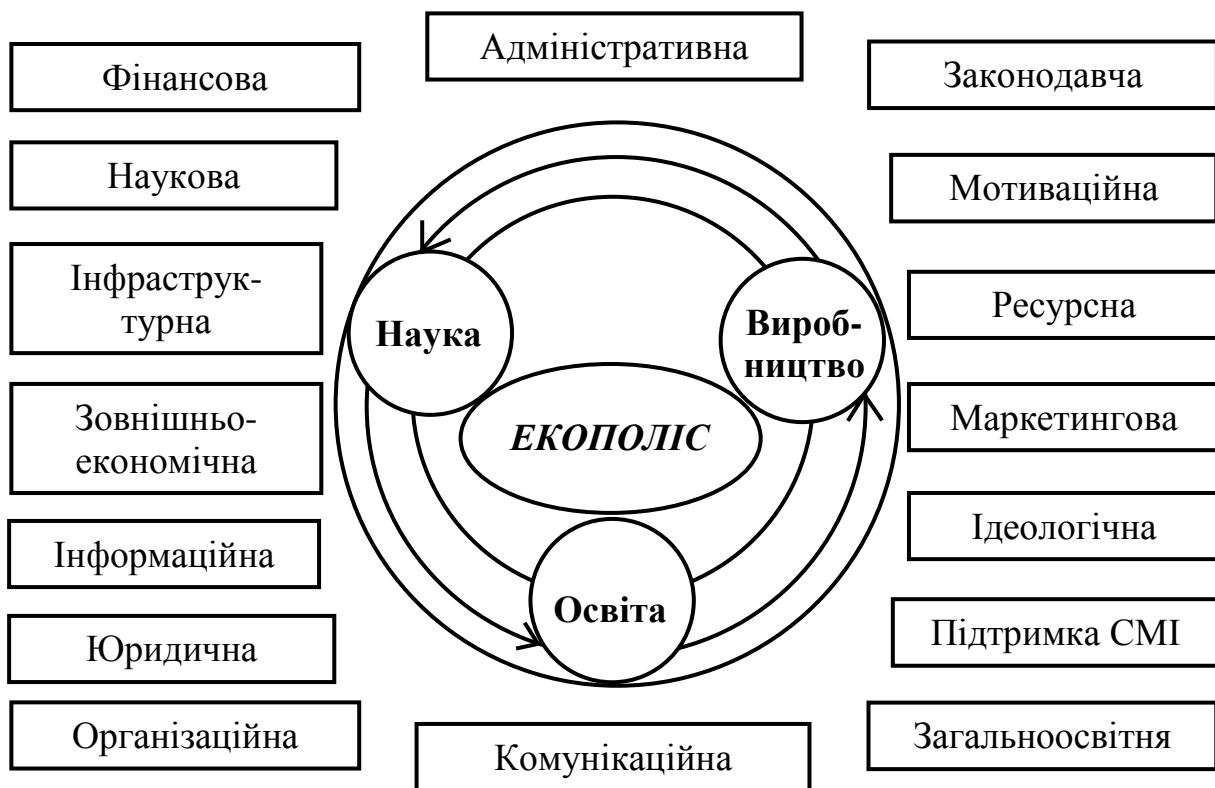


Рисунок 8.16 – Основні функції (види підтримок) забезпечувальних сфер в Екополісі (складено автором)

Зазначені фактори соціально-економічного потенціалу СР забезпечать максимальну ефективність, якщо будуть відбуватися відтворення та взаємне поєднання одночасно всіх груп факторів. Результатом ефективного управління соціально-економічним потенціалом регіону є досягнення збалансованого стану показників сестейнового регіонального розвитку, підвищення якості життя населення, а також виникнення позитивного ефекту від масштабу.

Формування сестейнових поселень в Україні є перспективною інноваційною формою створення та розвитку територіальних поселень (регіонів), здатних комплексно вирішувати економічні, екологічні та соціальні завдання. З метою підвищення конкурентоспроможності територіального поселення (регіону) і формування чіткої та виваженої стратегії розвитку необхідно формулювати і стверджувати той тип територіального розвитку, що дозволить найкращим чином використовувати всі наявні ресурси.

Обрана стратегія повинна стати основою формування поселення (регіону) з чітко визначеними перспективами розвитку і конкурентними перевагами, прогнозованим і контрольованим рівнем впливу на навколишнє

середовище в результаті виробничої діяльності, високим рівнем якості життя населення. Вирішальним фактором є інтегральний інтелект громади, завдяки якому будь-які дії будуть спрямовуватися на досягнення СР.

Значну роль відіграє економічний вектор розвитку поселення. Високорентабельна економічна діяльність дозволяє накопичувати в собі економічний потенціал для поступової трансформації існуючого інноваційного комплексу в життєблагодатне поселення, де буде збільшена питома вага виробництва і споживання товарів екологічного призначення. Отриманий прибуток від економічної діяльності дозволить сформувати адекватні засоби для вирішення місцевих (регіональних) екологічних проблем.

Питання до розділу 8

1. Як формування поселень пов'язується з завданнями сестейнового розвитку?
2. Як ви розумієте принцип «Думати глобально – діяти локально» щодо завдань формування сестейнових поселень?
3. Як ви розумієте думку, що місто – це перехід із біосфери до ноосфери?
4. Які використовуються методи управління процесами формування сестейнових поселень?
5. Як ув'язуються інтереси центру та місцевих громад?
6. Які типи поселень існують залежно від переважного напрямку їх розвитку? Наведіть свої приклади.
7. Охарактеризуйте системну сутність ЕКОПОЛІСу як сестейнового поселення.
8. Яка, на вашу думку, роль поєднання економічної та екологічної діяльності при формуванні і функціонуванні сестейнових поселень?
9. Наведіть приклади поселень, які, на вашу думку, наближаються до сестейнових характеристик.
10. Які властивості повинні мати ЕКОПОЛІСи?
11. Охарактеризуйте функціональні ознаки ЕКОПОЛІСу.
12. Як Ви розумієте поняття «життєблагодатний комплекс»?
13. Які критерії можуть бути використані для цілей формування життєблагодатних комплексів?
14. Місце особистісного розвитку в системі цілей формування сестейнового поселення?
15. Яким чином нормативи можуть застосовуватися у формуванні сестейнових поселень?
16. Чому вектор соціального розвитку людини повинен домінувати в цілях сестейнового розвитку в цілому і сестейнового поселення зокрема?
17. Яку роль може відіграти наявність у поселеннях цілісних природних ландшафтів для соціального розвитку його мешканців?
18. Як за допомогою екологічних нормативів можна формувати сестейнові поселення? Наведіть приклади.

19. Компоненти природи при формуванні сестейнових поселень. Досвід країн ЄС.
20. Роль громадських організацій та мешканців у формуванні сестейнових поселень.
21. Досвід громадянської експертизи у формуванні сестейнових поселень. Наведіть приклади з практики інших країн.
22. Наведіть приклади відомих вам з історії практик формування сестейнових поселень.
23. Наведіть сучасні приклади успішних практик із формування сестейнових поселень.
24. Охарактеризуйте економічний вектор у розвитку сестейнових поселень.
25. Системна сутність ЕКОПОЛІСу як комплексу (наука – виробництво – освіта) у виробництві та споживанні товарів екологічного призначення.
26. Охарактеризуйте характерні ознаки товарів екологічного призначення.
27. Які функції виконують сфери: наука, виробництво і освіта – у генеруванні та продажі товарів екологічного призначення.
28. Які функції виконують різні види діяльності у створенні та реалізації товарів екологічного призначення?
29. Економічна та екологічна роль товарів екологічного призначення.
30. Як, на ваш погляд, повинні бути пов'язані економічні, соціальні та екологічні цілі у формуванні сестейнових поселень?

Розділ 9

СЕСТЕЙНОВЕ БУДІВНИЦТВО

9.1. Основи сестейнового будівництва

Основні завдання. Формування сестейнових поселень стосується двох важливих аспектів: по-перше, створення життєблагодатного середовища для забезпечення здорового існування людини та її розвитку, включаючи соціальний розвиток; по-друге, мінімізацію негативного впливу на природні системи процесів створення та функціонування самих поселень. Перше питання ми розглянули в попередньому розділі. Не менш важливим є і друге питання.

Будівельна індустрія і комунальне господарство відповідальні за понад 30% споживання енергії, а з урахуванням повного циклу виробництва необхідних матеріалів та енергії цей показник може досягати 50%. Вони також генерують 20% викидів парникових газів і близько 50% скидів забрудненої води («Умный» дом, 2015 б).

Тому так важливо, щоб створення і функціонування сучасних поселень було не тільки благодатне для самої людини, а й безпечне для природи.

З економічних проблем, які покликана вирішувати будівельна індустрія, необхідно виділити кілька найбільш важливих:

- мінімізація енергоспоживання процесів виробництва та експлуатації інфраструктури поселень;
- мінімізація споживання матеріальних ресурсів, включаючи водні;
- мінімізація екодеструктивного впливу на природні системи процесів створення та експлуатації поселень, включаючи постексплуатаційні стадії.

Сьогодні одним із провідних напрямків у будівництві є створення енергоефективних житлових та виробничих будівель. Базовим принципом проектування енергоефективного будинку є підтримання комфортної внутрішньої температури та необхідних процесів життєдіяльності з мінімальним використанням паливних ресурсів або взагалі без них – за рахунок ефективною теплоізоляції і використання альтернативних джерел енергії.

У звичайному будинку втрати енергії відбуваються через контакт його із зовнішнім середовищем (тобто через дах, вікна, стіни тощо) (рис. 9.1). Поставлене завдання, по-перше, мінімізувати ці втрати, по-друге, перетворити зовнішнє середовище на джерело не втрат, а отримання енергії. Зок-

рема, на даху і у вікнах можуть бути поставлені сонячні панелі, над будівлею або поряд з нею може почати діяти вітрогенератор, а різниця температур під землею і на її поверхні може бути джерелом для роботи теплового насоса.



Рисунок 9.1 – Частки тепловтрат у будинку
(Расчет, 2017; Как приходит, 2017; Энергоэффективный, 2017)

Зазвичай для класифікації енергоефективних будинків використовуються такі критерії (Енергоэффективные, 2013; Making, 2017):

- енергоефективний будинок – при витратах на опалення приміщень за рік – менше $90 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$;
- енергопасивний будинок – менше $45 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$;
- будинок нульового опалення (на опалення нічого не витрачається, але потрібна енергія для підігріву гарячої води) – менше $15 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$;
- будинок із позитивним енергобалансом – виробляє енергії більше, ніж споживає.

Часто енергоефективні будівлі називають *будинками з нульовим енергоспоживанням* (англ. Zero-energy-building – ZEB; німецькою – Nullenergie-haus). Це стосується тих будинків, які виробляють енергії не менше, ніж споживають. Ті ж будівлі, які до цього наближаються, називаються будинками з майже нульовим енергоспоживанням (англ. – Near zero-energy-building – nZEB).

Сторінки історії

Традиції створення енергозбережних будинків зароджувалися у північних народів, потреба яких змушувала шукати рішення для збереження тепла і мінімізації використання паливних ресурсів. Зокрема, складна конструкція димоходів дозволяла забезпечувати максимальну ефективність використання тепла в системі опалення, а надійна теплоізоляція давала можливість довше зберігати тепло.

Значний поштовх щодо розвитку енергозбережних технологій в будівництві було дано з настанням енергетичної кризи 1970 років, коли ціна на енергоносії зросла в 4 рази. Першими до процесу підвищення долучилися США та європейські країни. У 1972 р. в місті Манчестер (штат Нью-Гемпшир, США) було споруджено будинок нового типу – з максимальною теплоізоляцією. З північного фасаду було відсутнє скління (що дозволяло знизити втрати тепла в зимовий час). Покриття плоскої покрівлі було виконане у світлих тонах, що зменшувало її нагрівання і потреби в кондиціонуванні в теплу пору року. На даху будівлі розміщувалися сонячні колектори.

У 1973–1979 роках в місті Отаніємі, Фінляндія, було побудовано комплекс «ECONO-HOUSE». У ньому надійна теплоізоляція поєднувалася з інноваційними рішеннями з вентиляції будинку. До загальної системи теплообміну додавалися сонячні колектори і геотермальна установка.

У 1983 р. Швеція ввела стандарт на теплову ізоляцію, зробивши 50–60 кВт·год/м² на рік максимально допустимими тепловими втратами для будинків. На той час у Німеччині будинки в середньому втрачали до 200 кВт·год/м² на рік.

У середині 1980 років у Дармштаті, Німеччина, було побудовано будинок, який отримав назву «пасивного» завдяки тому, що він активно не опалювався, а лише пасивно використовував енергію сонця. У ньому потреба в додатковому теплі становила менше 15 кВт·год/м² на рік, що досягалось за рахунок високоефективної ізоляції стін та вікон. Порівняно зі звичайними будинками витрати на опалення були скорочені на 90%, а на електропостачання – на 75% (Вайцеккер и др., 2010).

З того часу ідеї створення енергоефективних будівель в Європі і решті світу зробили колосальний прогрес. До початку 2010 р. лише в Австрії та Німеччині було побудовано 15 тисяч пасивних будинків, що не опалюються (Седых, 2011). Реальністю стали будинки, що виробляють енергії більше, ніж споживають самі.

Досвід ЄС. У 2010 році в Євросоюзі була видана Директива з енергетичного забезпечення будівель («On the energy performance of building») (Directive, 2010). У ній зазначено, що після 31 грудня 2018 року всі нововведені громадські будівлі повинні відповідати вимогам будинків із майже нульовим енергоспоживанням (near zero energy buildings – nZEBs) (Nearly, 2017). А після 31.12.2020 ця вимога поширюється на всі нововведені будівлі (Zero-energy, 2017).

У 2015 році подібний документ «Будівлі з нульовим енергетичним балансом» («Zero energy buildings») був розміщений на сайті Міністерства

енергетики США. Щоправда, на відміну від європейської Директиви цей документ має лише рекомендаційний та інформаційний характер. Проте проекти, що відповідають критеріям ZEB, дають підстави отримувати низку пільг, зокрема і кредитного характеру (Дом, 2015).

Для забезпечення функціонування енергоефективних будівель застосовуються сучасні технології (Вайцеккер и др., 2013), включаючи:

- використання фотогальванічного ефекту (сонячних батарей);
- використання принципу «теплового насоса»;
- використання інших альтернативних джерел енергії: біоенергетичних генераторів, вітрогенераторів, сонячних колекторів;
- ефективна теплоізоляція з використанням прогресивних матеріалів та устаткування будівель;
- вентилявання повітря із застосуванням рекуперації тепла (тобто утилізація відпрацьованого тепла);
- ефективне скління і прогресивні конструкції вікон;
- використання «розумних» систем управління процесами функціонування будівель.

Говорячи про «енергетично нульові будівлі» (ZEB), необхідно виділити два технологічно різних напрямки:

✓ будівлі, під'єднані до електромережі, можуть споживати з мережі певну кількість електроенергії при підвищеній потребі в ній, компенсуючи потім таку саму або навіть більшу кількість енергії при надлишку її виробництва альтернативними джерелами самої будівлі;

✓ автономні будівлі, що не мають підключення до централізованої електромережі, змушені вирішувати свої технічні проблеми самозабезпечення енергією; в цьому випадку вони, як правило, повинні мати достатній акумуляційний потенціал для балансування піків і спадів виробництва і споживання енергії.

9.2. Оцінка сестейнового будівництва

Фахівці багатьох країн напружено працюють над створенням системи оцінок «зеленого» будівництва. Існуюча на сьогодні система екологічної сертифікації розглядає будівництво за двома основними напрямками (Шульга, 2014):

- оцінка *самого об'єкта будівництва* всім циклом реалізації проекту: від проектних робіт до демонтажу будівлі;
- оцінка *матеріалів*, що використовуються для побудови і експлуатації об'єкта; розглядаються екологічні властивості окремих матеріалів і комплектуючих.

Сьогодні в світі використовуються більше десяти визнаних міжнародних систем сертифікації «зеленого» будівництва. Крім того, свої власні системи мають окремі країни.

Як приклад можна навести окремі положення трьох поширених у світі систем сертифікації.

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) – найстаріша система сертифікації, розроблена британським інститутом Building Research Establishment (звідси перші три букви в назві системи) (Шульга, 2014).

Використовується з початку 1990 років. На сьогоднішній день за цією системою сертифіковані сотні тисяч будівель по всьому світу. Широко використовується в країнах ЄС. Критерії міжнародної версії згруповані таким чином:

- енергетична ефективність;
- ефективне використання води;
- матеріали, що використовуються в будівництві (включаючи повторне використання);
- якість управління будівельним проектом;
- комфорт і здоров'я мешканців або працівників;
- транспортна інфраструктура в районі розміщення будівлі;
- використання земельної ділянки;
- видалення сміття з будівельного майданчика.

Рівні сертифікатів: Outstanding, Excellent, Very Good, Good, Pass.

LEED (The leadership in Energy & Environmental Design, в перекладі «Керівництво з енергоефективного та екологічного проектування») є національним стандартом США для проектування енергоефективних і сестейнових будівель. Перша версія системи з'явилася у 1994 році; з того часу в світі сертифіковано понад 100 тис. будівель за даною системою. У стандарті використовується 100-бальна система за такими основними категоріями:

- місце розміщення і доступ до транспортної інфраструктури;
- використання матеріалів і ресурсів (зокрема ефективність використання енергії та води);
- внутрішній комфорт;
- використання інновацій в проекті;
- вплив на навколишнє середовище;
- оцінка регіональних пріоритетів в районі будівництва;
- оцінка району будівництва з точки зору розвитку інфраструктури.

Рівні сертифікації: платиновий, золотий, срібний, простий.

DGNB. Система розроблена Німецькою радою із «зеленого» будівництва. Перші літери назви саме цієї організації (німецькою) покладені в назву системи. Вважається системою «другого покоління», оскільки при її розробленні був врахований досвід попередніх систем. Легко адаптується під інші національні стандарти. Використовується з 2009 року. Найбільшого

поширення набула в Німеччині та інших країнах ЄС. На сьогодні за цією системою сертифіковано кілька тисяч будівель. Система оцінює будівлі за такими групами критеріїв:

- «екологічний слід»: оцінка впливу на навколишнє середовище тих матеріалів, які використані при будівництві; оцінка стосується не тільки впливу готового матеріалу, а й процесів його виготовлення – шкідливі викиди, витрати енергії;
 - якість організації процесів: проектування, будівництва, експлуатації, демонтажу; оцінка впливу проекту на навколишнє середовище на всіх його стадіях;
 - оцінка функціональної якості будівлі: комфорт для мешканців або людей, що працюють у будівлях; якість виконання робіт;
 - оцінка ділянки і району, де розміщується будівля.
- Рівні сертифікатів: золотий, срібний, бронзовий.

В Україні для об'єднання зусиль будівельників, проектувальників, енергетиків, екологів та юристів, що працюють у сфері «зеленого» будівництва, створено Українську раду із зеленого будівництва (Ukrainian Green Building Council, UaGBC), яка є громадською організацією. Діяльність Ради сприяє впровадженню стандартів і принципів «зеленого» будівництва в Україні.

На сьогодні найважливішим напрямком роботи ради є: впровадження міжнародних стандартів «зеленого» будівництва; проведення процесів сертифікації; підвищення професійного рівня фахівців у галузі «зеленого» будівництва, популяризація ідей «зеленого» будівництва (Зинченко, 2015).

9.3. Формування зелених дахів та фасадів

Ще однією «родзинкою» сестейного будівництва є облаштування зелених дахів та фасадів. У даному випадку слово «зелений» навіть не потрібно брати в лапки, оскільки згадані дахи і фасади є зеленими в буквальному розумінні. Адже на дахах висаджується зелень: від газонів і квітів до справжніх садів. Сади на дахах (рис. 9.2–9.6) допомагають теплоізолювати будівлі в зимовий час і вбирати дощову воду влітку, зменшуючи забруднення води в міських зливових стоках (10 технологій, 2015).

Безумовно, зелені дахи та фасади, які виконують свої екологічні функції, доречні в будь-яких умовах, але особливо вони необхідні в умовах щільної забудови, де міста часто нагадують кам'яні джунглі, і людина радіє будь-якому контакту з природним об'єктом. Відсутність достатнього простору на землі змушує людину освоювати вертикальні простори, і можна побачити, що міські сади підіймаються стінами будівель.



Рисунок 9.2 – «Луг» на даху дослідного інституту Садів на даху (Augustenborg botanical roof garden) в м. Мальмьо, Швеція (фото автора)



Рисунок 9.3 – Садки з «галявинками» на даху торгового центру в м. Гайслінген, Німеччина (Зелёная, 2016)



Рисунок 9.4 – Садок з клумбою на даху страхової компанії WGV-Versicherungen в м. Штутгарті, Німеччина (Зелёная, 2016)



Рисунок 9.5 – Зелений дах над готелем «Адина» у Сіднеї, Австралія (фото автора)



Рисунок 9.6 – Чагарники с газоном на даху будівлі Вілла Олімпія в м. Дніпрі, Україна (Зелёная, 2016)



*Рисунок 9.7 – Загальний вигляд бізнес-центру ACROS Fukuoka Prefectural International (Богданова, 2017)
використання об'єкта (Богданова, 2017).*

Як приклад тут доречно навести проект аргентинського архітектора і промислового дизайнера Еміліо Амбаса (Emilio Ambasz). Будівля змішаного призначення була побудована в 1994 р. як бізнес-центр ACROS Fukuoka Prefectural International в м. Фукуока (Японія). На фасаді і даху будівлі розмістилася зелена рослинність, створюючи енерго-ефективну та екологічно чисту оболонку будівлі (рис. 9.7, 9.8). При цьому повністю збережені можливості комерційно вигідного

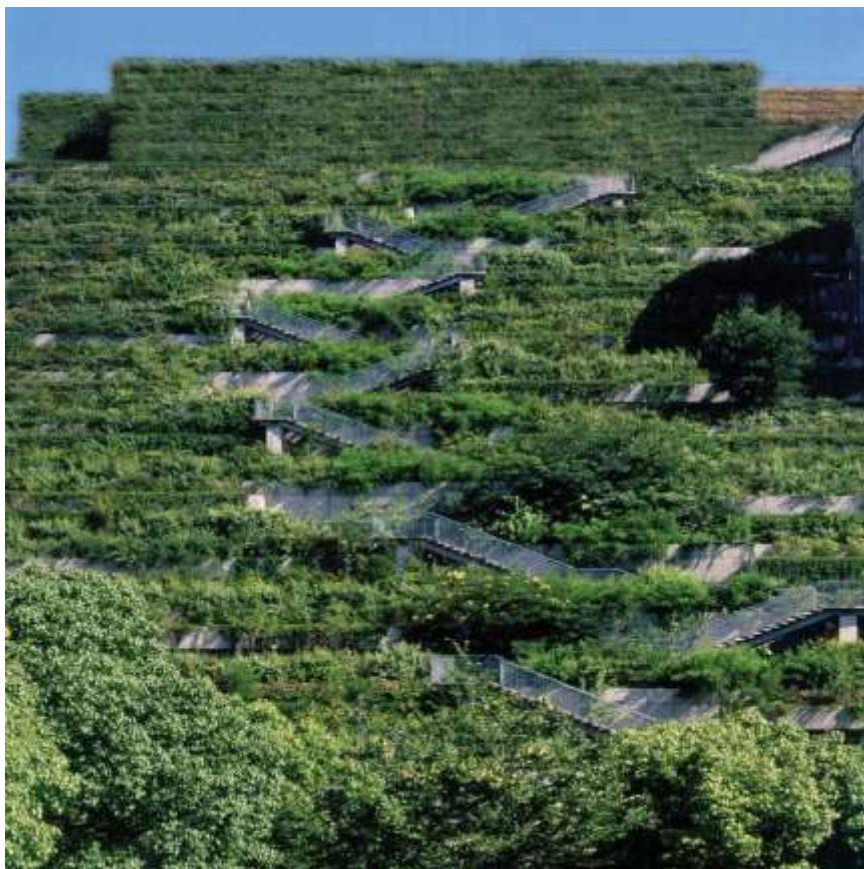


Рисунок 9.8 – Зелене «вбрання» фасаду бізнес-центру ACROS в м. Фукуока (Богданова, 2017)

Звичайно, зелена маса не настільки густа, щоб можна було говорити про ефект зв'язування кисню. Однак вона з успіхом виконує інші свої екологічні функції.

По-перше, вона реально знижує ефект міського «теплового острова». Дослідження показують, що залежно від швидкості вітру і рівня затінення рослини на будівлі можуть знизити температуру середовища на 1–2 °С. Іноді цього достатньо, щоб відмовитися в спеку від додаткового охолодження, а отже, зайвих енерговитрат.

По-друге, зелені насадження нормалізують вологість у будинку і навколо. З одного боку, вони перешкоджають зайвому висушуванню повітря. З іншого – захоплюють і акумулюють дощові потоки, захищаючи середовище від надмірної вологості.

По-третє, зелені стіни і дахи забезпечують середовище проживання для птахів і комах-запилювачів. І, нарешті, зелене оздоблення будинку має естетичну цінність, створюючи позитивний психологічний ефект для жителів, що особливо актуально в перенаселених містах таких країн, як Японія, Китай, Південна Корея, а також у ряді країн Латинської Америки й Африки.

У наведеному проекті зеленої будівлі в м. Фукуока архітекторові вдалося маленьке диво. А саме: він фактично подвоїв розмір парку, що приймає, за рахунок створення 15 упорядкованих терас. Будівля неначе подовжила розмір парку (останнього клаптика зеленого простору в центрі міста), прийнявши на свій південний фасад серію східчастих садів. Піднімаючись звивистою «стежкою» вгору, відвідувачі парку можуть зайнятися вправами або медитацією далеко від шуму міста. А на верхньому майданчику люди можуть помилуватися видами гавані і оточуючих гір. Будівля є дуже успішною і в комерційному плані, оскільки привертає увагу бізнесменів вже самим своїм виглядом (Богданова, 2017).

9.4. Реалії сестейнового будівництва

Умовно можна виділити кілька основних напрямків розвитку сестейнового будівництва:

- *екологічну модернізацію*, коли сестейнізація проводиться в побудованих раніше будівлях (найчастіше це бувають будівлі сторічної давнини і навіть старші);
- *екохайтек* – «зелене» будівництво із застосуванням найпередовіших технологій і матеріалів, як правило, досить дорогих, що позначається і на ціні споруджуваних об'єктів;
- *«зелене» будівництво економ-класу* (еколаутек) – будівництво, розраховане на менш платоспроможні верстви населення; як правило, оптимізуються розміри об'єктів, що будуються; використовуються недорогі матеріали, зазвичай місцевого походження.

Екологічна модернізація. Цей напрямок пов'язаний з екологічним удосконаленням будівель, побудованих набагато раніше. Автори доповіді Римському клубу «Фактор п'ять» називають це екологічною санацією старих будівель (Вайцеккер и др., 2013). Вони ж наводять кілька прикладів подібної санації.

Будівля «60L» в Австралії (свою назву будинок отримав завдяки своїй адресі; L передає назву вулиці – Ланкастер, а 60 – відповідає номеру будинку). Екологічна модернізація триповерхового будинку (якому вже 130 років) в Мельбурні дозволила на 70% знизити використання питної води.

«Будинок відновлюваної енергії» в Брюсселі, Бельгія (споруда – 1885 року). Після модернізації енерговитрати на утримання будівлі скоротилися на 50%, а інші експлуатаційні витрати – на 70%. Гаряче водопостачання переведено на сонячну енергію, використана вискоелективна вентиляція, застосоване прогресивне скління вікон і проведена зовнішня теплоізоляція.

Окружний суд в Худіксваллі, Швеція (споруда – 1909 року). Потреба в енергії знижена на 30% завдяки поліпшенню теплоізоляції і переведенню опалення на альтернативні джерела.

Штаб-квартира Бартон-Груп в Глен-Фоллз, США (споруда – 1865 року). Енергоефективність стала вищою на 49%, ніж сучасні рекомендовані норми штату Нью-Йорк. Необхідну енергію будівля тепер отримує від вітру. Використовується геотермальна система управління мікрокліматом усередині будівлі. Дах став зеленим. Працює система повторного використання «сірої» води і перший у США ліфт із низьким споживанням енергії.

Екохайтек. При будівництві та експлуатації будівель використовуються найпрогресивніші матеріали і технології, незважаючи на їх ціну. Комфортне середовище всередині приміщень створюється за рахунок складних комп'ютеризованих інженерних систем, що керують використанням енергії і води. Подібні будівлі виявляються дуже витратними в будівництві та експлуатації. Їх можуть дозволити лише заможні замовники. В Інтернеті можна легко знайти приклади подібних будівель.

Екобудинок Sunhouse360°, що обертається. Іспанські архітектори та інженери запропонували проект інноваційного будинку (рис. 9.9). Будівля діаметром 18,5 м здатна обертатися, забезпечуючи максимальну ефективність використання сонячних променів. Екобудинок спроектований як будівля з близьким до нуля або нульовим енергоспоживанням, живлення якого забезпечується від відновлюваних джерел. Він оснащений двома високопродуктивними сонячними панелями і тепловим насосом, які взимку будуть забезпечувати опалення та гаряче водопостачання, а влітку – кондиціонування приміщень.



Рисунок 9.9 – «Розумний» екобудинок Sunhouse360°, що обертається за сонцем («Умный» дом, 2015 а)

Максимальна енергоефективність забезпечується також світлодіодним освітленням як зовні, так і всередині. «Розумна» система здатна контролювати рівень освітлення, роботу системи опалення, закриття і відкриття жалюзі і вікон.

«Розумний» будинок має кілька режимів обертання: автоматичний (забезпечує максимальну енергоефективність), ручний і програмований. При останньому з вікна періодично будуть відкриватися різні види. Ціна екобудинку – 3 000 євро і вище за квадратний метр. Це означає, що будинок площею приблизно 480 кв.м. обійдеться в 1,5 млн і більше євро («Умный» дом, 2015 а).

One Angel Square (Манчестер). Цю будівлю називають найекономішшою штаб-квартирою у світі (рис. 9.10). Вона має 72 м заввишки, 15 поверхів, 30 500 кв.м. Будинок побудований за технологією «зеленого» будівництва в 2013 році. Тут розміщуються робочі місця для 3 000 співробітників найбільшого британського кооперативу «The Co-operative Group». Базисом енергоефективності є форма будівлі. Вигнуті тераси фасаду виходять на південь, щоб зловити кожен промінь сонця. Завдяки цьому будівля наповнена сонцем. Власна ТЕЦ забезпечує електрикою, теплом і охолодженням. Вона працює на рапсовій олії. ІТ-системи регулюють енергопостачання і світлодіодне освітлення. Для поливу рослин і водопостачання туалетів використовується очищена дощова вода. Датчики двоокису вуглецю стежать за свіжістю повітря. Влітку повітря охолоджується, взимку нагрівається. У будівлі є зелений внутрішній двір (Город, 2016).



Рисунок 9.10 – Будівля One Angel Square в Манчестері (Англія)
(Город, 2016)

БЦ АSTARTA (Київ). Єдиним офісним центром в Україні, який отримав сертифікат «зеленого» будівництва BREEAM International 2013 (Interim), є БЦ АSTARTA (в Києві на Подолі) (рис. 9.11). Енергоефективність будівлі на 20% перевищує існуючий стандарт, 100% офісних площ мають доступ до денного світла, а системи освітлення оснащені сучасними світло-

діодами. IT-система дозволяє встановлювати в кімнатах індивідуальний кліматичний режим.



Рисунок 9.11 – Бізнес-центр ASTARTA у Києві (Бізнес-центр, 2017)

Важливо відзначити, що ASTARTA – це більше, ніж бізнес-центр. Це цілісний діловий квартал. Він вміщує не лише офісні приміщення, а й зони соціального призначення: клуби активного відпочинку, магазини, ресторани, кафе, центри побутових послуг. У внутрішньому дворіку – сквер, фонтан, тераси і галявини (Бізнес-центр, 2016).

Dynamic Tower. У Дубаї представлено проект хмарочоса (420 м, 80 поверхів) (рис. 9.12). Автор проекту – італійський архітектор Давид Фішер.



Рисунок 9.12 – Проект різних станів хмарочоса, що обертається *Dynamic Tower* у Дубаї (В Дубає, 2017)

Будівля буде обладнана сонячними батареями на даху і 48 вітряними турбінами. Очікується, що вони будуть виробляти в кілька разів більше енергії,

ніж знадобиться хмарочосу для власних потреб. Кожен поверх, за бажанням власників квартири або гостей готелю, буде здійснювати власний оберт навколо осі. Вибирати бажаний вигляд з вікна можна буде за допомогою голосових команд. Апартаменти хмарочоса будуть оформлені з приголомшливою розкішшю (сади, фітнес-центри, басейни). Стартова ціна апартаментів передбачається на рівні 30 млн доларів (В Дубає, 2017).

Місто на воді і «зелений» хмарочос. На південному сході Токіо передбачається створити футуристичне місто на воді з хмарочосом («Небесна миля») висотою 1,7 км (рис. 9.13).



Рисунок 9.13 – Проект міста на воді з хмарочосом «Небесна миля» у Токіо (Mafi, 2016)

Якщо проект буде реалізований, хмарочос встановить новий світовий рекорд висоти. Він буде вдвічі вищий за нинішнього рекордсмена – вежі «Бурдж Халіфа» в Дубаї, що досягає 828 м. Форму водних будівель-селищ адаптують до можливості глобального потепління. Їх гексагональний дизайн повинен посилити захист затоки від землетрусів і тайфунів.

Фасад хмарочоса проектується так, щоб можна було фільтрувати, збирати і зберігати воду, уникаючи необхідності її закачування на верхні поверхи. Форма будівлі найбільш стійка до сильних вітрів. Електроенергія буде вироблятися за допомогою розміщених тут вітроелектростанцій, сонячних панелей і ферм з водоростями. Всередині хмарочоса планується відкрити ресторани, магазини, готелі, спортзали, бібліотеки і медичні клініки. Очікується, що одночасно супер-будинок зможе приймати 55 тисяч відвідувачів (Mafi, 2016).

Говорячи про хайтек у будівництві, необхідно зазначити важливий момент. Хоча технологічно просунуте будівництво є, безумовно, більш дорогим, воно несе в собі потенціал колосального здешевлення будівельних

робіт у майбутньому. І в цьому провідну роль відіграють два ключових напрямки розвитку будівельних технологій: застосування 3D-друку і використання роботів.

Зокрема, нова каліфорнійська компанія Cazza Construction представила технологію для друку будинків з бетону за 24 години. До речі, в Дубаї вже є будівлі, побудовані за 3D-технологіями, і 3D-пальми, що заряджають телефони і роздають Wi-Fi. У місті до 2030 року планується побудувати цілий квартал будинків, надрукованих на 3D-принтері (Голованов, 2016).

На думку гонконгської будівельної компанії Jiayuan International Group, вже сьогодні 3D-друк дозволяє скоротити час і витрати на будівництво приблизно на 10%. Після того, як стандарти 3D-друку будуть остаточно впроваджені в будівництво, а самі процеси стануть більш досконалими, витрати і кількість відходів може бути скорочено на 50% (там само).

Австралійська компанія Fastbrick Robotics представила серію будівельних роботів Hadrian. Один такий робот за продуктивністю перевершує в 4 рази звичайного робітника з цегляної кладки. Якщо ж враховувати необхідний час відпочинку останнього, то його перевага є набагато більшою. За одну годину робот-муляр може викладати до 1000 цеглин, тобто робити за одну годину роботу, яку два робітники могли б виконати за день. Робот в змозі також виконувати складні і різноманітні завдання. Компанія працює над пристроєм, який зможе будувати якісні та недорогі будинки за три дні (Прошкин, 2017).

Штучні «кістки» і «яєчна шкаралупа». Біоінженери з університету Кембридж запропонували використовувати принцип біоміметики – технологічного наслідування природі. На його основі з білків і мінералів при кімнатній температурі створюються штучні матеріали, що імітують властивості кісток і яєчної шкаралупи. Штучні «кістки» створюються на 50% з білка (колагену тваринного походження), який забезпечує структурну жорсткість і твердість, і на 50% – із мінералів, які роблять матеріал міцним і стійким до пошкоджень. Штучна «яєчна шкаралупа» складається на 95% із мінералів і на 5% з білка, що робить її досить міцною. Поки матеріали виробляються в незначній кількості і задовольняють потреби лише виробництва медичних імплантів. Але біоінженери запевняють, що за необхідності процес виробництва може бути масштабований. У разі успіху енергоємність будівельних процесів може бути значно знижена, адже згадані штучні матеріали виробляються при кімнатній температурі, а виробництво бетону і сталі вимагає великих енергетичних затрат (Красильникова, 2016 а).

Безумовно, елітне «зелене» будівництво належить до так званого «штучного» виробництва, результатами якого можуть сьогодні скористатися лише одиниці найбільш забезпечених людей планети. У той самий час воно відіграє важливу роль для розвитку сестейнових технологій масового будівництва у майбутньому.

Згідно з прогнозом компанії The Boston Consulting Group інновації в будівельному секторі через 10 років дозволять щорічно економити від 0,7 до 1,2 трлн доларів США на стадії будівництва і від 0,3 до 0,5 трлн доларів на стадії експлуатації будівель (Гоголадзе, 2017 в).

Подібні проекти *екохайтеку* є своєрідним інкубатором нових ідей і випробувальним полігоном, де провідні архітектори та інженери сучасності впроваджують, перевіряють і вдосконалюють свої інноваційні рішення (нові технології і матеріали), які завтра стануть надбанням мільйонів.

9.5. Сестейнове будівництво економ-класу

Еколаутек (ecolowtech) передбачає максимальне здешевлення зведених будинків як на етапі їх будівництва, так і під час експлуатації. Значною мірою це досягається за рахунок використання природних матеріалів (дерево, глина, солома, очерет). Західні експерти звертають особливо увагу на необхідність зниження експлуатаційних витрат, на частку яких припадає до 80% витрат по всьому циклу будівництва, експлуатації та постексплуатаційної утилізації будівель (Седых, 2011).

Природні будматеріали. На ринку будівельних матеріалів достатньо екологічно чистих і відносно дешевих за ціною матеріалів: солом'яні блоки (солома), очеретяні блоки (комишит), ґрунтоблоки (торф або тирса з додаванням золи і хвої), геокар (висушена суміш торфу, стружки, тирси і рубаної соломи), керпен (природна сировина з додаванням промислових відходів), артіський туф, саман (суміш глини, соломи і піску) (Седых, 2011).

У Німеччині та США значного поширення набуло будівництво каркасних будинків, основним будівельним матеріалом яких є солом'яні блоки (90% – солома і 10% – розчин глини з антигорючими і просанітарними просочувальними добавками). Матеріал істотно відрізняється від саману (80% – глина, 10% – солома, 10% – органіка). Зазначені матеріали мають значні переваги. Вони добре «дихають» (тобто здатні до природної вентиляції), значно краще від традиційних матеріалів (зокрема цегли) утримують тепло, легко утилізуються після закінчення експлуатаційного періоду. При правильному захисті та експлуатації такі будинки функціонують сто років. Крім того, вони мають високу вогнестійкість. Залежно від рівня захисту та облицювання здатні витримувати вплив вогню від 45 хвилин до 2 годин (10 технологій, 2015; Седых, 2011).

Сьогодні в різних країнах світу, перш за все в Європі та США, масово реалізують проекти створення порівняно недорогих екологічних будинків. Приклади, що підтверджують це, можна без зусиль знайти в Інтернеті.

«Розумний» будинок у Штутгарті. Будинок, розташований в центрі Штутгарта, завдяки розміщеним на даху сонячним панелям вироб-

ляє вдвічі більше енергії, ніж необхідно для його експлуатації (рис. 9.14). Надлишки енергії продаються в мережу. Будинок відносно невеликий (52 кв.м.), проте достатній для розміщення молоді сім'ї. В основі дизайну будинку – концепція «потрійного нуля»: нульової енергії, нульових викидів і нульових відходів. Комп'ютеризована система забезпечує максимальну ефективність функціонування будинку («Умный» дом, 2015 б).

Екобудинок «Сонячна ферма». Американська компанія Deltac розробила і в 2017 році розпочала до продаж серії повністю енергетично незалежних будинків. Стартова ціна становить лише 62 тис. доларів (рис. 9.15). Щоправда, ця ціна включає в себе лише голі стіни. Бажаючим отримати готовий інтер'єр з меблями і кліматичною експертизою доведеться заплатити 350–400 тис. доларів. Будинок витриманий у класичних традиціях і є ураганостійким. Зовні його відрізняє лише наявність сонячних панелей, які служать йому і дахом.



Рисунок 9.14 – «Розумний» будинок у Штутгарті («Умный» дом, 2015 б)



Рисунок 9.15 – Пасивний будинок «Сонячна ферма» (Пассивный дом, 2017)

У двоповерховому будинку є вітальня, кухня, їдальня, три спальні і дві ванні кімнати. Площа становить 190 кв.м. Триметрові стелі створюють відчуття простору. Теплоізоляція дозволяє будинку залишатися прохолодним у спеку і теплим – у холод. Енергії сонячних батарей вистачає і для кондиціонування, і для обігріву (Пассивный дом, 2017).

Екобудинок на колесах. Новозеландець Джефф Хоббс (Jeff Hobbs) розробив і побудував автономний пересувний будинок (Room to Move) (рис. 9.16). Завдяки сонячним панелям будинок є повністю самодостатнім. Заряду акумуляторних батарей вистачає для роботи пральної машини, вентилятора, холодильника, витяжки та інших електроприладів. Є туалет і душ. Будинок може встановлюватися на причепі з колесами і легко переміщатися. Його площа лише 21 кв.м., проте він є повністю автономним. Очікується, що система збирання дощової води буде наповнювати ємність 32 тис. літрів на рік. Вартість матеріалів та устаткування становить 46 тис. доларів. З послугами будівельників загальна ціна становитиме 77 тис. доларів (Мини-дом, 2016).



Рисунок 9.16 – Міні-будинок на колесах (Мини-дом, 2016)

Геобудинок під скляним куполом. Норвезька сім'я власними зусиллями в 2013 р. побудувала енергоефективний будинок за полярним колом на острові Сандхорної. Триповерховий будинок із п'ятьма спальнями і двома ванними розміщується під скляним геодезичним куполом заввишки 8 м (рис. 9.17 і 9.18). Сферичний купол площею 180 кв. м зібраний із трикутних секцій, що забезпечують конструкції особливу міцність.

Безпосереднє житло споруджено з екологічно чистих матеріалів (глина, пісок і солома), які можна знайти на острові. Під куполом-теплицею знаходиться внутрішній сад, в якому родина вирощує овочі та фрукти (яблука, абрикоси, виноград, ківі, сливи). Під усією спорудою – гараж. Вся вода, що використовується, рециркулюється і йде на полив саду-городу за допомогою крапельного зрошення. А залишки їжі використовуються на

компост для добрива. Завдяки прозорому куполу в будинку можна насолоджуватися панорамними видами природи (Как построить, 2017).



Рисунок 9.17 – Геобудинок під скляним куполом (Норвегія) (Как построить, 2017)



Рисунок 9.18 – Житлові приміщення будинку під скляним куполом (Как построить, 2017)

Багатоквартирний «нульовий» будинок. Будівля, яка отримала назву «Hanover Olympic» (рис. 9.19), стала першим багатоквартирним «енергонульовим» будинком в Лос-Анджелесі (штат Каліфорнія, США). Він відповідає найжорсткішим екостандартам, оснащений сонячними панелями і не споживає енергію з центральної електромережі. На даху будинку встановлено 215 сонячних батарей. Придбати в будинку можна як студію, так і квартири різних розмірів (В США, 2016).



Рисунок 9.19 – Багатоквартирний «енергонульовий» будинок «Napover Olympic» у Лос-Анджелесі (В США, 2016)

Про те, наскільки масштабним стало проникнення результатів Третьої промислової революції в житлове середовище людей, свідчить рис. 9.20. Житло, показане на ньому, важко запідозрити в тому, що воно належить не до економ-класу. Автору написів до цього фото до того ще й не бракує почуття гумору.



Рисунок 9.20 – Інновації в монгольській юрті (Інноваци, 2017)

На відміну від *екохайтеку*, де кращі фахівці намагаються шукати свої рішення (зокрема найсміливіші ідеї), не відчуваючи жорстких економічних

обмежень, завдання «зеленого» будівництва економ-класу принципово інше. Воно покликане адаптувати сестейнові інновації у будівництві до обмеженого платіжними можливостям масового споживача. Висловлюючись образно, воно намагається накинути на неприборкану фантазію творців від екохайтеку економічну вуздечку, що диктується реальним життям. Якщо у перших цільовим орієнтиром їх діяльності є кращі зразки екологічної та соціальної якості з мінімумом економічних обмежень, то у других – краще співвідношення ціни та якості.

9.6. Перспективи сестейнового будівництва в Україні

Питання сестейнового будівництва є досить актуальним в умовах України. Особливо гостро стоїть питання енергоефективності в житловому господарстві. На думку віце-прем'єр-міністра Г. Зубка, українська сім'я витрачає на утримання житла електроенергії в середньому в 3–5 разів більше, ніж сім'я в інших європейських країнах (Траты, 2016).

Не можна не відзначити, що останні три роки діяльність у сфері підвищення енергоефективності житлового будівництва значно пожвавилася. 22 червня 2017 року Верховна Рада України прийняла в другому читанні і в цілому законопроект № 4941 «Про енергетичну ефективність будівель (Закон, 2017). У липні 2017 р. він був підписаний. Закон покликаний наблизити країну до появи будинків із нульовим споживанням енергоресурсів, що відповідає міжнародним стандартам. На практиці закон повинен сприяти зниженню витрат на опалення та електроенергію.

Законом вводиться обов'язкова енергетична сертифікація. Зокрема, об'єкти будівництва та вже побудовані будівлі повинні будуть пройти сертифікацію енергетичної ефективності на предмет відповідності показників будівлі мінімальним вимогам.

За результатами оцінки кожному будинку буде присвоєно певний клас. Більше того, якщо будинок покращить свій клас енергоефективності, йому буде надаватися державна підтримка. Законом також передбачається впровадження системи обов'язкового аудиту енергоефективних будівель.

Державна підтримка заходів щодо забезпечення (підвищення) рівня енергетичної ефективності будівель згідно з пропозиціями закону (Закон, 2017) передбачає низку заходів:

- бюджетні інвестиційні асигнування;
- здешевлення кредитів на здійснення заходів щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель (відшкодування відсотків за кредитами та/або частини суми кредиту);
- відшкодування частини вартості заходів щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель;
- пільгове кредитування;

- надання державних і місцевих гарантій за кредитами;
- впровадження стимулювальних тарифів (цін) на комунальні послуги та енергію;
- здійснення державно-приватного партнерства;
- впровадження механізмів стимулювання отримувачів соціальної допомоги, субсидій на оплату житлово-комунального господарства для здійснення заходів щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель;
- інші форми фінансування, передбачені законодавством.

Одним із важливих значень цього законопроекту є гармонізація інтересів держави, громадян та суб'єктів господарювання. Зокрема, створюються правові передумови конвертації бюджетних субсидій у процеси вдосконалення будівництва та житлово-комунального господарства.

Відродно відзначити, що українські будівельники активно демонструють свою готовність долучитися до сестейнізації житлово-комунального комплексу країни. З цього приводу можна навести чимало прикладів.

Купольний будинок-термос. Близьке до нульових витрат енергії житло власноруч збудував полтавчанин В. Майборода (рис. 9.21). Стіни, основу яких складає пінопласт, добре термоізолюють будинок. Майже сферична форма знижує вплив вітру, що обдуває будинок по дотичній. Кілька видів сонячних колекторів забезпечують обігрів будинку і його енергопостачання. Підвищують енергоефективність також інші інновації винахідливого полтавчанина (В Полтаве, 2015; Волкова, 2017).



Рисунок 9.21 – Купольний будинок-термос у Полтаві (Дома, 2017)

Купольний будинок в Ужгороді. Ужгородський умілець В. Самойлов самостійно побудував свій власний будинок (рис. 9.22). Як ізоляційний матеріал використовувався целюлозний утеплювач, а підлога підігрівається від грубки на дровах. При цьому витрати на опалення мінімальні. Однієї

машини дров вистачає на 3 опалювальні сезони. Вартість споруди становила близько 7 тис. доларів, ще близько 12 тис. доларів обійшлося внутрішнє наповнення (Енергоэффективный, 2015).



Рисунок 9.22 – Купольний будинок в Ужгороді (Енергоэффективный, 2015)

Екопроект «Де хата?» Ще далі пішли два колишніх жителі Горлівки. По-перше, вони зробили свій проект купольного будинку серійним (з різними типами фундаментів і різною площею) (рис. 9.23).



Рисунок 9.23 – Купольний будинок серійного екопроекту «Де хата?» (Как построить, 2015)

По-друге, вони пропонують користувачам дешеві засоби альтернативної енергетики (вітряки, теплові насоси, геліоколектори, теплоаккумулятори). По-третє, вони забезпечують докладною інструкцією щодо самостійного збирання пропонованих будинків (Как построить, 2015).

PassiveDom. Український технологічний стартап «PassiveDom» представив нову технологію виробництва модульного фабрично виготовленого будинку (рис. 9.24). На думку творців, він може претендувати на звання найтеплішого автономного житлового будинку у світі. Каркас будинку виготовляється за допомогою промислового 3D-принтера із сучасних матеріалів: фібергласу, карбону, поліуретану. Стіни будинку не іржавіють і не гни-

ють. Гарантія на збереження теплових характеристик – 40 років. Будинок мобільний і може бути перевезений у будь-яке місце. Повністю автономний. Дах покритий сонячними панелями. Забезпечений накопичувачами і резервуарами для зберігання води, а також системами контролю мікроклімату. Пропонуються дві моделі 36 м² і 72 м². Залежно від моделі та комплектації ціна варіюється від 30 до 65 тис. доларів (PassiveDom, 2017).



Рисунок 9.24 – PassiveDom: «розумний» екобудинок, роздрукований на 3D-принтері (PassiveDom, 2017)

«OptimaHouse». У селі Микуличі (20 км від Києва) побудовано енергоефективний будинок, спроектований українськими і білоруськими архітекторами (компанія-забудовник «Доступне житло») (рис. 9.25).



Рисунок 9. 25 – Мультикомфортний будинок OptimaHouse (О проекте, 2017)

Будинок площею 130 м² призначений для проживання сім'ї, що налічує 3–4 осіб. Самі творці називають свій проект мультикомфортним. Унікальність проекту полягає у тому, що в ньому забудовники намагаються домог-

тися оптимального балансу і синергії об'єктивних чинників, які прораховані і виражені в цифрах (рис. 9.26).

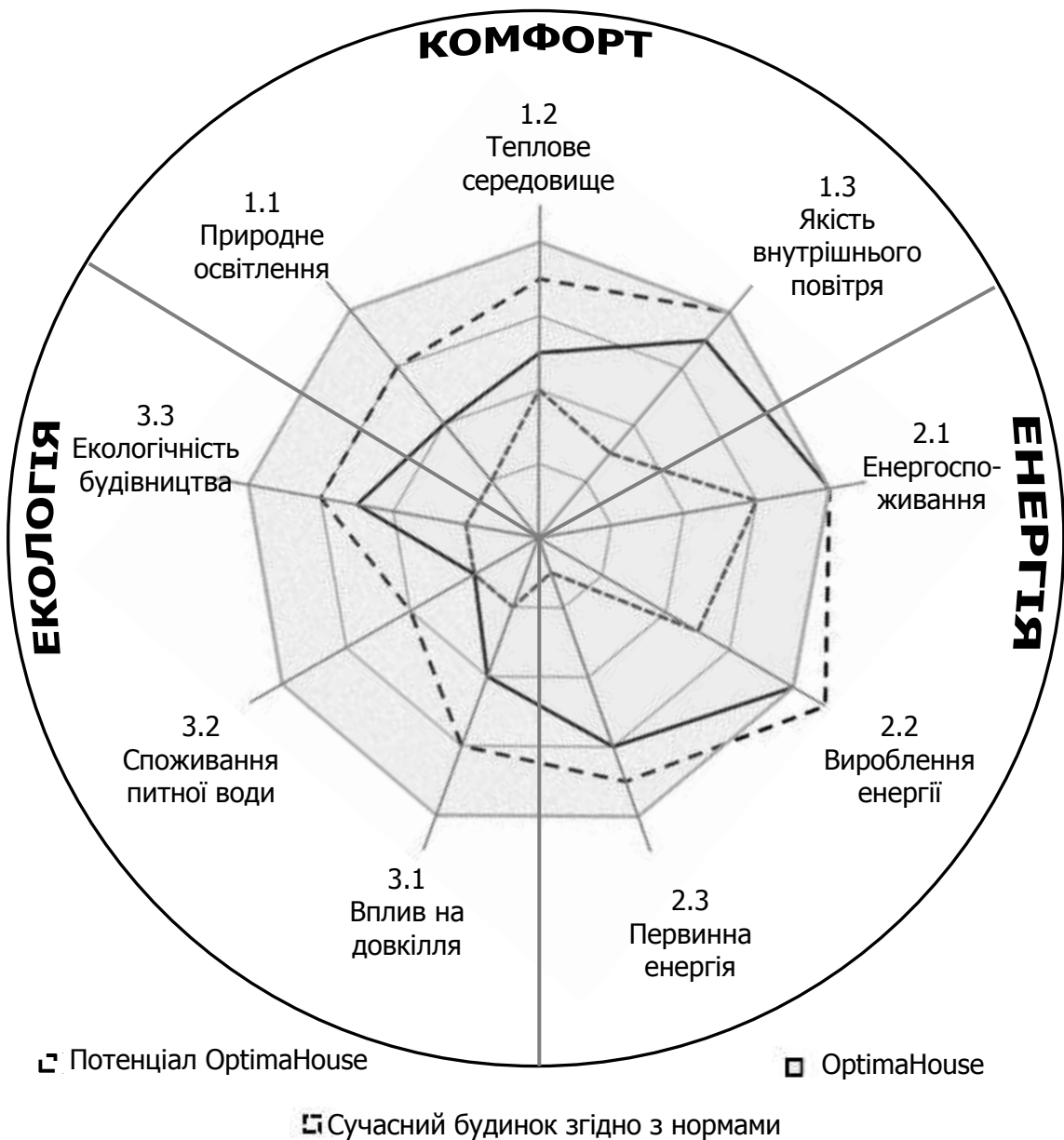


Рисунок 9.26 – Діаграма (О проекте, 2017)

Нехай будинок поки і не досягає «нульового» рівня енергоефективності, проте він на шляху до цього рубежу (О проекте, 2017).

«Розумні» модульні будинки. На ринку України з'явилося нове покоління модульних будинків (рис. 9.27) з функціями «розумного» будинку. Співпраця з європейськими партнерами і використання останніх новинок хайтеку дозволило компанії QHome створити інноваційний продукт за ціною звичайного цегляного будинку. Під словом «модуль» розуміється певна частина будинку – металевий каркас, на який несаджують стіни, вікна, двері. Збирається будинок за принципом дитячого конструктора.

Житло має кілька переваг: високу енергоефективність, ергономічність, підвищену звукоізоляцію, екологічність, гарантію надійності матеріалів, функції «розумного» будинку.



Рисунок 9.27 – «Розумний» модульний будинок («Умные», 2017)

Партнерство із закордонними компаніями дозволяє фірмі QHome орієнтуватися на європейські стандарти будівництва. Половину своєї продукції фірма експортує в країни ЄС, співпрацюючи в процесі виготовлення з кількома українськими підприємствами («Умные», 2017).

Солом'яний будинок (Запоріжжя). Нова українська будівельна компанія Life House Building почала будівництво житла із соломи. Технологія складання будинку досить проста. На дерев'яний каркас із дахом нанизують солом'яні блоки-панелі (рис. 9.28). Для їх виготовлення використовується екологічно чиста солома (яка не проходила хімічної обробки). Тому панелі не виділяють ніяких токсичних речовин.



Рисунок 9.28 – «Солом'яний будинок» у Запоріжжі (Яковлева, 2017 в)



Рисунок 9.29 – «Солом'яний будинок» в процесі будівництва (Аббасова, 2017)

Виготовлення 1 кв. м солом'яної панелі коштує приблизно 32 долари, тоді як у Європі вартість такої панелі коливається в межах 250–300 доларів. Будинок дуже енергоефективний. На опалення загальної площі 140 кв. м витрачається 250 куб. м газу, тоді як у такому самому за площею кам'яному будинку – близько 900 куб. м. Уже понад року одна сім'я в Запоріжжі, живучи в такому будинку, його випробує (Аббасова, 2017; Яковлева, 2017 в).

Подібні технології використовуються для будівництва котеджів у с. Волоському (Дніпропетровська область), де на березі Дніпра створюється екопоселення.



Рисунок 9.30 – Екобудинки в с. Волоському, Дніпропетровська область (Бульков, 2016)

Сестейнізація будівництва так чи інакше впливає на екологічні характеристики всіх секторів економіки. По-перше, тому що саме на стадії будівництва формується екологічний вигляд основних фондів господарських галузей, а також інші характеристики їх сестейновості. По-друге, буді-

вельна галузь визначає ресурсну основу майбутніх основних фондів, а отже, в змозі впливати на сфери виробництва матеріалів та енергії. По-третє, будівельна індустрія сама істотно впливає на природу, а отже, в змозі істотно знизити наслідки цього впливу і гармонізувати відносини людини і природи. По-четверте, будівництво і архітектура формують середовище життя і діяльності людини, від чого залежить успішність її соціального розвитку.

Початок III і IV промислових революцій, поява нових технологій і матеріалів дозволяють значно сестейнізувати процеси в будівельній індустрії і результати її діяльності. Значно підвищується ефективність роботи кожної з її ланок, а отже, істотно (найчастіше в рази, а іноді і на порядок) знижуються енергоємність та матеріаломісткість самого будівництва і процесів експлуатації основних фондів, створених у його ході. І тут значну роль починають відігравати відновлювана енергетика й адитивні технології на основі використання 3D-принтерів. Сестейнізація будівництва також дозволяє значною мірою наблизити будівельні процеси до природи, повернувши в будівництво на новій основі природні матеріали (глина, солома, дерево, целюлоза), що органічно сприймаються екосистемами планети.

9.7. Формування сестейнових містобудівних комплексів

Успіхи в створенні окремих сестейнових елементів «зеленого» будівництва закладають основу для формування сестейнових містобудівних комплексів. Так чи інакше їх творцям доводиться знаходити рішення (так, як вони це розуміють) у найскладніших хитросплетіннях цілей, завдань та проблем сестейнового розвитку. Аналізуючи віртуальні і вже реалізовані на практиці проекти міст майбутнього, можна виділити найважливіші напрями формування сестейнових комплексів.

Відносна автономність із точки зору використання ресурсів. Вона базується на використанні відновлюваних джерел енергії, рециркуляційних схем водоспоживання та утилізації відходів. У багатьох проектах також ставиться завдання часткового або повного самозабезпечення рослинною продукцією.

Завдання повного переходу на відновлювані енергоресурси, зокрема, ставиться в уже розглянутому (підрозділ 9.4) проекті міста на воді з хмарочосом «Небесна миля», який планується реалізувати в одному з районів Токіо.

Цьому співзвучний і проект міста на десяти штучних островах, які повинні бути створені з відходів та водоростей. Автор проекту – бельгійський архітектор Вінсент Каллебот. За його задумом міні-міста-острови повинні постати у вигляді медуз (рис. 9.31).



Рисунок 9.31 – Бельгійський проект міста на воді (Города, 2017 а)

Розмір островів – 500 м у діаметрі. Частина міста піде під землю, де будуть розташовані офіси і житлові приміщення. На поверхні «медуз» будуть розташовані ферми з вирощування рослин. Як і в японському проекті, в центрі міста передбачається звести гігантський хмарочос, де також будуть ферми і житло для людей (Города, 2017 а).

Зелені насадження в місті повинні стати обов'язковим компонентом середовища проживання людини, яким би урбанізованим і футуристичним воно не уявлялося його творцям.

Таким є одне із провідних завдань міста, будівництво якого вже розпочалося в сільській місцевості Китаю неподалік від міста Ченду (рис. 9.32) **Great City** («Велике місто») – так амбітно назвали його творці. У місті планується проживання 80 тисяч жителів на площі близько 3 кв. км.



Рисунок 9.32 – Зелені насадження навколо Great City (Китай) (Города, 2014)

Більше половини території міста будуть займати зелені насадження, до яких з будь-якого будинку можна буде дістатися всього за дві хвилини, а до парків поза забудовою – за 10–15 хв. Зелені насадження будуть як усередині, так і зовні міста. Екопарки будуть переробляти стічні води, тверді відходи і виробляти електроенергію. Максимально буде використовуватися енергія вітру. Місто буде закрите для автомобільного транспорту. Зв'язок з іншими містами здійснюватиметься за допомогою швидкісного транспорту, центральний вузол якого розташується в центрі міста під землею. Завдяки ресурсозбережним технологіям питомі витрати міста порівняно зі схожими за величиною містами будуть меншими: щодо електроенергії майже на 50%, щодо води – на 60%, щодо відходів – на 90% (10 унікальних, 2017).



Рисунок 9.33 – Зелені насадження в середині Great City (Города, 2014)

Місто Масдар в ОАЕ, як і Great City, також будується на новому місці в пустелі неподалік від Абу-Дабі. І хоча зовні вони абсолютно різні (в Масдарі зовсім відсутні хмарочоси), загальним для них є обов'язкова велика кількість *зелених насаджень* у місті (рис. 9.34).



Рисунок 9.34 – Зелені насадження у місті Масдар (ОАЕ) (Города, 2014)

Головною особливістю міста стане його повна незалежність від традиційних джерел енергії. Місто буде отримувати енергію від Сонця, вітру і підземного тепла (Города, 2017б).

Мінімізація автотранспорту. Проекти всіх зазначених міст відрізняються ще однією особливістю: в них мінімізований або повністю відсутній автотранспорт. Ця тенденція наявна і в інших проектах.

Сан-Хуан (Пуерто-Ріко). На відміну від Great City і Масдара місто створюється не з нуля, а перебудовується. Однак і в ньому головним завданням є відмова від автомобілів і створення найкрасивіших зелених пішохідних зон, які могли б привабити як туристів, так і майбутніх мешканців (10 уникальных, 2017).

Проект Венера (архітектор Жак Фреско) поки існує лише на папері. Але він ще далі зазирає в зелене майбутнє (як у прямому, так і в переносному значенні). Місто буквально потопатиме в парках (рис. 9.35). Крім того, всі будинки планується виготовити з легких сортів залізобетону з керамічним покриттям. Кожна будівля буде енергетично самодостатньою. Такому місту будуть не страшні будь-які бурі і землетруси (Города, 2017 б).



Рисунок 9.35 – Проект Венера (Города, 2017 а)

3D-місто наразі також існує лише в уяві його творців (рис. 9.36). Передбачається, що модульна конструкція міста буде збільшуватися, але не по землі, а над землею, зокрема над лісом, парками і водними об'єктами. При цьому максимально зберігаються природні ландшафти. А у людей з'явиться можливість максимального спілкування один з одним в гігантському будинку-місті (Города, 2014). Ось тільки, чи будуть вони раді подібному тісному спілкуванню? Або потрібно буде цілеспрямовано виводити



Рисунок 9.36 – 3D-місто (Города, 2017 а)

такий вид людей, які будуть із задоволенням мешкати в будинках-сотах, радіючи з того, що можна постійно милуватися природою з висоти пташиного польоту?

Місто для людей. Не всі містобудівники готові поступатися площею зелені у просторі міста. Деякі віддають пріоритет безпосередньо соціальному середовищу. При цьому з міст максимально витісняються важкі види транспорту і промисловість. А як же бути із зеленими насадженнями? Їм віддається другий ярус міста, тобто дахи будинків, а часом і загальний дах над самим містом. Подібні пропозиції можна побачити в проектах модернізації Гетерборга (Швеція) і Мельбурна (Австралія).

Зокрема, шведські архітектори прагнуть зберегти і навіть примножити щільну забудову Гетерборга. З міста спробують максимально витиснути транспорт, зробивши міську річку головною транспортною артерією (рис. 9.37).

Дахи міста передбачається використовувати для розміщення на них городів, сонячних батарей і вітряних млинів. При цьому очікується, що це повністю задовольнить усі потреби мешканців у їжі й енергії. Ще далі у своїх фантазіях пішли автори проекту «зеленої» модернізації Мельбурна. Величезний прозорий «дах» вони збираються побудувати над усім містом. Він буде використовуватися для вирощування їжі, збирання води і сонячної енергії. Щоправда, це буде не скоро... Через 100 років (Города, 2014).

Ми не говоримо детально про проекти гігантських хмарочосів-міст. Але їх теж вистачає. Подібні проекти нагадують якісь мурашники для людей (тут доречно згадати про термін А. Зінов'єва – «человейник»). За задумом творців подібних проектів люди будуть здатні жити і працювати в та-

ких будівлях, місяцями не виходячи з них назовні, тобто на реальну природу. Втім, жоден із подібних проєктів ще навіть не прийнятий до реалізації. Люди відмовляються платити величезні суми за такі проєкти. Можливо, це тому, що не хочуть стати схожими на мурах.



Рисунок 9.37 – Проєкт «зеленої» модернізації м. Гетеборга (Швеція) (Города, 2014)

«Розумне місто». Всі зазначені проєкти об'єднує одна спільна ознака. У місто має прийти штучний інтелект (ШІ), який буде керувати процесами життєдіяльності міста, забезпечуючи економічну та екологічну ефективність його функціонування. Завдання, які буде вирішувати ШІ, будуть постійно ускладнюватися: від раціонального використання ресурсів та оптимізації режимів функціонування до допомоги в пошуку супутника життя, вибору професії та попередження кримінальних злочинів. ШІ повинен стати стрижневою основою всіх інновацій, які змінюють вигляд міст.

Сенсори стануть органами чуттів міста. Технології розпізнавання зображень дозволять збирати і аналізувати будь-яку інформацію про те, що відбувається на вулицях. Наприклад, це дасть можливість створювати тривимірні карти в реальному часі для безпілотників, надавати адміністрації і жителям інформацію про потоки руху і використання площ (Громов, 2016).

Підбиваючи підсумки зазначеного, необхідно підкреслити: фантазія людини-творця створює різноманітність віртуальних варіантів розвитку, з яких буде народжуватися реальне майбутнє. Однак лише ті із запропонованих варіантів отримають путівку в життя, які зможуть пройти суворий відбір за критерієм економічної ефективності і складуть іспит на соціальну спроможність у конкретних місцевих спільнотах.

Питання до розділу 9

1. Яку роль відіграє будівництво у забезпеченні сестейнового розвитку?
2. Які проблеми доводиться вирішувати будівництву для забезпечення сестейнового розвитку?
3. Охарактеризуйте будівлю з точки зору можливих втрат енергії. Яким чином будівля може перетворитися на джерело енергії?
4. Як ви розумієте енергетичну ефективність будівлі?
5. Які існують історичні напрацювання до підвищення енергоефективності будівель?
6. Охарактеризуйте досвід ЄС у підвищенні енергоефективності будівель.
7. Що таке «будівля з нульовим енергобалансом»?
8. Які технології використовуються для підвищення енергоефективності будівель?
9. Що таке система оцінки екологічності будівництва? Які критерії там переважають?
10. Які існують системи оцінки екологічності будівництва?
11. Що відбувається в світі і в Україні для поліпшення системи оцінки екологічності будівництва?
12. Яку роль відіграють зелені дахи і фасади?
13. Який досвід існує щодо створення зелених дахів і фасадів?
14. Які основні напрямки можна виділити у сестейновому будівництві? Що означає кожен з них?
15. Наведіть приклади реалізації напрямку, пов'язаного з екологічною модернізацією.
16. Розкрийте зміст напрямку у сестейновому будівництві, який можна умовно назвати «екохайтеком».
17. Наведіть приклади будівництва за напрямом екохайтеку.
18. Завдяки яким ключовим матеріалам і технологіям реалізується сьогодні хайтек?
19. Роль екохайтеку у розвитку сестейнового будівництва?
20. Як Ви розумієте сестейнове будівництво економкласу?
21. Завдяки яким компонентам реалізується сестейнове будівництво економ-класу?
22. Наведіть приклади реалізації сестейнового будівництва економкласу.
23. Яка принципова відмінність економічних умов, в яких реалізуються «екохайтек» і екобудівництво економ-класу?
24. Які існують організаційні й економічні умови для реалізації сестейнового будівництва в Україні?
25. Які стимули використовує держава для розвитку сестейнового будівництва в Україні?
26. Які результати сестейнового будівництва в Україні ви можете назвати?
27. Які завдання вирішує сучасне створення містобудівних комплексів?
28. Як ви розумієте вислів «місто для людей»?
29. Які приклади проектів сучасних містобудівних комплексів ви можете назвати?
30. Як ви розумієте поняття «розумне місто»?

Розділ 10

СЕСТЕЙНОВЕ АГРОВИРОБНИЦТВО

10.1. Поняття про сестейнове агровиробництво

Основною метою будь-якого агровиробництва є забезпечення людей продуктами харчування. Крім того, аграрне виробництво значною мірою забезпечує сировиною (шкіра, шерсть, бавовна) легку промисловість, енергетику (біогаз) і транспорт (біоетанол та біодизель). Сестейнове агровиробництво може бути визначено як агровиробництво, яке *забезпечує досягнення цілей сестейнового розвитку* (MacRae, 2017). Дещо перефразувавши визначення останнього, сестейновим можна назвати таке агровиробництво, яке дозволяє сьогодні забезпечувати необхідною агропродукцією людей так, щоб у майбутньому вирішення цього завдання не було поставлено під загрозу щодо прийдешніх поколінь.

При уважному аналізі можна виділити такі групи цілей сестейнового агровиробництва:

- забезпечення населення планети достатніми за кількістю та якістю (збалансованістю) продуктами харчування й ресурсами промисловості;
- забезпечення екологічної безпеки продуктів харчування з точки зору здоров'я їх споживачів (включаючи генетичні наслідки);
- забезпечення екологічної безпеки продуктів харчування та промислових ресурсів із точки зору здоров'я їх виробників (включаючи генетичні наслідки);
- забезпечення екологічної безпеки виробництва продуктів харчування з точки зору збереження екосистем планети і біосфери в цілому;
- забезпечення соціальної якості життя виробників та споживачів агропродукції і суспільства в цілому.

Неважко помітити, що засоби досягнення зазначених цілей можуть відзначатися взаємною суперечливістю. Зокрема, кількісне нарощування виробництва продуктів може супроводжуватися погіршенням їх екологічної чистоти і посиленням техногенного навантаження на екосистеми. Спроби ж домогтися екологічного вдосконалення виробництва і споживання продукції агропрому найчастіше ведуть до зниження продуктивності виробничих процесів і подорожчання сільгосппродукції. У першому випадку на задній план відходить екологічна складова агротехнічних процесів, а в другому – ставиться під загрозу вирішення в повному обсязі завдання продовольчої безпеки. Стає зрозумілим, що економічна та екологічна складові повинні вирішуватися в тісному поєднанні одна з одного.

В одному з визначень сестейного агровиробництва (sustainable agriculture) підкреслюється, що воно ґрунтується на повному знанні функцій екосистем (ecosystem services) та зв'язків між біологічними організмами і середовищем, що забезпечує формування цілісних агровиробничих систем та ефективно стійке в часі виробництво (Gold, 2007).

З урахуванням більш широкого погляду на сільгоспвиробництво як на одну зі сфер соціальної системи концепція сестейного агровиробництва передбачає кілька ключових компонентів, що включають (Максаковский, 2002):

- по-перше, активне використання природних процесів (таких, як кругообіг поживних речовин, фіксація азоту та ін.);
- по-друге, зведення до мінімуму застосування неприродних компонентів або невідновлюваних природних факторів, що завдають шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю людей;
- по-третє, активну участь фермерів та інших сільських жителів у всіх процесах аналізу своїх проблем, у розробленні технологій виробництва, адаптації їх застосування до місцевих умов;
- по-четверте, більш справедливий доступ до виробничих ресурсів та можливостей;
- по-п'яте, більш ефективне використання знань місцевого населення, його практичного досвіду та можливостей;
- по-шосте, використання усієї різноманітності природних ресурсів та можливостей створення на фермах підсобних виробництв;
- по-сьоме, підвищення самостійності фермерів та сільських громад.

Як бачимо, сестейне агровиробництво є складною багатовекторною системою виробничої взаємодії людини з природою. У цій системі, як в самому понятті сестейного розвитку, рельєфно виділяються три компоненти: економічна (виробнича), екологічна (безпека людини та екосистем) і соціальна (передбачає можливості соціального розвитку людини).

10.2. Передумови сестейнізації агровиробництва

Сільське господарство є унікальним видом виробництва, яке, як жодне інше, залежить від природи. Природні фактори представлені в ньому двома найважливішими компонентами: по-перше, *внутрішніми* інформаційними факторами вирощуваних організмів, закладеними їх генетичною основою; по-друге, *зовнішніми* матеріально-інформаційними факторами, що забезпечують середовище розвитку і продуктивності організмів (рослин і тварин).

Зовнішні фактори забезпечують продуктивні організми:

- необхідними поживними речовинами;

- вологою;
- фізичними умовами (зокрема, створюють необхідний світловий і температурний режим, а також інші фізичні параметри середовища);
- біологічним середовищем, що створює як позитивний (наприклад, кормова база), так і негативний (шкідники, конкуренти, ін.) фон;
- необхідним інформаційним середовищем, яке регулює, зокрема, біоритми розвитку організмів.

Впродовж усієї історії свого розвитку людина намагалася впливати на всі названі групи факторів з метою підвищення продуктивності сільського господарства. Безумовно, одним з найважливіших завдань було вдосконалення генетичного механізму окультурених рослин і тварин. Відбиралися найбільш продуктивні види організмів, що сприяло природному добору.

Значною мірою природа сама допомагала в даному процесі, генеруючи природні мутації і генетичні трансформації.

Так, пшениця, якій належить насправді значна роль у нашому сучасному раціоні, набула своїх чинних властивостей у результаті незвичайних (але цілком природних) схрещувань між різними видами трав. Сьогоднішній пшеничний хліб – результат гібридизації трьох різних рослинних геномів, кожен з яких містить набір семи хромосом. У цьому розумінні пшеничний хліб необхідно було б віднести до трансгенних, або генетично модифікованих (ГМ) продуктів. Ще один результат трансгенної гібридизації – сучасна кукурудза, яка з'явилася швидше за все завдяки схрещуванню двох видів рослин (Борлоуг, 2001).

Первісних людей, які вперше простежили за циклом розвитку рослин, можна сміливо вважати першими вченими. У міру того, як вони знаходили відповіді на питання: де, коли і як слід вирощувати ті чи інші рослини, в яких ґрунтах, скільки води потребує кожна з них, – вони все більше і більше розширювали горизонти свого розуміння природи. Сотні поколінь хліборобів сприяли прискоренню генетичних перетворень завдяки регулярній селекції з використанням найбільш плідних та сильних рослин і тварин. Щоб зрозуміти, як далеко зайшли ці еволюційні зміни, досить поглянути на кукурудзяні качани (їх вік – 5 тис. років), знайдені при розкопках в печері Теуакан (Мексика). Вони приблизно в 10 разів менші, ніж у сучасних сортів (Борлоуг, 2001).

За останні сто років вчені в різних галузях знань (насамперед у генетиці і фізіології рослин) змогли застосувати отримані знання для різкого підвищення врожайності культур на відносно постійній основі.

У період після Другої світової війни відбулася масштабна подія, що отримала назву «зеленої революції». Вона являє собою комплекс змін в аграрному виробництві, головним чином у країнах, що розвиваються. Ці зміни включали активне виведення більш продуктивних сортів рослин, розширене зрошення, застосування добрив, пестицидів, сучасної техніки і

технологій і, звичайно, підвищення кваліфікації людей, які працюють в аграрному виробництві (Борлоуг, 2001).

Сторінки історії

Термін «зелена революція» був уведений директором Агентства з міжнародного розвитку Вільямом Гоудом в 1968 році (Gaud, 2017). Початок «зеленої революції» було покладено в Мексиці в 1943 році. Ініціювали програму мексиканський уряд і Фонд Рокфеллера. Значну роль відіграли праці Нормана Борлоуга (Norman Ernest Borlaug), якому вдалося вивести кілька високоврожайних сортів пшениці, зокрема з коротким стеблом, які є стійкими до вилягання. До середини 1950 років Мексика повністю забезпечила себе зерном і почала його експорт. За 15 років врожайність зернових у країні зросла в 3 рази. У «зелену революцію» були залучені і інші країни, що розвиваються (Бірма, Індія, Індонезія, Колумбія, Непал, Пакистан, Філіппіни, Цейлон). За деякими оцінками, завдяки працям Н. Борлоуга вдалося врятувати від голодної смерті 3,5 млрд осіб на Землі. Не випадково, що в 1970 році йому була присуджена Нобелівська премія миру (Стопа, 2010).

«Зелена революція» дозволила не тільки прогодувати значну частину зростаючого населення планети, а й поліпшити якість життя людей. Майже два десятиліття після «зеленої» революції темпи виробництва продуктів харчування почали випереджати темпи зростання населення Землі. Таким чином, зміни, що відбулися в агропромисловому виробництві, усуваючи голод, дозволили вирішити одне із завдань сестейного розвитку, а саме забезпечення продовольчої безпеки.

Однак за результати «зеленої» революції людству і природі довелося заплатити дорогу екологічну ціну. Масова іригація і глибока обробка земель порушили їх водний режим. Це викликало масштабне засолення та виснаження ґрунтів і спустошення територій. Поширення мінеральних добрив і отрутохімікатів призвели до значної шкоди природі і здоров'ю людини. Одним із серйозних екологічних наслідків стала значна втрата біорізноманітності. Все це обумовлювало необхідність пошуку нових, більш екологічних шляхів розвитку агровиробництва.

В середині 1980 років в країнах Західної Європи, Австралії, Канади, США, Японії та інших розвинених державах у результаті високої інтенсифікації агровиробництва (зокрема за рахунок використання високих доз мінеральних добрив, отрутохімікатів та регуляторів росту рослин) було досягнуто перевиробництво дешевих продуктів харчування. В умовах, коли кількісно продовольча проблема була вирішена, створювалися передумови для вирішення в агропромисловому комплексі екологічних проблем. Почалась нова хвиля «зеленої» революції. Якщо першу хвилю називали «зеленою» за сферою діяльності (аграрний сектор), то друга хвиля стала «зеленою» за своїм екологічним змістом.

10.3. Основи сестейнового агровиробництва

Як можна судити із попереднього підрозділу, основними факторами впливу на продуктивність організмів є:

- удосконалення їх генетичної програми;
- забезпечення достатньою вологою;
- забезпечення поживними речовинами;
- формування фізичного середовища (світлового режиму, температури, ін.);
- формування оптимального біологічного середовища (мікроорганізми, шкідники, конкуренти, паразити, ін.);
- формування оптимального інформаційного середовища.

Через усі ці чинники людина може впливати на процеси росту і розвитку організмів. І всі вони (фактори) можуть виявитися шляхами як погіршення, так і поліпшення екологічного стану агропромислового виробництва.

Найбільш дієвим (за результатами і механізмом реалізації) інструментом впливу людини на агропромислове виробництво є корекція генетичного механізму сільгоспкультур (рослин і тварин). Необхідні властивості (наприклад, як у випадку з пшеницею, – врожайність, стійкість до посухи або, навпаки, до підвищеної вологості, довжина стебла, стійкість до хвороб та ін.) закріплюються на генетичному рівні і можуть самовідтворюватися культурами значною мірою без безпосереднього впливу людини. Сама ця внутрішньо закладена в культурах здатність відтворювати необхідні властивості дає їм незаперечні переваги порівняно з іншими сортами культур або породами тварин, у яких здатність відтворювати подібні якості не закріплена на генетичному рівні. Вже це є першим кроком до екологізації, адже в іншому випадку досягнення бажаних властивостей (наприклад, необхідної врожайності або стійкості до хвороб) довелося б забезпечувати за допомогою застосування мінеральних добрив, стимуляторів або регуляторів росту, тобто хімічних речовин, отрутохімікатів, лікарських препаратів.

Можна говорити про два основні напрями агровиробництва, пов'язаних із впливом на генетичний механізм культивованих культур: *селекцію* і *генну інженерію*.

Селекція (від лат. *selectio* – «вибирати») – інструментарій (емпіричного чи на основі наукових методів) створення нових або поліпшення існуючих порід тварин, сортів рослин, штамів мікроорганізмів із корисними для людини властивостями.

Сторінки історії

Фактично селекцією людина стала займатися з початком неолітичної революції. Однак до XVI–XVII століть вона мала стихійний і неметодичний характер. Для посіву відбирали кращі плоди (насіння) або особи (для відт-

ворення). З часів середньовіччя почав накопичуватися і передаватися досвід для здійснення усвідомленого відбору. Теорія Ч. Дарвіна заклала методичні основи для системної селекції на основі тріади: мінливість – спадковість – добір.

Із розвитком селекції для отримання нових порід або сортів став використовуватися метод *гібридизації*, при якому відбір здійснюється в рамках не одного генотипу, а різних. Інакше кажучи, схрещуються рослини або тварини різних порід або сортів.

При гібридизації спочатку відбираються особини, у яких корисні властивості виражені найбільш сильно. Наприклад, один сорт пшениці відрізняється міцним стовбуром і стійкий до вилягання, а інший – має тонку соломинку, але стійкий до зараження стебловою іржею. При схрещуванні рослин із двох сортів у потомстві виникають різні комбінації ознак.

Після цього з'являється можливість зробити наступний крок, а саме: відібрати ті рослини, які одночасно мають міцну соломинку і не хворіють на стеблову іржу. Так створюється новий сорт.

Зі становленням на початку ХХ століття генетики селекція знайшла теоретичну основу. Знання законів генетики дозволяє цілеспрямовано керувати процесами виникнення і закріплення мутацій (генетичних змін), передбачати результати схрещування, методично правильно проводити відбір гібридів (Вавилов, 1987).

Зокрема, на основі застосування законів генетики вдалося створити понад 10 тисяч сортів пшениці, використовуючи кілька вихідних диких сортів. Також були отримані нові штами мікроорганізмів, що виділяють харчові білки, лікарські речовини, вітаміни та ін. (Основы, 2017).

Генетична інженерія – це метод створення штучних генетичних програм (рекомбінантних або гібридних молекул ДНК) шляхом лабораторних досліджень (тобто досліджень у пробірці – *in verito*).

Генетична інженерія, яка виникла в 1970 роки, спрямована на отримання генетичного матеріалу шляхом маніпуляцій, що проводяться за заздалегідь заданою програмою поза клітиною з молекулами нуклеїнових кислот із подальшим перенесенням створених конструкцій генів у живий організм. У результаті цього досягається їх включення та активність в цьому організмі і у його потомства. Останнім часом вчені навчилися здійснювати процеси генетичної модифікації безпосередньо в живих організмах (Грэй, 2017).

Мета прикладної генетичної інженерії полягає в конструюванні таких рекомбінантних молекул ДНК, які при впровадженні в генетичний апарат надавали б організму властивості, корисні для людини. Прикладом є,

отримання «біологічних реакторів», тобто мікроорганізмів, рослин і тварин, які продукують фармакологічно значущі для людини речовини, створення сортів рослин і порід тварин із певними цінними для людини ознаками (Введение, 2017).

Виконаний у 2012 році аналіз досліджень про використання трансгенних культур: сої, кукурудзи, бавовни і канולי, які проводилися в 1996–2011 роках (з урахуванням, зокрема, і звітів компаній-виробників насіння) показав, що стійкі до комах культури виявлялися більш дешевими при вирощуванні в розвинених країнах. За даними метааналізу, проведеного в 2014 році, врожайність ГМО-сільгоспкультур за рахунок зниження втрат від шкідників на 22% вище, ніж у немодифікованих, при цьому витрати пестицидів нижчі на 37%, видатки на пестициди знижуються на 40%, а доходи сільгоспвиробників підвищуються майже на 70% (Brookes et al, 2013; Klümper et al, 2014). З 1996 року, коли почалося вирощування ГМ-рослин, площі, зайняті ГМ-культурами, зросли до 175 млн гектарів у 2013 році. Це становило понад 11% від усіх світових посівних площ. Такі рослини вирощуються в 27 країнах, особливо широко – в США, Бразилії, Аргентині, Канаді, Індії, Китаї. При цьому, починаючи з 2012 року, виробництво ГМ-сортів країнами, що розвиваються, перевищило виробництво в промислово розвинених державах (Ли, 2013). На 2013 рік в 36 країнах, що регулюють використання ГМ-культур, було видано 2 833 дозволи на використання таких культур, з них 1321 – для вживання в їжу і 918 – на корм худобі. Усього на ринок допущено 27 ГМ-культур (336 сортів), основними культурами є: соя, кукурудза, бавовна, канола, картопля. Із застосованих ГМ-культур переважну більшість площ займають культури, стійкі до гербіцидів, комах-шкідників або культури із комбінацією цих властивостей (James, 2013; James, 2012).

З моменту появи ГМО (тобто з 1970 років) у світі ведеться широка дискусія про їхню безпеку. У 2010 році свій висновок зробив Генеральний директорат Європейської Комісії з науки і техніки. Висновок було засновано на результатах понад 130 науково-дослідних проектів, що охоплюють 25-річний період досліджень за участі понад 500 незалежних дослідницьких груп. Головний висновок полягав у тому, що біотехнології і самі ГМО не більш небезпечні, ніж, наприклад, традиційні технології селекції рослин (A decade, 2010)

У 2016 році понад 120 Нобелівських лауреатів, більшість з яких – медики, біологи і хіміки, підписали листа до Грінпіс (Greenpeace), ООН та урядів усього світу із закликом припинити боротьбу з ГМО (Achenbach, 2016 року; Laureates, 2016; 129 Laureates, 2017).

Однак у світі залишається чимало вчених і громадських діячів, які налаштовані менш оптимістично щодо безпеки ГМО і продовжують займа-

тися відповідними дослідженнями. Поки, мабуть, існує лише одна теза, яка задовольняє представників протилежних думок. Її висловила Всесвітня організація охорони здоров'я: «Неможливо в цілому стверджувати про небезпеку або безпеку ГМО; необхідна окрема оцінка в кожному випадку, адже різні ГМО містять різні гени» (Frequently, 2014).

Очевидно, найбільш проблемним моментом у питанні безпеки ГМО залишаються віддалені наслідки їх використання (включаючи репродуктивні наслідки). У будь-якому випадку питання про повну гарантію відсутності таких наслідків залишається відкритим. А це, безумовно, є найважливішим проблемним вузлом сестейного розвитку.

Результати селекції та генної інженерії застосовуються в обох згаданих напрямках сестейнізації аграрного виробництва – як *індустріалізованому*, так і *органічному* (на них детальніше ми зупинимося далі), хоча в кожному з них, безумовно, використовуються різні властивості культивованих організмів, а також застосовуються різні підходи й обмеження.

Якщо говорити про сестейнізацію впливу людини на навколишнє середовище культивованих організмів, то доречно зазначити два найважливіші напрямки, які набули розвитку, – *біодинамічне* і *точне* землеробство.

Біодинамічне землеробство – це такий метод ведення агровиробництва, при якому воно розглядається як виробництво, що здійснюється в єдиній просторово-часовій системі взаємодії культивованих організмів, середовища їх функціонування (зростання) і комплексу природно-космічних факторів.

Біодинамічне землеробство є не просто методом обробки землі і вирощування культурних рослин. Це цілий світогляд із зовсім іншим поглядом на природу. На основі цього методу вдається максимально реалізувати потенційну сприятливість рослин до впливу зовнішнього середовища і сигналам космосу, а плоди, вирощені на такому ґрунті, не лише набувають неповторних смакових та змістовних ознак, але і наповнюються особливою енергією.

В основі вчення лежить відмова від будь-яких хімічних препаратів у вирощуванні врожаю. Всі добрива – лише органічні, а методи боротьби зі шкідниками виключають застосування отрут. Прихильники біодинамічного землеробства вважають, що спроба виростити якомога більше врожаю і вилучати максимум з ґрунту – це неправильний шлях. Набагато цінніше отримати корисний, екологічно чистий урожай, залишаючись при цьому в гармонії з докільям, живою та неживою природою.

Основні правила біодинамічного землеробства:

1. Живити потрібно не рослини, а ґрунт. Для підживлення ґрунту використовують лише органічні добрива, а саме компост. Для захисту та живлення рослин використовують біодинамічні препарати, які можна виготовити самостійно. На добрива застосовують різні органічні залишки за ти-

пом соломи, залишків їжі з кухні, тирси та ін. Правильно удобрений ґрунт забезпечить достатнє живлення рослинам, а вони, у свою чергу, порадують гарним урожаєм.

2. Потрібно враховувати взаємозв'язок усього живого і неживого. Лише повне усвідомлення того, що все пов'язано з усім, дозволить виростити по-справжньому корисний та смачний урожай. Впливають одна на одну рослини, тварини, комахи, а також ґрунт та повітря. Здійснюють свій вплив навіть космічні тіла. Всі процедури висаджування і збору врожаю проводяться з урахуванням цих факторів.

3. Необхідно дотримуватися різноманітності. Метою біодинамічного землеробства є створення цілого світу в мініатюрі, а це виявляється неможливим, якщо всю ділянку засадити, припустимо, картоплею. На ґрунті повинні рости як сусіди різні рослини, які будуть впливати одна на одну. Так, наприклад, цибуля і часник відлякують шкідників. Важливо також враховувати, які рослини росли на ділянці раніше і чергувати їх правильно.

4. Не можна перешкоджати доступу живого світла. У біодинамічному землеробстві важливими є максимальна природність, близькість до натуральних умов природи. Важливі не лише рослини, але і комахи, тварини, наприклад, їжаки, які допоможуть позбутися слимаків, птахи, для яких можна побудувати годівниці. Не всі бур'яни, які ми звикли вважати шкідливими, є такими. Деякі створюють сприятливі умови для культурних рослин, захищаючи їх від палючого сонця або шкідників (Биодинамическое, 2016).

Прихильники теорії біодинамічного землеробства ставляться до ґрунту як до живої істоти. Ґрунт населений різними мікроорганізмами, комахами та іншими живими істотами, які забезпечують живлення рослинам.

Біодинамічне землеробство враховує, що та чи інша культура, висаджена з різницею лише в кілька днів, росте і плодоносить по-різному. Рослини в біодинамічному господарстві дуже чутливі до рухів небесних тіл, тому при посіві необхідно враховувати всі можливі чинники. У день кореня потрібно висаджувати рослини-коренеплоди, такі як картопля, редис, морква. У день листа потрібно займатися висаджуванням листових культур, наприклад, салатів. У день квітки садити квіти, а в день плода – інші рослини: бобові, гарбузи, ягоди, фрукти та ін. (Биодинамическое, 2016).

Точне (координатне) землеробство – це концепція агровиробництва, в основі якої лежить уявлення про існування неоднорідностей у межах одного поля. Для оцінки і детектування цих неоднорідностей використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС, Galileo), спеціальні датчики, аерофотознімки і знімки із супутників, а також спеціальні програми для агроменеджменту на базі геоінформаційних систем (ГІС). Зібрані дані використовуються для планування висівання, розрахунку норм внесення добрив та засобів захисту рослин, більш точного передбачення врожайності і фінансового планування.

Ця концепція вимагає обов'язково враховувати локальні особливості ґрунту і кліматичні умови. В окремих випадках це може полегшити встановлення локальних причин хвороб або ущільнень (Новицкий, 2017).

Точне (координатне) землеробство може застосовуватися для поліпшення стану полів і агроменеджменту, за кількома напрямками:

- агрономічний: з урахуванням реальних потреб культури в добривах удосконалюється агровиробництво;
- технічне: удосконалюється тайм-менеджмент на рівні господарства (зокрема поліпшується планування сільськогосподарських операцій);
- екологічне: скорочується негативний вплив сільгоспвиробництва на довкілля (більш точна оцінка потреб культури в азотних добривах дає можливість обмежити застосування і розкидання азотних добрив);
- економічне: зростання продуктивності та/або скорочення витрат підвищує ефективність агробізнесу (зокрема скорочуються витрати на внесення азотних добрив) (Новицкий, 2017).

Зазначені компоненти сучасного агровиробництва формують технологічну основу сестейнізації сільського господарства.

Сьогодні можна виділити два ключові напрямки сестейнізації агровиробництва, які умовно можуть бути названі *індустріалізованим* і *органічним*. Дещо спрощуючи, принципову відмінність між ними можна охарактеризувати таким чином. У першому з них основний вплив у процесі виробництва людина концентрує безпосередньо на предметі праці – вирощуваних рослинах і тваринах, а в другому – на середовищі, в якому вирощується продукт.

Кожен із цих напрямків має свої сфери застосування та інструментарій реалізації.

10.4. Індустріалізований напрямок сестейнізації агровиробництва

Як можна було переконатися в попередніх підрозділах, *сестейнізація* виробництва має три основні цілі: по-перше, забезпечення продовольчого достатку; по-друге, максимальна екологізація виробництва і споживання агропродукції; по-третє, збереження базових екосистем. Кожен із згаданих напрямків господарювання (індустріалізований та органічний) шукає власні шляхи сестейнізації своїх виробничих результатів. При цьому кожен із них має в своєму «послужному списку» як очевидні успіхи, так і комплекс невирішених поки проблем.

Безумовною перевагою індустріалізованого агровиробництва є його висока продуктивність. Це дозволяє вирішити одне з найважливіших

завдань, зумовлених цілями сестейнового розвитку, а саме: забезпечення продовольчої безпеки, тобто достатку якісної їжі.

На відміну від органічного землеробства індустріалізоване агровиробництво не ставить перед собою максималістичної мети повної екологізації виробництва (зокрема, повної відмови від мінеральних добрив та отрутохімікатів), а йде до цієї мети, послідовно підвищуючи ефективність виробничих процесів. Результатом цього є відносна екологізація, тобто зниження питомого (на одиницю продукції) екодеструктивного навантаження на екосистеми. Адже за рахунок більш ефективних режимів господарювання та застосування природозбережних технологій істотно зменшуються витрати шкідливих речовин і помітно знижуються процеси руйнування ґрунтів у розрахунку на одиницю виробленої продукції.

Основною концепцією індустріалізованих напрямків в агровиробництві є перехід від тотальної обробки землі до індивідуального впливу на вирощувані рослини. Саме таким шляхом відбувалася інтенсифікація сільськогосподарства в 1960–1980 роках. Від суцільного поливу ділянок землі, внесення мінеральних добрив у ґрунт методом розкидання, масового розбрикування отрутохімікатів із літаків тощо – переходили до краплинного (під кожну рослину) зрошення і капсульного землеробства, коли насіння вноситься в ґрунт упакованим разом із необхідними поживними речовинами (добривами) та отрутохімікатами (у разі необхідності останніх). При такому підході від засобів хімічної обробки рослин не відмовляються взагалі, але потреба в них значно (іноді в рази) знижується. Істотно зменшуються й екологічні наслідки. Значно скорочується деградація земель, зокрема їх засолення (через огульний полив) і забруднення (через масштабну хімічну обробку). Ці методи знайшли свій розвиток у гідропоніці та інтенсифікації тепличного господарства.

Гідропоніка (від грецьких слів: вода і робота) – це метод, при якому живлення рослин у точних кількостях і пропорціях відбувається не з ґрунту, а з поживних розчинів (Гідропоніка, 2015).

У 600 році до нашої ери зафіксована письмова згадка про гідропоніку. Знамениті сади Семіраміди у Вавилоні – це перший історичний факт використання великої зрошувальної системи, вбудованої в будівлю (Гідропоніка, 2017). Друге народження гідропоніка отримала при створенні оранжерей на космічних станціях і випробувальних полігонах.

Виділяють чотири основні методи гідропоніки залежно від заміника ґрунту (субстрату), що використовується:

- *агрегатопоніка* – використовуються тверді інертні неорганічні субстрати (керамзит, щебінь, пісок, гравій та ін.);
- *хемопоніка* – використовуються органічні матеріали (тирса, мох, торф, ін.);

- *іонітопоніка* – використовуються рідини;
- *аеропоніка* – коріння рослин підвішені в повітрі спеціальної камери, в якій підтримується подача поживних речовин.

Використання гідропоніки дозволяє значно збільшити врожайність плодівих рослин. Вони ростуть набагато швидше, ніж у звичайному ґрунті. Відпадає проблема погодних умов. З'являється можливість регулювати розмір плодів. Знижуються витрати щодо догляду за рослинами (зокрема, повністю зникає потреба у щоденному поливі). Немає необхідності використання отрутохімікатів (гербіцидів й пестицидів), адже відсутні і бур'яни, і шкідники. Виключається можливість забруднення продуктів різними шкідливими речовинами, які можуть міститися в звичайних ґрунтах. Повністю виключається прямий екодеструктивний вплив на екосистеми, адже відсутній безпосередній контакт з останніми (Гідропоніка, 2015).

До істотних недоліків гідропоніки можна віднести можливість наднормативного підвищення концентрації поживних речовин, зокрема, нитратів у самих продуктах харчування (особливо при некваліфікованих або недобросовісних методах роботи). Продукція, вироблена подібним шляхом, зазвичай значно поступається органічній за смаковими якостями і за запахом.

Максимальну реалізацію описані методи знайшли у вертикальних теплицях (фермах), які набули значного поширення вже у XXI столітті. Як правило, у вертикальних фермах овочі виростають в 2 рази швидше, використовуючи на 95% менше води і в 2 рази менше добрив (Как работает, 2016).

Вертикальна ферма Plenty в передмісті Сіетла не займає жодного метра родючих земель і забезпечує зеленню та овочами 180 тис. осіб, виробляючи щорічно більше 2 тис. т овочів. Виробничий процес максимально автоматизовано, завдяки використанню маленьких роботів Schleppers. Фірма почала будівництво нової вертикальної ферми. Вона буде в два рази продуктивнішого. Там будуть вироблятися 15 видів зелені, полуниця, помідори і кавуни. Фахівці Plenty шукають нові способи вирощування 300 сільгоспкультур. Нещодавно компанія отримала сертифікат, що їх продукція повністю відповідає стандартам якості так званих органічних продуктів (Гоголадзе, 2017 б).

Вертикальна гідропонна ферма в Сінгапурі вирощує понад 50 видів овочів. При цьому врожаї у 5 разів перевищують аналогічний показник на традиційних фермах. Наразі вертикальні ферми вже працюють у більшості європейських країн, Гонконгу, Японії, Кореї, в арабських країнах. Йорданська ферма Sabara Forest займає три гектари в пустелі. За рік вона виробляє близько 130 тонн овочів. Енергію для роботи ферми генерують фотоелектричні панелі (Красильникова, 2017 б).

Необхідно назвати кілька істотних переваг вертикальних ферм. Одна з них – гнучкість організації господарства. Існує колосальний діапазон їх розмірів: від кімнат або контейнерів площею у кілька квадратних метрів до величезних хмарочосів. Це означає, що вони можуть працювати в режимі горизонтально розподілених мереж. Подібна організація дозволяє мінімізувати «вуглецевий екологічний слід» – продукція вирощується на місцях і її не доводиться далеко возити. Значно скорочуються витрати на необхідні ресурси. Наприклад, відбувається економія 90% води порівняно зі звичайними теплицями. Витрати на електроенергію можна скоротити завдяки використанню енергозберіжливих ламп та сонячних панелей. І ще одна важлива деталь: сучасні технології дозволяють отримати продукти з відмінним смаком і близьким до природного насиченим запахом.

Приємно відзначити, що українська компанія GyberGrow уже п'ять років займається аеропонікою, тобто вирощуванням рослин у повітряному середовищі. Компанія пропонує конструкції, на яких можна вирощувати як декоративні рослини, так і овочі, а також ягідні культури, зокрема полуницю (Український, 2016).

Говорячи про індустріалізовані напрямки розвитку сільського господарства, не можна не згадати про проблеми тваринництва. Тією чи іншою мірою більшість його вже і так індустріалізована. Йдеться про масове використання стимуляторів росту, синтетичних кормових добавок, антибіотиків. Екологізація тут може відбуватися шляхом посилення контролю, повної заборони продажу та використання певних препаратів, введення стимулювальних інструментів (як негативної, так і позитивної мотивації) для виробників і споживачів, обумовлюючи їх зацікавленість у реалізації завдань екологізації агровиробництва.

Згадаємо ще одну сферу розвитку індустріалізованого агровиробництва, яка хоч і не належить до рослинництва, проте її важко назвати і тваринництвом. Мова йде про вирощування так званого *м'яса з пробірки*.

Більшість лабораторних методик вирощування штучного м'яса використовує тваринні клітини, отримані з сироватки крові. У біореакторі з клітин формується мускулатура, яка і стає основою м'яса. До недавнього часу собівартість його була надвисокою і не дозволяла вийти на промислові обсяги виробництва. У 2013 році перший у світі бургер з вирощеного в пробірці м'яса коштував 325 000 доларів. Розвиток технології дозволив за 4 роки знизити собівартість виробництва майже в 30 000 разів (!). На початку 2017 року кілограм такого м'яса коштував уже 80 доларів, а один бургер – 11 доларів. Звичайно, це ще майже в 10 разів дорожче, ніж натуральний продукт, але дослідження тривають... (Авельсник, 2017 в).

Вчені прогнозують, що вже за 5–10 років собівартість штучного м'яса вийде на рівень натурального. Передбачається також підвищення якості

нових продуктів. Зокрема, вчені обіцяють вирощувати в лабораторії цілі стейки і курячі грудки. Розширюється і асортимент. Ізраїльський стартап SuperMeat працює над вирощуванням кошерної *курячої печінки*, американська компанія Clara Foods синтезує *яєчний білок*, а Perfect Day Foods створює *молочні продукти* нетваринного походження. Нарешті, голландська компанія-виробник першого гамбургера зі штучним м'ясом Mosa Meat – обіцяє почати продаж лабораторної *яловичини* в найближчі 4–5 років (Авельсник, 2017 в).

Як це, можливо, звучить не дивно, такі напрямки індустріалізованого агровиробництва, як гідропонне рослинництво і вирощування штучного м'яса можуть виявитися значно більш екологічними за свої натуральні аналоги, знижуючи екодеструктивний вплив на екосистеми. Вони потребують значно менше землі, є менш ресурсомісткими. Зокрема, за даними Центру з контролю і профілактики захворювань США, для виробництва одного гамбургера з натурального м'яса необхідно 2 500 літрів води. Відходи тваринництва також є джерелом метану, що посилює парниковий ефект (Авельсник, 2017 в).

Як би там не було, індустріалізоване агровиробництво намагається зайняти свої ніші в справі сестейнізації економіки. У розумному поєднанні з органічним землеробством воно повинно створювати значний потенціал досягнення цілей сестейного розвитку.

10.5. Органічне агровиробництво

Наразі у світі існують два ключових підходи до визначення *органічного агровиробництва* (Что такое, 2017).

Відповідно до першого під органічним агровиробництвом розуміється будь-яка екологічно безпечна система сільгоспвиробництва, зокрема та, яка:

- не використовує синтетичних хімікатів (добрив, пестицидів, антибіотиків тощо);
- здійснює мінімальну обробку ґрунту;
- не застосовує генетично модифікованих організмів (ГМО) та охоплює різні сфери: рослинництво, овочівництво, садівництво, тваринництво, птахівництво тощо.

Таким чином, зазначеним критеріям теоретично може відповідати навіть гідропонне виробництво. Воно не «здійснює інтенсивної обробки ґрунту» (точніше, взагалі не пов'язане з обробкою ґрунту), «не використовує отрутохімікатів» (вони йому зовсім не потрібні, адже відсутні як шкідливі комахи, так і бур'яни), в принципі, використання мінеральних добрив у ньому може бути замінено на використання органіки, і в ньому можуть не використовуватися ГМО. Невипадково деякі види сільгосппродукції,

вирощені гідропонним методом, отримують сертифікати як органічна продукція, і отримуються право на інші назви, які застосовуються нарівні з терміном «органічний» щодо агропродуктів, наприклад: «еко» (eco) і «біо» (bio).

Однак існує й інший погляд на *органічне агровиробництво*, який поділяють багато вчених і фахівців. Згідно з їхніми уявленнями основним критерієм віднесення агровиробництва до органічного виду господарювання має бути виробництво продукції в природних умовах, тобто в натуральних екосистемах. Згадані вище критерії екологічної досконалості повинні лише доповнювати це визначення. При такому підході стає зрозумілим використання базового терміна, який покладений в основу назви даного виду господарювання, оскільки *органічне* агровиробництво – це те, яке *органічно* вписується в кругообіг природних екосистем.

У *рослинництві* ознаками органічного землеробства є:

- відмова від використання не лише отрутохімікатів та мінеральних добрив, а й будь-яких синтетичних добавок, що прискорюють ріст рослин чи змінюють їх смак або зовнішній вигляд (часто такими добавками є підвищені дози нітратів);
- використання сівозмін для відновлення ґрунту;
- застосування біологічних засобів захисту рослин;
- використання замкненого циклу: «землеробство – скотарство» (рослинництво дає корм тваринам, скотарство – добрива для рослинництва);
- щадні технології обробітку ґрунту;
- широке використання сидератів, – рослин, що вирощуються на «зелене» добриво (в Європі їх налічується понад 60 видів).

У *тваринництві* ознакою органічного сільського господарства є «відповідне для кожного виду утримування тварин»: відмова від цілорічного стійлового утримування, обов'язкове випасання худоби, невикористання синтетичних кормових добавок та гормонів, заборона на превентивне використання антибіотиків.

Згідно з принципами органічного сільського хазяйства воно спрямоване на роботу з екосистемами, біогеохімічними циклами речовин та елементів. Воно підтримує різноманітність екосистем і отримує ефект від їх оптимізації. Органічне сільське господарство передбачає в довгостроковій перспективі підтримання здоров'я як конкретних об'єктів виробництва, з яким має справу (рослин, тварин, ґрунту, людини), так і всієї планети (Ходаківська, 2015; Principles, 2017).

Сторінки історії

Органічне сільське господарство має тривалу історію свого розвитку, відлік якої, мабуть, можна вести від початку неолітичної революції, коли в

поті чола людина почала добувати свій хліб насущний. І весь цей час людина або наближалася до органічного землеробства, осягаючи мудрість родючості природних систем, або знову віддалялася від нього, засліплена своїми тимчасовими успіхами підкорення природи.

Багато видатних учених і практиків вписали свої вагомні сторінки в книгу мудрості органічного агровиробництва. Передусім необхідно згадати ім'я видатного російського вченого В. В. Докучаєва, який у 1880–1890 роках заклав основи ґрунтознавства та географії ґрунтів, створивши вчення про ґрунт як про самостійне природне тіло. Він відкрив закономірності генезису і поширення ґрунтів (Докучаев, 1885).

Ведучи мову про органічне землеробство, не можна не згадати ім'я великого українського вченого В. І. Вернадського, засновника теорії про живу речовину. В. І. Вернадський був, до речі, учнем В. В. Докучаєва. Саме він обґрунтував необхідність захисту верхнього шару землі (5–15 см), що забезпечує життя аеробних бактерій, які формують родючість ґрунтів (Вернадский, 1978; Вернадский, 2003).

Маловивченим залишається досвід господарювання унікальної комуни, заснованої в 1880 роках мислителем і поміщиком М. М. Неплюєвим, – Хрестовоздвиженського трудового Братства, яке проіснувало до 1929 року (про яке ми вже згадували у підрозділі 8.5). Перебудовуючи агровиробництво, М. Неплюєв запозичив у провідних господарствах Європи елітні насіння рослин і породи тварин, передові технології і знаряддя праці. У господарстві застосовувалася 10-пільна система сівозмін, синергетичні комплекси поєднання різних видів діяльності: землеробства, тваринництва, лісівництва, садівництва та бджільництва.

В аномально страшних історичних умовах (дві революції і виснажлива громадянська війна) розвиток Братства неухильно відбувався по висхідній траєкторії. Завдяки технологіям, що синергетично пов'язували працю людини з її управлінським началом і силами природи, за всю історію Братства тут не було жодного випадку неврожаю. Урожайність сільськогосподарських культур у Братстві стабільно в 3–5 разів перевищувала показники навколишніх господарств. Створений після розгону Братства в 1929 році на його місці колгосп зміг лише одного разу – у винятково урожайний рік – майже через півстоліття (у 1975 році) наблизитися до його показників (Мельник, 2013).

Яскраву сторінку в розвиток органічного агровиробництва вписав австрійський учений і філософ Р. Штейнер (Rudolf Joseph Lorenz Steiner). У 1924 році він у своєму курсі лекцій виклав концепцію агровиробництва, що отримала назву *біодинамічної*. Сільськогосподарська ферма розглядалася ним як цілісний організм, здатний існувати в режимі самозабезпечувальної системи. У ній землеробство має бути тісно пов'язане з тваринництвом, взаємодоповнюючи і підсилюючи одне одного. Штейнер також запропонував узгоджувати окремі цикли робіт (посів, прополювання та збирання врожаю) з ритмами Місяця і планет (Ермакова, 2008).

Величезний внесок у практичне становлення органічного агровиробництва внесла британська фермерка Ів Балфор (Lady Eve Balfour). У 1939 році вона розпочала так званий Хагліський експеримент (Haughley

Experiment) – перший довгостроковий (понад 40 років) досвід порівняння органічного і заснованого на хімії фермерства. За чотири роки вона опублікувала попередні результати спостережень, які свідчили на користь органічних технологій (Lady, 2017). Вважається, що першим термін «органічне фермерство» ввів в ужиток лорд Нортборн (Lord Northbourne). У своїй книзі «Вдивляючись у землю» (Look to the land) він протиставив органічне фермерство («organic farming») хімічному фермерству («chemical farming») (Lord, 2014).

Одним з основоположників органічного агровиробництва вважається також японський філософ Мокіші Окада (Mokishi Okada), який у 1940–1950 роках сформулював концепцію органічного землеробства. На його думку, агротехніка і агровиробництво повинні не лише бути безпечними для людини і природи, а й служити стабілізуючим фактором, що відтворює стан екосистем (The ideas, 2017).

Поряд із засновниками органічного землеробства чільне місце належить радянському вченому-селекціонеру і практику Т. Мальцеву. У 1940–1960 рр. він обґрунтував і на практиці впровадив ґрунтозбережні технології обробки землі, зокрема, розробив безвідвальну систему обробки землі (Іванов, 1962). Пізніше методи Т. Мальцева були використані в Україні під керівництвом практика-організатора Ф. Моргуна.

Велику популярність у світі набули праці відомого вченого і практика Алекса Подолинського (онука видатного українського вченого С. А. Подолинського), що живе в Австралії. У них він розвиває основи біодинаміки, зокрема досліджує особливості практичного застосування органічного землеробства в умовах Австралії, надаючи методичну допомогу десяткам фермерів у реалізації їх практичної діяльності. У 2006 і 2010 роках він відвідав Україну з циклами лекцій.

Близько 40 років органічне землеробство практикується в Україні. Його піонером став С. С. Антонєць, який очолює аграрне господарство (раніше колгосп) у Шишацькому районі Полтавської області. У той час, коли в країні панували хімічні методи землеробства, він став ініціатором переходу свого господарства на органічні технології, яким залишається вірним до цього дня (Писаренко та ін., 2017).

У 2001 році в Україні була організована Федерація органічного землеробства, почали створюватися клуби органічного землеробства. Наразі в ряді регіонів країни організовуються поселення органічного землеробства.

У 2010 році в Дніпропетровському аграрному університеті було відкрито перший в Україні Центр природного землеробства. З 2008 року в кількох областях країни проводяться дослідження з відродження органічного природного землеробства на Дніпровських порогах.

Виробництво будь-якого органічного продукту починається із сертифікації землі. Навіть якщо йдеться про молоко або м'ясо, то передусім, органічний статус повинні отримати поля і пасовища, які використовуються для ведення тваринництва. Корови, що дають органічне молоко, повинні випасатися. І щоб трава на пасовищах не була насичена пестицидами, діо-

ксинами та іншою стійкою хімією, яка потім може перейти в молоко або м'ясо, земля повинна бути сертифікована як органічна. Така органічна сертифікація підтверджує, що пройшло як мінімум три роки з моменту останнього використання агрохімії і ГМО і в землі більше не залишилося шкідливих речовин.

Після отримання органічного сертифіката на землю, ферма має право отримати сертифікат і на тваринництво. Згідно з вимогами до виробництва, наприклад, органічної яловичини не можна використовувати антибіотики, гормони та стимулятори росту, ГМ-корми і ГМ-тварин. Крім того, заборонено утримування корів у тісних стійлах і не можна негуманно поводитися з тваринами. Корови повинні бути на вільному вигулі, на сертифікованих пасовищах, у природних умовах. Є навіть вимога щодо кількості гектарів на одну голову: наприклад, для однієї дорослої молочної корови в господарстві повинно бути не менше двох гектарів. Під час випасу тварини одночасно сприяють підготовці землі до наступного врожаю, підживлюючи ґрунт природним чином. Тобто вони підтримують баланс природи. Молоко, отримане на таких фермах, є готовим органічним продуктом або ж органічною сировиною.

Що стосується складних продуктів, які складаються з різних інгредієнтів, називаються «органічними» вони можуть лише в тому випадку, якщо не менше 95% їх складу вироблено органічно сертифікованим способом. Таким чином, споживачам органічних продуктів важливо знати місця виробництва всіх інгредієнтів. Міжнародні стандарти зобов'язують органічних виробників зазначати на упаковці походження кожного з компонентів (Ярмилка, 2005).

Останніми роками у світі значно зріс інтерес до органічного землеробства. Лише в країнах ЄС кількість органічних господарств за останні 15 років (на початок 2010 років) зросла більш ніж у 20 разів. Цьому сприяє прийнята в 1993 році політика загальної підтримки фермерів у перші роки переходу від звичайного до органічного агровиробництва. Виробництво органічної продукції регламентується європейськими стандартами для органічного землеробства (ЄЕС № 2092 (91), що діють з 1991 року і були доповнені новими положеннями в 2008 році.

Середній показник кількості органічних господарств на початок 2010 років в країнах ЄС в середньому досягнув 4% і становив: в Австрії – 11%, Італії – 8%, в Данії – 7%, продовжуючи швидко збільшуватися (Гриднев, 2012).

За даними дослідження «The world of Organic Agriculture 2017», глобальне зростання органічного землеробства триває. Загальносвітова площа земельних угідь, що обробляються за правилами органічного землеробства, в 2015 році перевищила 50 млн га, збільшившись за п'ять років у всіх регіонах, крім Латинської Америки. Всього у 2015 р. на планеті налічува-

лося близько 2,4 млн виробників органічної продукції. Найбільшим у світі ринком екологічно чистих продуктів є США (оборот у 2015 році становив близько 36 млрд євро), потім йдуть Німеччина (близько 9 млрд євро) та Франція (близько 6 млрд євро). У Німеччині кількість підприємств органічного землеробства у 2016 році наблизилася до 9%. У 2016 році кожен день майже п'ять агровиробників переходили до методів органічного землеробства. Кількість підприємств, які переробляють екологічну агропродукцію, за 2016 рік збільшилася на 2%. Федеральне міністерство продовольства і сільського господарства Німеччини поставило за мету довести частку сільгоспугідь під органічним землеробством до 20% (зараз вона становить 7,5%) (Экологическое, 2017; Weltweites, 2016).

В Україні в 2013 році був прийнятий закон про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції. З одного боку, органічне землеробство в країні зазнало підйому. Частка площ під органічним агровиробництвом збільшилася з 0,4% на середину 2000 років до 1% на середину 2010-го (Левицкий, 2015). Органічні агрогосподарства успішно розвиваються в Полтавській, Дніпропетровській, Запорізькій, Сумській, Вінницькій, Чернігівській та інших областях.

З іншого боку, вітчизняне органічне агровиробництво зазнає об'єктивних труднощів. Вони пов'язані не лише з технологічними проблемами – органічне землеробство технологічно більш складне і вимагає глибоких знань та високої кваліфікації фахівців, які його реалізують. Надзвичайно складною також є процедура сертифікації, яка може тривати кілька років. Ускладнений також збут готової продукції. Справа в тому, що органічна продукція дорожча за звичайну. При правильному господарюванні вона як правило, виявляється досить рентабельною і бажаючих її придбати буває достатньо. Однак це все ж не масовий покупець, як у випадку із продукцією звичайного агровиробництва. Процес пошуку штучного покупця на штучний товар виявляється досить кропітким заняттям (Левицкий, 2015).

Проте, незважаючи на проблеми, кількість виробників органічної продукції як у світі, так і в Україні з кожним роком зростає, знаходячи свого споживача. Цьому сприяє зростання екологічної грамотності населення і підвищення рівня його сестейнової культури.

10.6. Екологічна сертифікація та маркування в сфері екологічного землеробства¹

Основи екологічних сертифікації та маркування. Сьогодні все більше споживачів у всьому світі розуміють вигоди і віддають перевагу

¹ Розділ підготовлено у співавторстві з к.е.н., доц. І. Б. Дегтярьовою.

товарам і послугам із поліпшеними характеристиками щодо впливу на стан навколишнього середовища і здоров'я людини. Надійним орієнтиром для вибору такої продукції є екологічні сертифікація та маркування. Вони здійснюються відповідно до принципів і за методами міжнародних стандартів серії ISO 14020. При цьому враховуються певні екологічні характеристики продукції. Застосування екологічного маркування було рекомендоване ще на Всесвітній конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро в 1992 році.

Поняття «екологічне маркування» визначено відповідно до ДСТУ ISO 14020: 2003 «Екологічні етикетки і декларації». У пункті «Загальні засади» (ISO 14020: 2000, IDT) характеризується зміст понять: «екологічне маркування» (environmental label) та «екологічна декларація» (environmental declaration) як надання даних про екологічні аспекти певної продукції або послуги (Екологічне, 2017; Національний, 2004).

Міжнародна організація зі стандартизації ISO диференціює екологічне маркування на два основних типи:

I тип екологічного маркування – передбачає отримання права на застосування екологічного маркування у разі, якщо продукція пройшла екологічну сертифікацію. Сертифікація здійснюється органом з екологічного маркування на відповідність екологічним критеріям, що встановлюються для кожної групи продуктів окремо. Сертифікація (certification) – процедура письмового запевнення третьою стороною відповідності продукції, процесу чи послуги встановленим вимогам (Екологічне, 2017).

II тип екологічного маркування (самодекларування) – виробник сам визначає, які дані необхідно надавати для екологічної характеристики своєї продукції. Основні принципи застосування екологічного маркування II типу викладені в стандарті ISO 14021 (ISO, 2016).

Прикладом екологічного маркування II типу можуть бути такі дані декларації, як придатність для повторного перероблення матеріалу й інша інформація, наприклад: «придатний для повторного перероблення», «придатний для компостування», «розбірна конструкція» тощо. Можуть також подаватися спеціальні знаки, визначені міжнародним стандартом ISO 7000 (Екологічне, 2017).

Процес підготовки до екологічного маркування поділяється на три етапи: 1) вибір нової категорії продукції для розроблення екологічних критеріїв; 2) екологічна сертифікація та укладання ліцензійної угоди на право використання знаку екологічного маркування на сертифікованій продукції; 3) нагляд за сертифікованою продукцією (Маціпура, 2011).

Екологічна сертифікація в Європі і у світі. Використання термінів «органічний», «еко», «біо» та будь-яких інших назв, що викликають у споживача асоціацію з «органікою», окремо або в словосполученнях дозволяється лише, тобто, якщо даний продукт відповідає вимогам органіч-

ного законодавства, і його виробництво сертифіковане як органічне. При цьому контролюється використання таких понять і в назвах торгових марок.

Українським споживачам відрізнити справжню органіку можна за загальноприйнятими в Європі і у світі знаками. Купуючи органічні продукти, необхідно звертати увагу на наявність таких знаків і логотипів:

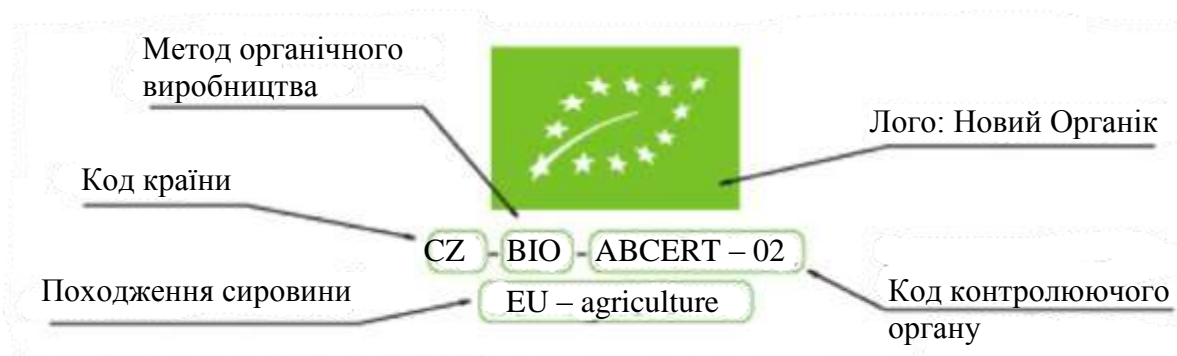


Рисунок 10.1 – Знак органічної сертифікації (Organic, 2017)

Зокрема, знак органічної сертифікації (рис. 10.1) прийнятий у країнах ЄС із 1 липня 2010 року. У 1991 р. розпочала дію європейська система регулювання у сфері органічного сільського господарства EU Regulation 2092/91. З 1 січня 2009 р. вийшла її чергова версія EC 834/2007.

Під знаком на етикетці має бути визначено: код інстанції контролю і місце вирощування сільськогосподарської сировини, з якої вироблено дана продукція, а також назва органу, що виконав сертифікацію. Код органу контролю повинен складатися з таких показників: акроніма (код країни відповідно до міжнародного стандарту двозначних кодів країн ISO 3166), терміну, що позначає органічність (екологічність) виробництва, і шифру (присвоюється уповноваженим органом влади).

Норми, якими повинен керуватися виробник для того, щоб виготовити органічну продукцію згідно з вимогами органу сертифікації, щоб отримати відповідне маркування, регламентують таке:

- не менше 95% компонентів повинні бути органічного походження;
- продукт повинен відповідати правилам офіційної схеми інспекції;
- перехідний період ґрунту для вирощування органічної продукції має бути не менше 3 років; прийнято вважати, що за цей час він очищається;
- регулярні перевірки інспекції для забезпечення відповідності органічного законодавства.

Логотип ЄС, який позначає, що продукція відповідає зазначеним вимогам, можна побачити і на продукції, виробленій в Україні. Це означає,

що продукція відповідає європейським стандартам органічного виробництва.

Якщо такий знак використовується безпідставно, це тягне за собою відповідальність за порушення не тільки національного законодавства, що регламентує органічне виробництво, а й за порушення прав інтелектуальної власності.

Крім європейської системи сертифікації органічних продуктів, найпоширенішими є американська та японська системи.

Національна органічна програма США (NOP) сертифікує і контролює органічних виробників. Вимоги до маркування від NOP поширюються на сирі, свіжі і перероблені продукти, що містять органічні сільськогосподарські інгредієнти.

Знак Demeter вказує свідчить про виробництво за правилами біодинамічного органічного виробництва (рис. 10.2).



Рисунок 10.2 – Екологічний знак для харчових продуктів, вироблених органічними методами (Международные, 2017)

Demeter-International є найбільшою організацією, що сертифікує біодинамічні сільські господарства. Вона створила мережу окремих організацій сертифікації в усьому світі. Demeter-International сертифікує продукцію більш ніж 4 200 виробників у 43 країнах світу, підтверджуючи, що біодинамічна продукція відповідає міжнародним стандартам у галузі виробництва й обробки. Програма сертифікації Demeter була створена ще в 1928 році, започаткувавши перший екологічний знак для харчових продуктів, вироблених органічними методами.

Demeter найстаріша традиційна органічна сертифікація в Європі і вважається найвищим ступенем якості для органічного землеробства в світі. Сертифікацію необхідно підтверджувати щороку. Основою Demeter є біодинамічний метод ведення сільського господарства, що виник завдяки Рудольфу Штайнеру та його «Сільськогосподарському курсу», представленому в Koberwitz в 1924 році і розвиненому далі науково і практично. Вимогами стандарту сертифікації Demeter є підтримання біорізноманітності, охорона екосистем і родючості ґрунтів, утримання домашніх тварин, заборона генетично модифікованих організмів та аналіз ферми з поглядом на неї як на живий «цілісний організм».

Наразі об'єднання «Demeter» діє в усьому світі. Сертифікаційне свідоцтво Demeter підтверджує виконання стандартів фермерами, які, у свою чергу, гарантують високу якість продуктів харчування для споживачів. Винагородою є більш висока ціна на продукти харчування зі знаком «Demeter», починаючи в середньому з 10–30%.

Підприємства-виробники можуть використовувати знак Demeter, тільки пройшовши суворий контроль. Контролюється повне дотримання правил Об'єднання Demeter, починаючи з організації фермерського господарства і закінчуючи переробкою продукції. До цього додається державний щорічний біоконтроль Європейського Співтовариства, що проводиться відповідно до розпорядження ЄС з біоконтролю. Він встановлює мінімальний стандарт на екологічні товари. Але вимоги Demeter, що базуються на цілісному підході, набагато вищі. Нарівні з відмовою від синтетичних добрив та хімічних засобів захисту рослин (зокрема і при їх подальшій обробці) вони передбачають цілеспрямоване стимулювання життєвих процесів у ґрунті. Біодинамічні фермерські господарства гарантують створення продуктів харчування з особливим характером, які перетворюють їжу на здорове задоволення (Международные, 2017). У таблиці 1 наведені види екомаркувань.

Таблиця 10.1 – Екомаркування в європейських країнах (Знак, 2017; Знаки, 2013; Маркировка, 2013; Международные, 2017; Стандарты, 2017; Ярлыки, 2017)

Країна	Маркування	Значення
1	2	3
Франція		Франція була однією з перших європейських країн, що ввели національний знак для екологічних продуктів харчування. З 1 січня 2008 року Агентство АВ (agriculture biologique) є офіційним біовиробником у Франції (Стандарты, 2017).
		ECOCERT – уповноважений незалежний орган контролю та сертифікації від Міністерства сільгосп сектору Франції, який був заснований у 1991 році. Стандарт COSMEBIO визначив офіційні норми виробництва натуральної та органічної косметики (Знаки, 2013).
Португалія		Перша асоціація, спрямована на сприяння органічному землеробству, – AGROBIO, тільки через два роки після своєї появи визнала як органічні лише 7 із 40 асоційованих виробників (Ярлыки, 2017).
Італія		AIBA – Італійська асоціація органічного сільського господарства (Маркировка, 2013).

1	2	3
		LAV – Lega Anti Vivisezione onlus. Організація була заснована в 1977 році. Ліга відстоює право захисту тварин і виступає проти контрабанди тваринами, за захист біологічного різноманіття і навколишнього середовища, а також за скасування вівісекції (Международные, 2017).
		ICEA / AIAB – один із найвідоміших органів сертифікації, налічує 20 філій на території Італії і ще 10 по всьому світу. Серед товарів, які підлягають сертифікації, є продукти харчування, косметика, товари для будинку, одяг та інші текстильні вироби, товари для відпочинку й туризму (Знаки, 2013).
Латвія		Латвійська асоціація органічного сільського господарства (ЛАОСХ), створена в 1995 році. Є професійною організацією, яка співпрацює з фахівцями міністерств Землеробства і Навколишнього середовища (Ярлыки, 2017).
Австрія		ABG є провідною організацією, що інспектує органічний контроль в Австрії та сусідніх країнах. Здійснює незалежний і надійний контроль БІО-господарств (Ярлыки, 2017).
Швейцарія		Інформаційний центр для виробників та ліцензіатів швейцарської марки органічної продукції. «Брунька» («bud») надає допомогу своїм основним клієнтам у маркетинговій сфері та здійснює підтримку компаній у сфері виробництва органічних продуктів (Яшкина и др., 2011).
Чехія		Емблема ORGANIC PRODUCT гарантує, що продукт містить не менше 80% натуральних інгредієнтів (Стандарты, 2017).
Німеччина		У 2001 році Федеральне міністерство у справах захисту прав споживачів, продовольства і сільського господарства Німеччини представило національну систему маркування – Bio-Siegel (Екологічна печатка), яка позначає продукти підприємств, що дотримуються вимог постанови ЄС (Стандарты, 2017).
		ЕсоControl є організацією, яка інспектує і сертифікує екологічну та органічну продукцію і системи перевірки якості в непродовольчому сегменті (Международные, 2017).

Продовження табл. 10.1

1	2	3
		<p>Федеральна асоціація виробничих та комерційних компаній (BDIH), заснована в Німеччині у 1951 році. Товари, сертифіковані BDIH, – це товари для здорового способу життя, фармацевтичні та медичні препарати, засоби особистої гігієни, дієтичні й біологічно активні добавки (Знаки, 2013)</p>
		<p>BCS ÖKO-GARANTIE GMBHc 11 травня 1992 ліцензована як приватний контролюючий орган контролю із здійснення Правил ЄС на органічне виробництво (Маркировка, 2013).</p>
		<p>Визнана незалежна система сертифікації і контролю. Знак якості NATURTEXTIL, розроблений Міжнародним союзом натурального текстилю (IVN); присвоюється лише найкращим текстильним виробам, які складаються з екологічно чистих (необроблених хімією) натуральних волокон. Товари, на яких наявне маркування NATURTEXTIL, відповідають найвищим екологічним та соціальним вимогам на ринку текстильної продукції (Знаки, 2013).</p>
		<p>Öko-Test (Еко-Тест) – незалежне німецьке товариство із захисту прав споживачів. Основний напрямок діяльності – тестування споживчих товарів на предмет вмісту в них небезпечних і шкідливих для здоров'я речовин. Багаторічний досвід Öko-Test показує, що для всіх продуктів, які вселяють побоювання, завжди є здорова альтернатива (ÖKO-TEST, 2013)</p>

Органічна сертифікація в Україні. Споживчий вибір в Україні ускладнений відсутністю регулювання назв торгових марок. У роздрібному продажі є досить біокефірів, натуральних соків, екопродуктів українського виробництва, але органічним вимогам, прийнятим в усьому світі, вони в основному не відповідають. Сьогодні в Україні поки що немає закону, який би регламентував органічне виробництво. Тому виробництво органічної продукції в країні сертифікується представниками іноземних компаній, що діють відповідно до норм і стандартів ЄС, США та інших країн. Іноземних сертифікуючих структур в Україні близько дванадцяти. Давно працюють Control Union (Нідерланди), ІМО (Швейцарія), ЕТКО, Лакон, а також представники Італії, Німеччини, Угорщини, Польщі та інших організацій. З 2009 р. міжнародну акредитацію на право проводити органічну сертифікацію отримала й українська організація «Органік Стан-

дарт». Підприємства мають право самостійно вибирати установу сертифікації.

Для ведення органічного землеробства сільськогосподарські землі повинні відповідати певним вимогам щодо рівня їх забруднення шкідливими речовинами: пестицидами, важкими металами, радіонуклідами тощо. Однак лише наявності територій, потенційно придатних для ведення органічного сільського господарства, недостатньо. Необхідно чітко уявляти, що період переходу від звичайних (інтенсивних) технологій агровиробництва до органічного землеробства (так званий конверсійний період) є досить тривалим процесом (від 2 до 4 років).

В Україні через її специфіку і складне економічне становище деякі поля не обробляються по кілька років. Якщо правильно велася історія полів, а хімічні показники ґрунту відповідають допустимому рівню, то сертифікація може зайняти і менший період – іноді до 2 років. Сертифікація проводиться не менше одного разу на рік, а в більшості випадків двічі на рік, тоді сертифікат дійсний протягом одного року. Наступного року вже необхідно проводити пересертифікацію. Адже якщо господарство працювало один рік без використання хімічних засобів, то це не є гарантією того, що в наступному році воно не використає неприпустимих елементів. Сертифікуються всі ланки діяльності господарства – поля, луки, тваринницькі ферми, елеватори, склади, господарство в цілому, щоб уникнути змішування з іншими видами зерна або з конвенційним зерном. Також обов'язково сертифікується організація, яка безпосередньо займається експортно-імпортними операціями.

Перший крок на шляху до сертифікації – це укладання контракту між підприємством та акредитованою організацією, що здійснює сертифікацію. Далі проводиться інспекція господарства, яка є передусім заходом контролю за дотриманням усіх процедур, визначених стандартами. Відбираються проби ґрунту для проведення аналізів на наявність шкідливих залишків.

Інспектором проводиться попередній огляд підприємства і здійснюється опис господарства: визначаються план господарських будівель і земель (наприклад, для контролю за дотриманням вимог щодо мінімальної площі для утримання тварин на тваринницьких фермах); фіксується інформація щодо загальної площі земель, які використовуються; сортів рослин і насіння, джерел їх надходження у насінневий фонд, про використання в господарстві власних і покупних дозволених органічних добрив; пишеться звіт про технології вирощування кожної культури; перевіряється книга ведення історії полів із культурами, що вирощуються на них; вибірково перевіряються бухгалтерські документи.

У господарстві, що інспектується, серед обов'язкової документації повинні бути:

- щорічний план вирощування рослин;
- щорічний план сівозмін;
- список сортів, що використовуються;
- список використання в господарстві дозволених добрив та засобів захисту рослин;
- звіт про рух тварин;
- інформація про зміни;
- інформація про корми і раціон, що використовуються;
- інформація про заходи з профілактики хвороб;
- інформація про терапевтичне лікування тварин;
- звіт про походження, тип, склад закупленої підприємством продукції і про її використання;
- звіт щодо походження, тип, склад і використання проданих товарів господарства;
- звіт про реалізацію продукції на місцевому ринку.

Аналіз готової продукції проводиться вибірково або за наявності обґрунтованих підозр. Про істотні зміни в господарському процесі підприємству потрібно повідомляти установу, що здійснює сертифікацію. Рішення про сертифікацію приймається після проведення інспекції та аналізу отриманих даних. Якщо рішення про сертифікацію прийнято, господарство має право продавати продукцію як таку, що вироблена за органічними стандартами. Підтвердження сертифіката повинні відбуватися щороку.

Процес переходу господарств в Україні на органічне землеробство сьогодні супроводжується певними ризиками і необхідністю вирішення низки проблем. Факторами ризику досить часто бувають: низька технологічна культура агровиробництва всіх рівнів, починаючи від власного селянського господарства до великих аграрних об'єднань; недостатня адаптація до нової законодавчої та нормативної бази (Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» був прийнятий ВРУ у 2013 р. зі змінами 2015 року, а Правила до нього затверджені КМ України в 2016 році); часткові втрати врожаю на перехідному періоді у зв'язку зі зменшенням обсягів виробництва продукції (особливо це актуально для господарств, що застосовують інтенсивні технології), хоча ці втрати дещо компенсуються високою ціною на органічну продукцію. Картину обтяжує все ще низький рівень обізнаності населення та виробників щодо переваг органічного землеробства та самих органічних продуктів.

Через відсутність істотної фінансової підтримки з боку держави в період конверсії та надання пільг або субсидій при виробництві органічної продукції страждають передусім виробники. У той самий час уряди бага-

тьох країн з метою заохочення фермерів запроваджувати нові форми ведення сільськогосподарської діяльності та підтримки господарств у найбільш складний період конверсії надають їм істотну фінансову допомогу. Крім того, в деяких країнах існує часткова державна компенсація вартості проведення сертифікації «органічних» господарств. Проте в Україні діють організації, що підтримують органічне землеробство, такі як Федерація органічного руху України, Навчально-координаційний центр сільськогосподарських дорадчих служб, Асоціація «БЮЛан». Вони докладають чимало зусиль для популяризації органічного напрямку господарювання, здійснюють можливі заходи для розроблення, просування необхідних законодавчих актів. Разом із Міністерством аграрної політики України створено робочу групу з напрацювання основних нормативних актів. Підготовлено проект Концепції державної Програми розвитку органічного виробництва в Україні, прийняття якої дасть можливість працювати над розробленням Плану дій щодо подальшого розвитку органічного виробництва в Україні.

Треба зауважити, що в Європі плата за сертифікацію господарств становить від 250 до 750 євро залежно від виду діяльності, розмірів підприємства та ін. Однак необхідно врахувати, що середня європейська ферма – це приблизно 30–50 га сільськогосподарських угідь. У той самий час в Україні середня площа сертифікованого господарства становить близько 2 200 га (за даними Міжнародної федерації органічного сільськогосподарського руху). Крім того, фермер повинен оплатити вартість перельоту іноземного інспектора, його перебування і, власне, саму інспекцію та сертифікацію. При таких площах вартість сертифікації може істотно похитнути бажання фермера займатися органічним виробництвом, адже в даному випадку вона може навіть у десять разів перевищувати європейські показники. При менших розмірах господарств або при використанні послуг вітчизняних організацій вартість сертифікації може бути дещо меншою. На допомогу виробникам при цих складних фінансових навантаженнях приходять організації, зацікавлені в експорті органічної продукції, які власними ресурсами можуть забезпечити оплату сертифікації господарств (Как пройти, 2013).

Питання до розділу 10

1. Як можна визначити сестейнове агровиробництво?
2. Які групи цілей застосовуються при визначенні сестейнового агровиробництва?
3. Які компоненти застосовуються при організації сестейнового агровиробництва?
4. Які групи факторів впливають на сестейновість агровиробництва?
5. Які зовнішні фактори сестейнізації агровиробництва можна назвати?

6. Які ви можете навести приклади природної генетичної трансформації?
7. Як ви можете охарактеризувати «зелену» революцію? Коли і де вона відбувалася?
8. Які основні фактори впливу на продуктивність організму ви можете назвати?
9. Охарактеризуйте генетичний механізм впливу на продуктивність організмів. Які два напрями його використання?
10. Які переваги дає гібридизація при застосуванні генетичних механізмів?
11. Що таке генетична інженерія? Як вона може сприяти сестейнізації агровиробництва?
12. Які дві точки зору існують щодо сестейнових характеристик агровиробництва? Що ви думаєте з цього приводу?
13. Дайте характеристику біодинамічного землеробства. Які його основні правила можна назвати?
14. Що ви можете сказати про такий напрям агровиробництва, як «точне (координатне) землеробство»?
15. За якими напрямками відбувається розвиток індустріалізованого агровиробництва? Чи може воно сприяти сестейнізації агровиробництва?
16. Що таке гідропоніка? Чи може вона сприяти сестейнізації агровиробництва? Якщо так, то як саме?
17. Що таке вертикальна ферма? Чи сприяє поширення вертикальних ферм сестейнізації агровиробництва? Обґрунтуйте свою точку зору.
18. Чи має здобутки Україна у розвитку вертикальних ферм? Прокоментуйте свою відповідь.
19. Які здобутки і перспективи має розвиток напряму «м'ясо з пробірки»? Чи може воно сприяти сестейнізації агровиробництва?
20. Які підходи існують до визначення агровиробництва? Чим характеризується кожен із них?
21. Які ознаки органічного землеробства існують у рослинництві?
22. Які ознаки органічного землеробства існують у тваринництві?
23. Які віхи розвитку органічного землеробства ви можете назвати?
24. Які вимоги існують до отримання сертифікату з органічного землеробства?
25. Який сучасний стан розвитку органічного землеробства у світі?
26. Який сучасний стан розвитку органічного землеробства в Україні?
27. Що ви можете розповісти про основи екологічних сертифікацій та маркування?
28. Які системи органічної сертифікації існують у світі?
29. Які види екологічних маркувань і в яких секторах існують в Європі?
30. Які проблеми розвитку органічного землеробства існують в Україні?

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Прочитайте уважно есе і виконайте завдання.

Зустрілися якось «Бура» і «Зелена» Економіки

– Чудово все-таки сказано! – захоплюється «Бура» Економіка: – «Ми не можемо чекати милості від природи, взяти їх у неї – наша задача». Чим більше візьмемо, тим заможнішими станемо!.. Он їх скільки цих самих «милостей» у засіках природи!.. Не міряно!.. І руди всякі, і нафта, і вугілля, і каміння дорогоцінне... Бери – не хочу! Більше візьмеш – більше поважати будуть...

Тут головне – встигати копати ці самі поклади та переробляти... Копати та переробляти... Потрібно – не лінуватися: орати, копати, свердлити та розколупувати...

Я і не лінуюся... Мене по слідах моєї роботи кожен пізнати може... А вони он – всюди... Мене чому «Бурою» називають? Тому що всюди видно бурі сліди моєї праці – вивернуті надра землі: котловани, відвали, траншеї, терикони... Пашу день і ніч,... до речі, як у переносному, так і в прямому розуміннях...

І «Бура» Економіка переможно подивилася на «Зелену», яка весь цей час уважно слухала її збуджений монолог. Коли настала пауза, вона заговорила спокійним і при цьому досить упевненим голосом:

– Мені теж подобається вислів І. В. Мічуріна. Але будь-які вирази потрібно дочитувати і договорювати до кінця. Інакше фрази, вирвані із контексту, можуть привести зовсім не до тих висновків, які в них вклали колись їх автори. Чого вартий хоча б вираз: «Свобода – це усвідомлена необхідність...» Його приписують чи то Спінозі, чи то Гегелю. Але ж у цієї фрази є закінчення. Причому його варіанти можна оцінювати як діаметрально протилежні. Одні вважають, що це: «...усвідомлена необхідність підкорятися». Інші – «... усвідомлена необхідність бути вільним».

У ході монологу «Зеленої» Економіки, «Бура» – все більше стає похмурою. Нарешті, не витримавши, запитує:

– Ну!.. І як це пов'язано з тим, що сказала я? До чого все це?

– А до того,.. що згаданий Вами відомий вислів І. В. Мічуріна щодо «милостей природи» також колись було «обрубано»... Адже закінчувався він фразою: «...Людина може і повинна створювати нові форми рослин краще за природу». Тому в ньому мова йде аж ніяк не про матеріальні, а про інформаційні багатства природи, зокрема генетичні ресурси і потенціал самовідтворення живих організмів...

Мене ось і називають «Зеленою» саме тому, що я зберігаю цей потенціал... А він зазвичай асоціюється із зеленими лісами, садами і луками – одним словом, із ландшафтами та екосистемами планети.

– І що ж ти, не руйнуючи цих ландшафтів, зробити можеш? Адже ти економіка! А будь-яка економіка передусім повинна працювати, тобто щось робити. А де ти візьмеш паливо для виробництва? – дивується «Бура» Економіка (вона вважає себе старшою, більш досвідченою, а тому і «набагато головнішою» за свою «зелену» колегу. І це дає їй підставу звертатися до тієї на «ти»)...

Не чекаючи відповіді, вона закінчує, але вже з східною інтонацією в голосі:

– Ха-ха-ха! Як же це я раніше не зрозуміла щодо сфер твоєї виробничої діяльності:... збирати квіточки, ягідки, розводити бджіл, водити екскурсії на природу – так би мовити, здійснювати екотуризм? Так?

– Взагалі-то, – незворушно продовжує розмову «Зелена» Економіка (через свою природну делікатність вона звертається до «Бурої» Економіки на Ви, хоч і помітно, що багато манер і звичок тієї викликають у неї роздратування, яке вона ледь стримує), – все, що Ви зазначили, дійсно представляє дуже важливі сектори економіки. Зокрема, в багатьох країнах (Ісландія, Нова Зеландія, Єгипет, Італія) туризм, зокрема екологічний, становить значну частку національного доходу. А бджільництво по всьому світу за рахунок запилення бджолами сільськогосподарських культур забезпечує в аграрному секторі приріст продукції, разів у 15–20 більший, ніж заробляє воно саме. Однак, використовуючи обрану Вами термінологію, можна сміливо стверджувати, що це тільки «квіточки»!..

– Тобто?.. – щиро дивується «Бура» Економіка, – що ти маєш на увазі? Де ж у такому випадку твої «ягідки»?

– А «ягідки» – в конкретних результатах діяльності...

– Ну, і де ж ці результати? Що, крім квіточок, ти можеш робити?

– Можливо, Ви здивуєтесь, але все,.. я маю на увазі все те, що робите і Ви...

– Як це?! Як це?! Як це?! – здивовано торохтить «Бура» Економіка. – А енергія?.. А ресурси?

Втім, дуже скоро вона приходить до тями: – Ах, так! Як же я забула!.. Ну, звичайно, у тебе ж різні вироби з дерева і лози... Та ще... солом'яні капелюшки, – насилу стримуючи сміх додає вона, – ось тепер, здається, дійсно – все!

– Ні! Не все!.. – «Зелена» Економіка вичікувально з посмішкою дивиться на «Буру» колегу.

– А-а-а!.. Так-так, дорогенька! – видавлює з себе «Бура» Економіка, намагаючись театралью награти сенсаційне повідомлення. – Як же! Як

же!.. У «нас» ж ще є різні вітрячки і сонячні панельки, що виробляють колосальну кількість енергії – аж 2–3%!

– Помиляєтеся, колего, – спокійно заперечує «Зелена» Економіка. – На жаль, але, швидше, на щастя, Ваші відомості вже істотно застаріли. Тобто, звичайно, існує ще багато країн, де частка «зеленої» енергетики, заснованої на відновлюваних джерелах енергії (сонячної, вітрової, біогазової, гідро-), дійсно обмежується тими кількома відсотками, про які Ви щойно згадали. Але ж ми говоримо про принципові можливості і тенденції розвитку в майбутньому.

Так ось: уже сьогодні в ряді європейських країн (Німеччина, Данія, Іспанія) частка енергії, виробленої «зеленою» енергетикою, досягає 30%, що дозволяє їм повністю відмовитися від послуг ядерного сектору. У певні періоди «зелена» енергетика у цих країнах починає бити рекорди. Так, починаючи з 2016 р., у святкові дні кожного травня і грудня частка відновлюваної енергії у загальному її споживанні в Німеччині перевищує 85%. У травні 2016 і 2017 років. Португалія цілий тиждень споживала відновлювану енергію на 100%. І таких рекордних днів із кожним роком ставатиме все більше. Свій рекорд встановила і вітроенергетика Данії. В один із вересневих днів 2016 року її вітрогенератори виробили понад 140% енергетичних потреб країни за цей день. Слава Богу, цю енергію можна було експортувати. Але є країни, які пішли ще далі. Швеція на 2/3 покриває свої енергопотреби за рахунок відновлюваних джерел енергії, а в Австрії за рахунок них виробляється 80% електроенергії. Уже через п'ять років ці країни і Нова Зеландія планують повністю відмовитися від вуглецевого палива. А в Австралії і Данії це може статися до 2030 року. Навіть у Китаї, де сьогодні спалюють половину видобутого на Землі вугілля, починаючи з 2015 року частка вуглецевої енергетики стала різко знижуватися. До речі, в 2016 році саме там була введена половина всіх новозбудованих потужностей вітроенергетики в світі.

І це тільки початок «зеленої» революції. У грудні 2015 року на Саміті глав держав із питань клімату в Парижі був представлений проект повного переходу на відновлювані джерела енергосистем 139 країн (з 195 існуючих у світі) вже до 2050 року. До них входить і Україна. Тому, вже через 35 років у більшості країн може взагалі не знайтися місця для «Бурої» енергетики з її викопним паливом: вугіллям, нафтою, газом. Не будемо забувати, що «зелена» енергетика виробляє енергію без будь-якої сировини і витрат праці.

– Ой, як страшно! – грайливо парирує «Бура» Економіка, проте відчувається, що вона помітно нервує. – Напланувати і напроектувати можна багато. Хоча ми знаємо, що далеко не всі плани реалізуються.

– На реалізацію цього завдання, – тут же аргументує «Зелена» Економіка, – «працюють» об'єктивні передумови. З одного боку, вартість енергії,

виробленої «зеленими» джерелами, неухильно знижується. З іншого – вуглецеві енергоносії постійно дорожчають. Адже їх запаси виснажуються, а умови видобутку погіршуються. 2015 рік став знаменним. Собівартість енергії вітру зрівнялася із собівартістю енергії від вугільних електростанцій і лише трохи поступалася газовому виробництву. Вже сьогодні вартість сонячної енергії в 30 країнах світу нижча за вартість вугільної енергії. Але ж різниця у собівартості згаданих двох енергій знову зростає і вже на користь «зеленої» енергії. Хоча, по правді сказати, якщо враховувати ще й екологічні витрати, тобто збиток від забруднення середовища, руйнування ландшафтів, порушення екосистем та кліматичних змін, то тут «Бурою» енергетикою позиції вже давно програні і відрив вже й сьогодні є істотним.

– Але без моєї ресурсної бази вже точно не обійтись, – заспокоює скоріше сама себе «Бура» Економіка.

– Поки що так, але і тут ґрунт під «бурими» методами ресурсокористування починає сильно розхитуватися, – зауважує «Зелена» Економіка.

– Це чому ж? – намагаючись триматися впевнено, контратакує «Бура» Економіка.

– А тому, що «зелена» революція несе із собою і революцію в матеріалознавстві, – спокійно відповідає співрозмовниця.

– Ну, і що?.. Що ця революція може змінити? Хто в змозі розхитати фундамент методів виробництва, який закладався століттями? – не здається опонентка.

– А розхитують його 3D-принтери, використання яких дозволяє реалізувати принципово нові методи виробництва матеріальних предметів, – несподівано заявляє «Зелена» Економіка.

– Що це ще за принципово нові методи? – вже з невідомим інтересом запитує «Бура» Економіка. – Я щось про такі не чула.

– Це й не дивно, – спокійно відповідає «зелена» співрозмовниця. – Справа в тому, до недавнього часу будь-яке виробництво ґрунтувалося на так званих субтрактивних методах. Ви абсолютно справедливо помітили, що вони закладалися століттями. Хоча їх назву швидше за все вигадали придумали не так вже давно – від англійського слова subtract, тобто віднімати...

– Ну, і що це за методи? – хвилюється «Бура» Економіка, підозрюючи підступ.

– Найкраще, мабуть, їхню суть пояснив колись дуже давно італійський скульптор, живописець, архітектор і поет Мікеланджело Буонарроті. На запитання: «Як Ви робите свої скульптури?» – він відповів: «Я беру камінь і відсікаю все зайве».

Саме за допомогою таких методів до останнього часу виготовлялася переважна більшість виробів в економіці, тобто у вас. Ситуація і зараз ще не дуже змінилася (хоча, як кажуть, процес уже почався...). Суть методу

така: береться природна субстанція (наприклад, шматок каменю, металу, дерева), а потім вона обточується, обстругується, щось у ній висвердлюється – і виходить готовий виріб.

– Ну, правильно! А що в цьому поганого? Так завжди робили, – дивується «Бура» Економіка.

– Так, в тому то й річ, що – «завжди»... Через це і довели Землю до екологічної кризи... Звичайно, якби так працювали лише скульптори, то в цьому не було б нічого поганого... Але ж так працює вся економіка, тобто Ви... Сьогодні за статистикою із загальної маси вилучених із надр землі матеріальних ресурсів корисно використовується лише 5%. Решта (тобто 95%) повертається природі, тільки вже в набагато більш токсичному і деструктивному стані – скажімо, у вигляді атмосферних викидів, рідких стоків, отруйних відходів... Це навіть важко назвати неефективністю. Це – просто варварство!

– Ну, і що ти пропонуєш? – роздратовано перебиває «Бура» Економіка. – Людям он скільки всього необхідно: потрібно десь жити, у щось одягатися, на чомусь їздити... Все це якось треба виготовляти.

– Звичайно, треба... Але ж це можна робити зовсім інакше, – спокійно відповідає «Зелена» Економіка.

– Чи не з соломи і гілочок?.. Пригадується, Ніф-Ніф і Нуф-Нуф вже експериментували. Тільки експеримент той виявився невдалим, – сміється «Бура» Економіка.

– Думка, звичайно, дуже цікава... До соломи і гілочок ми ще дійдемо... Але щоб їх використовувати, потрібен зовсім інший метод, ніж той, яким користувалися згадані поросята.

– Це який же? – вже з цікавістю перепитує «Бура» Економіка.

– Цей метод називається *адитивним* – від англійського слова *add* – додавати. Згадаймо, Мікеланджело був не тільки скульптором, а й художником. Коли створювалися скульптури, він «відсікав усе зайве». Але коли йому доводилося писати картини, він наносив (додавав) фарби на полотно – мазок за мазком, шар за шаром... Ні краплини зайвого. Практично без відходів... Подібний метод і забезпечує фантастичну ефективність використання матеріалів! Якщо при субтрактивних методах частка корисно використаної маси становить ледь 5% при частці відходів понад 95%, то адитивні методи забезпечують чи не зворотнє співвідношення 95 проти 5%.

Ви уявляєте, який рівень дематеріалізації виробництва! Інакше кажучи, на скільки могли б бути знижені матеріаломісткість та енергоємність виробів, якби такі методи були впроваджені скрізь в економіці!.. На скільки, менше нам знадобилося б заводів, верстатів і виробничих процесів!

Це і є модель адитивного способу виробництва. Таку ж високу ефективність почали забезпечувати 2D-принтери, коли вони були впроваджені, а зараз демонструють і 3D-принтери, які працюють за тим самим принципом – послідовної (шар за шаром) матеріалізації тривимірного інформаційного образу. До речі, мабуть, за традицією матеріал, який використовується в 3D-принтерах, називається «чорнилом».

– Ой! І що з тих «чорнил», нехай навіть і тих, що густішають або застигають, можна «намалювати»?.. Хіба що вазочку або статуетку?.. – не здається «Бура» Економіка.

– Помиляєтеся, шановна! Сьогодні вже створені 3D-принтери, що працюють по черзі з 10 різними матеріалами. Це дозволяє їм в автоматичному режимі створювати широкий асортимент товарів: одяг, взуття, меблі, чохли для смартфонів, світлодіодні лінзи, оптико-волоконні кабелі, будинки і навіть автомобілі.

До речі, американці передали за допомогою 3D-принтера на космічний корабель гайковий ключ. Тобто передали його інформаційний образ, а 3D-принтер на борту космічної станції надрукував на ньому необхідний гайковий ключ.

На цей раз «Бура» Економіка слухає, не перебиваючи, а «Зелена» – продовжує далі:

– Тепер я хочу повернутися до соломи і гілочок. Ви були праві. Сьогодні вчені та інженери дійсно цілеспрямовано розробляють «чорнило» для 3D-принтерів з органічних сполук, наприклад, целюлози. Вона «звична» для природного середовища. По-перше, може бути отримана з відходів органіки – тобто з тієї самої соломи і гілочок, а по-друге, без проблем утилізується природою після закінчення терміну служби виробів. Ще один матеріал, що широко використовується для «чорнила», – кремній. Його отримують зі звичайного піску. Він теж без особливих проблем повертається в природу при утилізації.

До речі, знаєте у чому основна відмінність «Бурої» і «Зеленої» Економік? – несподівано запитує «Зелена» Економіка.

– У чому? – вже розгублено запитує «Бура» Економіка.

– Перша – працює з невідновлюваними ресурсами, друга – з відновлюваними. Це означає, що для першої Природа – це кар'єр, з якого вона черпає одноразові ресурси, або відвал, куди скидаються відходи. Для іншої ж – Природа – постійно діючий реактор, який повинен безперервно відтворювати ресурси. Без нього «Зелена» Економіка існувати не може, а отже, змушена постійно піклуватися про його робочий стан – про благополуччя Природи, тобто біосфери та її складових екосистем. Рано чи пізно потреба, а точніше загроза всепланетної екологічної кризи, що насувається, змусить людство повсюдно перейти до «зеленої» економіки.

«Бура» Економіка раптом сумно посміхається і розгублено питає:

– Так, а мені що тоді робити?

– Освоювати професію музейного працівника, демонструвати свої минулі досягнення і... радіти.

– Чому? – ледь чутно видавлює з себе «Бура» Економіка.

– Успіхам Ваших дітей, – посміхаючись, схвально вимовляє «Зелена» Економіка. – Адже всі три ключових стовпи, які дали поштовх Третій промисловій революції і заклали основу «зеленої» економіки, зародилися в Ваших надрах. Я маю на увазі: по-перше, відновлювані джерела енергії, по-друге, комп'ютер і цифрові технології (забезпечили роботу, зокрема, і 3D-принтера), по-третє, «розумні» мережі, що зв'язують окремі господарські ланки в єдину глобальну еколого-економічну систему – із зеленими ландшафтами, прозорими водоймами і чистим бездимним небом.

– А й справді, – вже веселіше каже «Бура» Економіка, – в музеях я принесу набагато більше користі. Адже, не знаючи минулого, не побудуєш правильно майбутнє... І обидві Економіки з оптимізмом дивляться в далечінь...

Завдання

Розбившись на дві команди (третья виступає в ролі арбітрів), спробуйте у дискусії з'ясувати позиції «Бурої» та «Зеленої» Економік у теперішній час за нижченаведеними питаннями.

➤ Наскільки можливо просто зараз відмовитися від «бурої» економіки в умовах України і світу?

➤ Які наслідки можна очікувати, якщо відмова від бурої економіки буде одночасною?

➤ Які заходи і засоби потрібні, щоб перейти країні до «зеленої» економіки?

➤ Спробуйте змоделювати перехід до «зеленої» економіки в умовах сільської місцевості, міста, країни.

➤ Проаналізуйте спільно, які сектори «зеленої» економіки є найбільш перспективними в умовах України.

➤ Спробуйте змоделювати етапи переходу країни до «зеленої» економіки.

➤ Яких дій вимагає перехід до «зеленої» економіки від освітньої системи?

Вітровий генератор

Поза очі всі називають вітровий генератор (ну, той, який з вітру електроенергію виробляє) «вертлявим», або ж «вітряною особою». Є й такі, хто зневажливо називає його «вітряком», а то й просто «вертушкою». «Ось, мовляв, всі навколо працюють, а він, знай собі, крутиться. Ну, прос-

то – «крутько» якийсь! Чи й не приклад *легковажного* ставлення до справи?»

А Вітровий Генератор і не заперечує... Легко робить свою справу... З любов'ю, можна навіть сказати із завзяттям (якщо, звичайно, вітер дозволяє)...

Та й із *«легковажним ставленням до справи»* згоден... Адже ті, хто його створив, виявили надзвичайну легкість думки... Таке вдається лише тим, у кого голова світла... Це ж треба здогадатися енергію просто з повітря отримувати.

Насправді ж Вітровий Генератор – дуже тонка натура. Адже тільки такі можуть навіть легкий подих вітру вловлювати і відчувати його зміни... Та й не просто вловлювати – користь із цього отримувати.

Ці навички ще дідусь Вітряк передав своїм дітям і онукам. Це колись він був один. А сьогодні їх ціла сім'я – великих і маленьких установок – з прізвиськом Вітровий Генератор. Всі дуже працьовиті, а головне, всі дуже люблять природу... Енергія, яку вони дарують абсолютно безкоштовно людям, екологічно чиста – буквально з вітру... – простого перепаду тисків повітря.

Завдання

Працюючи індивідуально або бригадами організувати змагання: хто більш повно розкриє питання перспектив розвитку вітрової енергетики.

- Які конкурентні переваги мають вітрові генератори?
- Які ви можете назвати проблеми, пов'язані з використанням вітрових генераторів?
- У чому вітрові генератори переважають і у чому поступаються іншим альтернативним джерелам енергії?
- Які здобутки (у тому числі історичні) має Україна у розвитку вітрової енергетики?
- Яке місце займає сьогодні вітрова енергетика в енергетичному потенціалі світу?
- Які країни є лідерами у розвитку вітрової енергетики? Якими фактами ви можете підкріпити свою відповідь?
- Якби ви впливали на прийняття рішень на рівні країни чи регіону, які б заходи ви впровадили для розвитку вітрової енергетики?
- Яке, на вашу думку, майбутнє вітрової енергетики?

Сонячна панель

Сонячна панель народилася від любові – любові до Природи. А що?..

Художники, захоплюючись Природою, пишуть картини; на них вони намагаються передати красу природних ландшафтів.

Поети складають вірші, оспівуючи силу і благодать природних стихій. Екологи розповідають про гармонію процесів у природних екосистемах.

Письменники розповідають про мудрість природних творінь.

А інженери від тієї самої любові до Природи взяли та й змоделивали цю мудрість у своїх творах – *сонячних панелях*.

Сотні років люди боролися з природою, намагаючись її приборкати, перемогти, перевершити, змінити на краще. А інженери вирішили у природи вчитися. Адже якщо ти когось любиш, ти не станеш його перемагати і долати, а спробуєш жити з ним у дружбі, разом працювати і, звичайно, вчитися у нього.

А у Природи є чого повчитися. Взяти хоча б рослини. Кожна – це міні-електростанція, міні-реактор, міні-фабрика. Причому їм не потрібні вагони сировини, цистерни палива, палаючі печі і робітники, що працюють у шкідливих виробничих умовах. Природні фабрики та електростанції не викидають у повітря хмари брудного диму, не зливають у моря та річки отруйних стоків і не залишають на землі гори шкідливих відходів. Енергію вони отримують прямо від сонця, неначе упаковуючи його промені в спеціальні зелені клітинки енергозбережних речовин. І все це – в чистоті, красі і пахощах.

Із задоволенням поїдаючи салат, цибулю, помідори, яблука і горішки, ми підживлюємось цією енергією. Нею живляться й інші тварини. Спасибі рослинам за те, що вони вже мільйони років таким чином підтримують життя на Землі!

Сучасній людині потрібна не тільки їжа. Її обслуговують тисячі машин, яким теж потрібна енергія. Але, на відміну від людей або тварин, вони не вміють їсти салат чи помідори. Вони споживають електроенергію.

Ось уже дві з половиною сотні років після винаходу машини люди стурбовані тим, як «нагодувати» її ненаситне черево енергією. Щоб добути вугілля, нафту, газ, руйнуються надра землі, спотворюються природні ландшафти, порушуються екосистеми. Відходами виробництва забруднюються повітря, земля і вода. Невже цього не можна уникнути?

Виявляється, можна. Адже в Природі її системи постійно виконують колосальну роботу, витрачаючи величезну кількість енергії. І все це без щоденного викиду отруйних відходів, повального знищення рослин і тварин, згубного руйнування природних систем.

Зрозумівши нарешті цю просту істину, люди вирішили не боротися з природою, а мирно взаємодіяти з нею. Для початку – повчитися у неї. Наприклад, не повторюючись у подробицях, навчитися у рослин головного – їх здатності вилучати енергію безпосередньо від сонячних променів. Для цього інженери і створили Сонячну Панель. Вона теж збирає сонячні промені, тільки не упаковує їх у речовини, а перетворює на електричний

струм. Втім, якщо разом із панеллю почне працювати акумулятор, то і про запас запасати енергію вдасться.

Дивовижне все-таки це творіння – Сонячна Панель. Стоїть собі вона на даху будинку або у вікні замість скла... Ніхто і не подумає, що це електростанція... Маленька, правда, але електростанція.

А якщо розібратися, то чим такі маленькі електростанції гірші від великих? Зайвого місця не займають. А головне: свою продукцію – електричний струм – вони дають у чистоті, без шуму, спеки, кіптяви, вібрації і відходів... Причому зовсім без витрат праці людини.

А якщо мільйони таких міні-електростанцій об'єднаються в «розумну» енергетичну мережу, то стануть великою енергетичною системою, що покриє всі потреби в електроенергії. До того ж, працюючи разом, вони стануть схожі на справжню природну екосистему, в якій все пов'язано з усім.

Звичайно, на відміну від рослин сонячні панелі ще не вміють самі себе створювати і обслуговувати. Але ж вони зовсім ще молоді. Можна навіть сказати, діти. Хто знає, може, скоро вони виростуть і, подружившись із 3D-принтером, і цього навчаться...

Завдання

Індивідуально або розділившись на команди (одна виступає в ролі журі), провести конкурс експертних оцінок сонячних генераторів за питаннями, наведеними нижче (можна додавати також інші).

- Які принципи використовуються для побудови сонячних генераторів енергії?
- Як ви можете охарактеризувати ефективність різних типів сонячних батарей?
- Що ви можете сказати про перспективи використання гнучких та стаціонарних сонячних батарей; проведіть їх порівняльний аналіз?
- Як ви можете охарактеризувати економічні показники конкурентоспроможності сонячної енергетики порівняно з іншими джерелами енергії?
- Як «зелені» тарифи впливають на розвиток сонячної енергетики? Як це може позначитися на вартості електроенергії для населення, якщо частка сонячної енергетики має істотну величину?
- Які можна назвати позитивні і негативні ефекти, пов'язані з використанням сонячних батарей?
- Які принципи відмінності економічних складових у виробництві сонячної енергії і енергії з викопних енергоносіїв?
- Які, на Вашу думку, мотиваційні методи повинні бути застосовані для стимулювання розвитку сонячної енергетики?

Акумулятор

Із давніх-давен люди вчилися заготовляти і зберігати про запас усе те, що їм необхідно для життя і господарської діяльності. Життя ж як скроєне? Сьогодні чогось у достатку (бери – не хочу), а завтра – днем з вогнем не знайдеш... А потрібно: і сьогодні, і завтра, і післязавтра...

Люди помалу освоїли мистецтво зберігання і консервування всього необхідного. На складах, у коморах, діжках, цистернах, балонах і різних подібних ємностях зберігаються тверді, сипкі, рідкі і навіть газоподібні матеріали. Лець що знадобиться, а воно ось – поруч, під рукою, готовеньке... Не потрібно його просто зараз добувати, переробляти, везти звідкись за три-дев'ять земель... Вся ця робота вже зроблена завчасно.

Одним словом, здавалося б, за бажання все можна на зберігання прилаштувати... Все – та не все...

З електрикою проблемка виникла, коли електричний струм винайшли... Як ти його про запас збережеш?.. На склад або в комору не покладеш, у бочки не заштовахеш, в кишеню не сховаєш.

Адже якщо розібратися, що таке електричний струм? Спрямований рух електронів. А як ти рух на полицю покладеш, якщо він такий рухливий? Хоча...

А якщо його саме і зупинити... Так би мовити, натиснути на «паузу»? І зберігати не сам рух, а умови, в яких він може відбуватися – так би мовити, проявляти свою рухливість...

А що потрібно, щоб відбувався рух?.. Правильно! Щоб був *перепад*,.. наприклад, висот, температур, тисків, хімічних або електричних потенціалів. Тоді і відбудеться рух – від більшого до меншого рівня.

Скажімо, що потрібно, щоб Ви з'їхали на лижах із гори? Для початку потрібно піднятися на її вершину або щоб Вас туди підняв підйомник. Якщо ви опинитесь на вершині, в будь-який момент будете готові з'їхати вниз... Чим вища гора, тим довше будете спускатися. І чим більше лижників збереться на вершині, тим довше буде тривати спуск усієї групи вниз, якщо вони, звичайно, будуть з'їжджати по черзі.

Після того, як всі лижники з'їдуть униз, новий груповий спуск стане можливим, тільки коли вони знову всі зберуться на вершині. Чим швидше буде працювати підйомник, тим швидше це відбуватиметься. Гірка знову буде «заряджена» на спуск лижників.

Тепер, уявімо на місці лижників електрони, ми і наблизимося до розуміння того, як можна зберігати електричний струм або інші види енергії. Пристрій, який вигадали для цього люди, називається *Акумулятор* (що латинською мовою означає *збирач*). Його основне завдання – створити перепад енергетичних потенціалів, немов перепад висот на лижній гірці.

На верхній точці (аноді) «електричної гірки» збираються електрони. Вони готові, ніби ті лижники, в будь-який момент помчати вниз (до ка-

тода), варто лише комусь натиснути точку «увімкн» і замкнути електричне коло. Пристрій же, який «піднімає» до анода електрони (як підйомник лижників), приводячи їх у стан готовності для запуску електричного струму, називається *заряджаючим пристроєм*.

Подібним чином побудовані й інші акумулятори. Пружинні – накопичують механічну енергію, теплові – теплову, гідравлічні – енергію рідин, пневматичні – енергію стисненого повітря. До речі, гірка з підйомником є не що інше, як гравітаційний акумулятор, а наші продукти харчування являють собою хімічні акумулятори, оскільки в них сконцентрована енергія хімічних сполук.

Навіщо потрібен електричний *Акумулятор*? Перш за все для того, щоб зробити людину більш вільною. Якщо у вашому авто, установці або приладі є акумулятор, вам можна (хоча б на час) відірватися від того дроту, який з'єднує пристрій з електростанцією, що дає струм. Сьогодні акумулятори дозволяють нам використовувати телефони, комп'ютери та багато інших корисних речей далеко від електричної мережі з її розетками.

Але в *Акумулятора* є ще одне важливе завдання. Він дозволяє усунути протиріччя в часі між тим, коли ми можемо виробляти енергію, і тим, коли виникає потреба в її використанні. Теплові електростанції працюють найефективніше при постійному режимі роботи, тобто якщо виробництво енергії протягом доби залишається постійним.

Атомні електростанції взагалі не можуть змінювати режим своєї роботи. Якщо вони зупиняться, то це вже надовго. Потреба ж в електроенергії весь час змінюється. Наприклад, удень (коли працює більшість підприємств) вона значно вища, ніж вночі, коли зупиняються заводи і люди лягають спати. Поки люди не навчилися у великій кількості акумулявати електроенергію, вони змушені її просто втрачати. На ніч зупиняються багато потужностей електростанцій, щоб не виробляти більше енергії, ніж її використовують. Інакше може трапитися біда, і електромережі вийдуть з ладу від надмірної напруги.

Ще більшою буде потреба в акумуляванні електроенергії, коли повною мірою почнуть використовуватися сонячні і вітрові генератори. Адже сонце і вітер бувають не завжди. І поки вони є, потрібно користуватися ситуацією – виробляти енергію, хоча саме в цей час потреби в ній і не буде... Це можна робити лише в тому випадку, якщо в розпорядженні людини виявляться надійні акумулятори, що дозволяють накопичувати і запасати енергію в необмеженій кількості.

Частину проблеми дозволяють вирішити вже звичні нам електроакумулятори... Але тільки частину... Адже зайвої енергії (до того ж безкоштовної) стане дуже багато. Уже сьогодні бувають дні, коли, наприклад, в Данії чи Шотландії вітрові установки виробляють набагато більше електроенергії, ніж її споживає ця країна чи регіон... А в Німеччині та Іспанії

часом сонячними генераторами покривається більше половини всіх енергетичних потреб країни. І це тільки початок... Невже відмовлятися від дармової енергії?

І вчені, здається, знайшли вихід. Вони звернули увагу на *водень*, який при горінні (коли він з'єднується з киснем) виділяє багато енергії. Крім того, перевагою цього процесу є те, що в результаті нього залишається звичайна вода. Тобто він екологічно чистий.

Безумовно, про все це люди знали і раніше. Але широкому використанню водню заважала одна обставина. Справа в тому, що для отримання водню в звичайних умовах потрібно витратити більше енергії, ніж вдається отримати при його спалюванні. З економічних міркувань використання такого процесу втрачало сенс. Навіщо спалювати вугілля, газ або навіть ядерне паливо, щоб отримати водень, який потім теж доведеться спалювати?

Ситуація змінюється, якщо на зміну паливним енергоносіям приходять сонце, вітер та інші альтернативні джерела енергії. Адже вони можуть давати безкоштовну енергію навіть у ті періоди, коли в ній немає потреби (наприклад, уночі). Або навіть у денний час виробляти надмірну кількість енергії (скажімо, через аномально сильний вітер), на яку не розраховує економіка. Невже не можна зберегти цю енергію? Саме її і можна пустити на «заготовку» водню. Все одно вона даремно може бути витрачена. Отже, розвиток відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер) має бути нерозривно пов'язаним із вдосконаленням акумуляційних технологій.

Колись на самому початку своєї історії *акумулятори*, як динозаври, були величезними, важкими і громіздкими. Але минув час, їх вага і розміри зменшилися в сотні разів, а показники роботи – багаторазово покращилися (досить лише поглянути на будь-який мобільний телефон або I-Pad, щоб у цьому переконатися). З'явилися вже акумулятори великої ємності (тобто часу дії), які заряджаються лише за півхвилини.

Є такі електромобільні акумулятори, які дозволяють машині їхати без підзарядки до 600 км. При цьому електромобіль здатний розганятися до 200 км/год. Завдяки потужним акумуляторам з'явилися електробуси і навіть електролітаки. Вони здатні вже долати чималі відстані і літати на значних висотах.

Чудова все-таки ця штука *Акумулятор*. Він дарує нам чистоту, комфорт та вільний час. Аби ж бо ми вміли всім цим правильно розпорядитися.

Завдання

Розділившись на три-чотири бригади (дві-три експертних, одна – рефері), проведіть експертну оцінку функцій та перспектив розвитку акумуляторних систем за питаннями, наведеними нижче.

- Які ви можете назвати сфери застосування акумуляторів?
- Які господарські завдання допомагають вирішувати акумулятори?
- Які методи акумуляування енергії наразі застосовуються? Переваги та недоліки кожного?
- Які ви можете назвати перспективні напрями розвитку акумуляторних систем?
- Які можливі функціональні характеристики, що можуть бути досягнуті акумуляторними системами, ви можете назвати?

Не в розмірах велич

Він дуже поважний і дуже пишається своєю удаваною величчю. Він дійсно величезний – Проект «Розміщення великомасштабної сонячної електростанції на Місяці».

– Ви уявляєте?.. – з ентузіазмом переконує всіх Проект. – А?.. Уявляєте? Чи відчуваєте? Яка сила!?!.. Масштаби неймовірні!.. Ось, де видно могутність!.. Ось, що наочно демонструє велич продуктивних сил і наукового потенціалу!..

Уявіть тільки... На млявій поверхні Місяця розпластаються квадратні кілометри сонячних панелей. Вони будуть жадібно вбирати кВт-години енергії, що надходять від світила. І нічого цьому перешкодити не зможе, – Адже на Місяці немає хмар... Потім ця зібрана достатня кількість квантів буде передаватися на Землю за допомогою потужних лазерів.

...А уявіть розмір фінансування!.. Це навіть не мільярди. Це сотні мільярдів доларів...

Нарешті Проект замовкає і зверхньо дивиться на присутніх – проекти маленьких сонячних і вітрових електростанцій. Всі вони з цікавістю мовчки розглядають його... Незабаром йому починає здаватися, що оточуючі дивляться на нього з недостатньою повагою, і він продовжує знову:

– У нашому роду великомасштабних енергетичних проектів – всі такі,.. – величаві. Ось взяти, скажімо, моїх братів – проекти сонячних електростанцій на орбіті і в пустелі...

І Проект знову зверхньо поважно оглядає оточуючих... Вони мовчать... Раптом тишу перериває Скромний Проект невеликої сонячної панелі.

– Шановний пане Проекте! Ваші масштаби і особливо розміри фінансування дійсно вражають! Але дозвольте Вам задати кілька запитань, які прозвучать трохи пізніше. А поки я б хотів, швидше, висловити деякі міркування.

При цих словах маленькі проекти з подивом (а хто і з неприхованим страхом) спрямовують свої погляди на Скромний Проект. Але він, як ні в чому не бувало, з гідністю продовжує далі:

– Ось Ви щойно розповіли про грандіозність фінансових коштів на Вашу реалізацію. Однак Ви забули згадати ще про одну істотну деталь, без якої важко судити про перевагу будь-якого проекту. Я маю на увазі результати від його реалізації. Суму їх ще називають ефектом. Цей ефект зазвичай зіставляють з витратами на його реалізацію, що називається *економічною ефективністю*.

Звичайно, щоб виконати такі оцінки, потрібно провести складні і трудомісткі розрахунки, що вимагають великої кількості даних. Але я пропоную спростити завдання. Зазвичай подібні розрахунки виконуються для того, щоб вибрати кращий із двох або кількох альтернативних варіантів, що забезпечують однаковий результат.

Для Вас – Проекту з будівництва величезної сонячної електростанції на Місяці – альтернативою може бути створення на Землі «розумної» енергетичної мережі (ЕнерНет), що зв'язує мільйони маленьких сонячних панелей і дає аналогічну кількість енергії. Так ось: я пропоную розраховувати не всі складові згаданих показників за названими варіантами, а лише ті, які у них принципово відрізняються.

Тепер можемо розпочати порівняння. Відразу можна сказати, що немає сенсу розраховувати результати (ефекти) роботи, з одного боку, місячної електростанції, а з іншого – мережі сонячних модулів на Землі. За умовами завдання ці два варіанти повинні бути порівняні саме за результатами своєї роботи. Отже, у нас є всі підстави ці показники вважати приблизно рівними в обох варіантах і виключити з розрахунку.

Тепер переходимо до розрахунку витрат. Тут ми теж можемо заощадити: зокрема на розрахунках витрат зі створення, власне, сонячних панелей для місячної електростанції і земної енергосистеми, сюди ж входять витрати з інформаційного керування енергетичними установками. Будемо всі ці види витрат вважати приблизно однаковими. Щоправда, при цьому не слід забувати, що будуть діяти два взаємоурівноважувальних фактори: установки для Місяця повинні будуть виготовлятися більш якісно (а отже, з більш дорогих матеріалів), а на Землі панелей знадобиться більше за кількістю. Таким чином, можна зробити висновок, що для забезпечення роботи в екстремальних місячних умовах (вакуум, колосальний перепад температур) необхідно використовувати значно дорожчі матеріали. З іншого боку, щоб отримати аналогічну кількість енергії на Землі, площа панелей повинна бути значно більшою (адже атмосфера перешкоджає прямому проникненню сонячних променів), що збільшує і вартість їх виготовлення.

На цьому перелік витрат на створення і забезпечення роботи *земної* енергосистеми закінчується, а *місячної* – продовжує зростати.

Отже, починаємо рахувати.

Перше. Витрати з доставки на Місяць і монтаж там сонячних панелей. А це – вартість космічних кораблів, видатки на контроль за їх польотом, витрати на організацію безпечного перебування і роботи в місячних умовах людей. Не забудемо також можливий збиток від погіршення їх здоров'я (або витрати з його компенсації). Швидше за все, все це коштуватиме сотні мільярдів доларів.

Зауважимо, що для земної енергосистеми цей вид витрат буде відсутній. Більше того, можна очікувати навіть певного ефекту – економії на покрівлі дахів будинків та скління вікон. Адже покрівлю та скло з успіхом замінять самі сонячні панелі.

Друге. Витрати на передачу на Землю виробленої на Місяці енергії. Це завдання, мабуть, повинні будуть вирішувати потужні лазерні передавачі. При цьому, цілком ймовірно, не уникнути значних втрат енергії, яка буде витрачатися в ході самого процесу її передачі. Вже на Землі не обійтися без високовольтних ліній транспортування енергії із їх потужними трансформаторними підстанціями. А це – додаткові значні втрати енергії. Доводиться додати ще кілька десятків мільярдів доларів.

Енергія ж від земних панелей буде надходити безпосередньо в мережу. До того ж, завдяки значно вищому ступеню розосередження її джерел (адже їх будуть мільйони в різних місцях) не знадобиться такої кількості високовольтних магістральних ліній і трансформаторних систем із їх неминучими втратами.

Третє. Настільки екстремальний вид передачі енергії з Місяця на Землю вимагає створення надійної системи захисту людини, природних об'єктів та інфраструктури. Уявіть собі, що буде, якщо в зону потужного лазерного променя потрапить хтось або щось!.. Доводиться плюсувати ще мільярди доларів.

Робота ж сонячних панелей на Землі, включаючи передачу отриманої від них енергії, практично безпечна.

Четверте. Чим вищий ступінь концентрації джерел ресурсів, тим більшими можуть бути розміри збитку в разі їх втрати. Будь-яка технічна несправність або аварія на Місяці може призвести до багатомільярдних збитків в економічних системах на Землі. А крім того, спробуйте швидко усунути подібні проблеми в місячних умовах!.. Це ще додаткові мільярди.

У разі ж будь-якого збою роботи будь-яких земних установок, це, напевно, не відчують ані енергетична, ані економічна системи. Адже в справному стані будуть продовжувати працювати сотні мільйонів інших незалежних одна від одної міні-електростанцій. Крім того, будь-які несправності легко усуваються... Адже все поруч – на Землі.

П'яте. Акумуляування за межами планети і передача на поверхню Землі такої значної кількості «зайвої» енергії пов'язана з порушенням

енергобалансу планети. Це загрожує руйнуванням і без того порушеної системи регулювання клімату. Регулярне ж «пропалювання» атмосферних шарів лазерним променем взагалі може залишити Землю без захисного озонового шару... Про подальші наслідки не хочеться навіть говорити... Мабуть, необхідно було розпочати саме з цього пункту – тоді інші б уже й не знадобилися.

Працюючи ж на Землі енергосистема не виробляє додаткової енергії на планеті. Вона лише перерозподіляє ту, яку Земля отримує від світила, що абсолютно нешкідливо для регулювання її енергобалансу.

Втім, крім фінансового, технічного і екологічного, існує ще один дуже важливий аспект при порівнянні двох згаданих варіантів розвитку енергетики. Будь-який великий проект, на кшталт місячної електростанції, буде юридично або фактично належати невеликій купці людей. Навіть якщо всі жителі Землі стануть його акціонерами, контроль за роботою такого грандіозного об'єкта залишиться за обраними.

Власниками ж сонячних панелей або вітрогенераторів на Землі зможуть і де-юре, і де-факто бути мільйони простих громадян. Лише за їх добровільної згоди може бути створена єдина солідарна енергосистема. І тоді, вперше в історії людства, сотні мільйонів людей стануть реальними господарями своїх власних засобів виробництва, заробляючи при цьому кошти.

Хіба це не *величне досягнення* людства, яке можуть принести мільйони маленьких, але необхідних проектів?! Хіба велич проектів визначається розмірами, а не їх значенням, тією користю, яку вони приносять людям?!

Настає тиша... Кожен намагається для себе знайти відповіді на поставлені питання...

Завдання

1. Спробуйте дати відповідь на питання, як змінилася б привабливість Великого Проекту, якщо б велика концентрована в одному місці сонячна електростанція була розташована не на Місяці, а на Землі (наприклад, у пустелі).

2. Розбившись на три бригади, організуйте круглий стіл з аналізу перспектив розвитку сонячної енергетики.

- Одна бригада захищає перспективу розвитку великих, концентрованих на одній території СЕС.
- Друга бригада захищає перспективу розвитку деконцентрованих, розподілених СЕС.
- Третя бригада виступає у ролі рефері, підбиваючи підсумки з виступу перших двох бригад.

Три D-принтер

Цікаве все ж таки це творіння 3D-принтер – своєрідне... Всі свої образи (ну, ті, які є у нього в пам'яті) намагається відразу ж матеріалізувати, причому у всіх трьох вимірах.

Одні вважають 3D-принтер дуже щедрою натурою. Все, що є у нього за душею – шар за шаром – намагається віддати своїм виробам.

Інші (за очі) називають його скупим... Все – під себе, ані грама – на сторону. Навіть відходів нікому не залишає.

Є й такі, хто обзиває його «буквоїдом». Загалом це – недалеко від істини, адже всі букви (втім, як і цифри) він буквально проковтує, сприймаючи як команду до дії. Він просто живе цими командами. Хтось на підставі цього робить висновки, що живе 3D-принтер не своїм розумом.

Так, 3D-принтери із задоволенням виконують команди людей, за що ми маємо бути їм вдячними. Втім, є серед них вже й такі, які за власними програмами навчилися коригувати команди людей. Та, що там коригувати... З'явилися 3D-принтери, які взагалі можуть обходитися без команд і програм. Для цього вони обзавелися сканером і можуть матеріалізувати все, що «бачать» навколо себе. Варто манекенниці показати на подіумі сукню чи туфлі, як принтер вам їх може «роздрукувати».

Проте головне навіть не те, за якими програмами працює 3D-принтер, а те, що він подарував людині можливість реалізувати найсміливішу її мрію – *матеріалізації думок*. Адже саме завдяки 3D-принтеру суто інформаційні образи знаходять своє матеріальне втілення у споживчих виробках або творах мистецтва.

Важливо ще і ось що... Завдяки 3D-принтеру вперше в історії людини за складність та унікальність не потрібно нічого платити. Інакше кажучи, виготовлення на ньому складної і простої речі коштує однаково (якщо, звичайно, на них буде використана однакова кількість матеріалу).

Цікава іще ось що: саме завдяки 3D-принтеру ціна індивідуального виробу скоро нічим не відрізнятиметься від серійного. Люди взагалі перестануть розуміти сенс слова «серійний» або «масовка» і «тиражувати».

...І тоді люди забудуть, як страшний сон, фразу «будь-який каприз (тобто щось таке, що відрізняється від стандартного) – за Ваші гроші», оскільки будь-який каприз стане – за ті самі гроші (якщо останні – взагалі ще залишаться)... І реальністю стане мрія: кожен індивід має право вибирати щось своє власне – індивідуальне. Це означає, реалізувати тільки йому підвладні неповторні бажання і колорит, щоб ставати все більш унікальною особистістю... Досить лише провести курсором, натиснути кнопку чи вимовити вголос лише кілька слів... А, можливо, завтра замість усього цього достатньо буде лише подумати...

Здавалося б, радуйся – та й годі! Одне лише насторожує... Саме ця легкість матеріалізації думок та мрій... Виявляється, мріяти треба обережно!

Завдання

Розділившись на кілька бригад, сформулюйте якомога більшу кількість сфер застосування 3D-принтерів, що є основою переходу на адитивні технології.

Після цього у формі круглого столу організуйте дискусію з одного або кількох із нижченаведених питань.

- Як необхідно перебудувати економіку, щоб впровадження адитивних технологій стало масовим?
- Які економічні, соціальні та екологічні наслідки переходу до адитивних технологій?
- Яка роль «цифри» у впровадженні адитивних технологій?
- Як впровадження 3D-принтерів пов'язане із промисловою революцією «Industry 4.0»?
- Яким чином впровадження 3D-принтерів пов'язане із розвитком горизонтальних виробничих структур?
- Як застосування 3D-принтерів може вплинути на розвиток транспортних операцій?
- Як використання 3D-принтерів може трансформувати відносини між виробниками та споживачами продукції?
- Якими вбачаються горизонти адитивних технологій?

Як речі свій Інтернет створили

Тривалий час різні речі (машини, прилади, знаряддя, одяг, предмети побуту тощо) вірою і правдою служили людям, слухняно виконуючи всі їхні бажання та задовольняючи різні примхи.

– Так-таки і слухняно? – заперечить багато хто. – Та хіба ж не підводять нас оті речі, коли в самий непідходящий момент рвуться, зупиняються, вимикаються, руйнуються, псуються і просто виходять із ладу?

Були б на місці речей люди, вони б обов'язково образилися на такі слова, що переводять усе із хворої голови на здорову. Адже саме через людей, через їх ліню, незнання, невміння, недолугість, байдужість, неухважність, нечесність, а іноді й просто нездатність витримувати великі навантаження – виходять незграбні й браковані речі та виникають ті проблеми, про які ми згадували.

Втім, речі не вмюють ображатися і прикро їм зовсім не від образи, а через те, що не в змозі через свою неякісність вправно людям служити і свої функції належним чином виконувати.

Уже давно у речей визрівало бажання справу свого виготовлення та обслуговування людей повністю «у свої руки» узяти. Якщо, звісно, так можна говорити – адже у речей за рідким винятком взагалі рук немає... Є хіба що різні ручки та рукоятки, але вони не враховуються.

Легко сказати: «виникло бажання»! – А як ти його реалізуєш... Коли кожна річ сама по собі? Що взагалі, скажіть на милість, хтось один щось зробити може. А об'єднатися речі не можуть... Вони навіть одна одну не розуміють, бо всі говорять різними мовами. Для однієї головне – форма, для іншої – зміст, для когось – склад матеріалів, для когось – звук, а для когось – запах. Про яку спільну мову і об'єднання можна говорити?

Втім, раптом відбулася ціла низка подій, яка всю ситуацію, геть, чисто змінила... Можна навіть сказати перевернула з ніг на голову. Потім через це дане явище назвуть революцією – Четвертою промисловою революцією, або Industry 4.0. Лишається лише гадати, чи випадково ті події відбулися практично одночасно (за історичними, звісно, мірками), чи може гаряче бажання речей підштовхнуло людей до необхідних для цього винаходів, а, може, якісь інопланетяни крадькома прилетіли полегшувати людям відповідні відкриття...

Почалося все з того, що з'явився персональний комп'ютер (ПК). І справа навіть не стільки в тому, що він з'явився взагалі (тобто що його винайшли і виготовили), а у тому, що він з'явився у мільйонах сімей. Він став настільки дешевим, що його могла придбати пересічна сім'я. Тепер поруч із конкретною особою, яку обслуговували речі, стояв свій власний інформаційний центр, здатний, в принципі, фіксувати усе, що відбувається навколо цієї людини. Звісно, для цього вона повинна була надавати йому відповідну інформацію).

Засмучувало лише те, що ПК хоч і були вже помірними за розміром, але не настільки, щоб їх можна було носити за собою. Крім того, вони були сполучені з електричною розеткою, а людина, в свою чергу, – прикута до клавіатури з дисплеєм.

Другою подією був винахід мобільного телефону, так званого мобільника. Досить швидко він став настільки маленьким і зручним, що вміщався в кишені. Але головне – в іншому: завдяки своїй мініатюрній акумуляторній батареї йому вдалося стати автономним і «відірватися» від дротів, які сполучали його з електричною мережею. Людина отримала свободу руху і могла пересуватися у просторі, не втрачаючи можливості інформаційного контакту з іншими людьми.

Залишалось об'єднати ПК з мобільником, щоб персональний інформаційний центр став пересувним. Його назвали ай-фоном, тобто розумним телефоном. Заодно він вмістив в собі безліч різних речей, які раніше були окремими предметами: диктофон, радіо, записну книжку, телефонний довідник, годинник, будильник, фото- і відеокамери, словник, пульт дистан-

ційного контролю, ліхтарик і багато іншого. Разом із тим усі ці речі отримали можливість інформаційного контакту із зовнішнім середовищем.

Важливо те, що маленький і відносно дешевий мобільник став масовим, доступним практично кожному мешканцю Землі. На початок 2018 року на планеті кількість мобільних телефонів уже перевищила 8 мільярдів (переважна більшість з яких є «розумними», тобто містять також ПК). Це більше, ніж мешканців на Землі. Іще раз підкреслимо: це означає, що більшість населення планети завжди має поруч із собою не просто мобільний телефон, а пересувний інформаційний центр (а дехто навіть і не один).

Третьою подією стало виникнення Інтернету, який дав можливість об'єднати усі ПК в одну спільну мережу. Щоправда, спочатку Інтернет був, як і перші ПК, стаціонарним. Його використовувати можна було лише, залишаючись на одному місці – біля точки під'єднання ПК до мережі.

Так би все і залишилося, якби не відбулася *четверта* подія. З'явився wi-fi – бездротовий спосіб під'єднання ПК або ай-фону до мережі Інтернету за допомогою електронно-магнітних хвиль. Після цього можна сказати, що ПК остаточно вирвався на свободу, адже цей спосіб не мав перешкод у просторі для забезпечення стабільного Інтернет-зв'язку з ПК, куди б його власник не потрапив. Так персональні інформаційні центри, об'єднані в єдину мережу, стали динамічними і рухомими. Пересування власника речей (а разом із ним і самих речей) стало видимим у просторі.

«Ну то й що? – можливо, запитає хтось. – Яке відношення це має до самих речей? Від цього ж самі речі не отримали можливості спілкуватися між собою?»

Поки що ні. Але ж ми не розповіли іще про кілька важливих подій.

П'ятою подією стало виникнення «цифри» (англійською – digit) – єдиної системи фіксації будь-яких видів інформації. Для всіх речей з'явилася спільна мова. Тепер усі вони могли розуміти одна одну. Адже будь-який вид інформації (про кількість, якість, форму, колір, звук чи запах) можна було записати і передати за допомогою ланцюжка лише двох дискретних цифр – нуля та одиниці.

Полегшено зітхнули і люди, які отримали можливість миттєво фіксувати і передавати інформацію про будь-які події, які відбуваються довкола них. Зокрема, тепер можна миттєво зробити і передати фото чи відео просто за допомогою своїх мобільних пристроїв.

Завдяки *шостій* події речі набули енергетичну незалежність. У великій кількості з'явилася відновлювана енергія. Речі могли отримувати енергію безпосередньо від сонця або вітру, не потребуючи допомоги людей, щоб видобути, перевезти та спалити паливні ресурси.

Сьома подія дала речам виробничу самостійність. Завдяки тому, що з'явилися 3D-принтери, вони могли без втручання людини виготовляти

(«друкувати») будь-які вироби. Таку технологію назвали адитивною (від англ. слова add – додавати). Адже вироби створюються додаванням матеріалів шар за шаром. Уже сьогодні так виготовляються різні деталі, взуття, кулінарні вироби і навіть будинки, мости, автомобілі й вузли космічної техніки.

Восьмою подією стало отримання кожною річчю своєї ідентифікаційної характеристики – спеціальної цифрової мітки. Вона стала для неї і паспортом, і адресою, і фотокарткою, і рекомендацією, і резюме (CV), тобто життєописом. Тепер речі могли надсилати інформаційні повідомлення одна одній. Точніше, могли б,.. якби вміли читати і писати. Але ж для цього хоч якийсь інтелект мати потрібно. І тут дуже своєчасно настала іще одна подія.

Дев'ятою подією і стало створення штучного інтелекту (ШІ). Наділені ним речі набувають навички аналітичної роботи. Зокрема, можуть читати і аналізувати отримані повідомлення. Це дає можливість роздруковувати на 3D-принтері різні речі за отриманим інформаційним образом. ШІ дозволив також підлаштовуватися під зміни зовнішнього середовища і навіть самоудосконалюватися, а це означає – самонавчатися.

Десятою і одинадцятю подіями стало створення роботів і GPS (глобальної системи позиціонування предметів у просторі). Перші стали вільними від людей виробниками, а друга – допомагала їм орієнтуватися та пересуватися у просторі.

Так, усі речі отримали свої ідентифікаційні мітки. Багато з них стали «розумними». Не вистачало лише когось, хто зміг би взяти на себе координату їхніх дій та інформаційно об'єднав усі речі в єдину систему. Повинен був з'явитися хтось, хто, по-перше, тримав би у пам'яті всю інформацію про речі (зокрема їхні, так би мовити, «адреси»), а, по-друге, міг би ту інформацію аналізувати. І цим «кимось» стала «ХМАРА» – система потужних комп'ютерів і великих баз даних. І ті, й інші, як ми розуміємо, теж належать до родини речей.

Виникнення «ХМАРИ» стало *дванадцятю* подією, що поставила фінальну крапку у створенні Єдиної системи виробництва речей та обслуговування людей. Система могла працювати без участі самих людей. Цілком заслужено вона отримала назву «Інтернету речей».

Його виникнення означає, що тепер речі можуть виробляти себе самостійно, не знаючи втоми, ліні і неточностей у роботі. При цьому вони самі можуть відстежувати потреби людини і здійснювати моніторинг свого власного стану. Якщо якась деталь подасть сигнал про можливі проблеми в її роботі, на заводі, де вона вироблялась, виготовлять їй відповідну заміну. Речі швидко «вивчають» уподобання своїх власників, режим їх роботи і розклад дня. В потрібний момент буде приготований сніданок, увімкнена улюблена музика та подане авто до виходу.

«Хмара» пам'ятає для кожної речі джерело ресурсів, вид енергії, необхідної для виготовлення як сировини, так і самих речей. Отримана інформація дасть можливість підприємствам, містам і країнам створити рециркуляційну економіку, в якій відходи одного виробництва стануть джерелом ресурсів для іншого.

Ну що ж, здійснилася мрія речей про свою незалежність від людей та свій власний Інтернет. Та обійтися без людей вони все одно не можуть. Адже лише людина є кінцевим споживачем виробів та послуг. Самі речі можуть лише використовувати різні предмети – споживати їх вони іще не навчилися.

Виникає цікаве питання: чим займуться люди, коли все за них робитимуть речі?

Завдання

Створивши «круглий стіл», методом «мозкового штурму» обговоріть питання.

- Які функції здатний виконувати Інтернет речей?
- Які проблеми допомагає вирішити Інтернет речей?
- Які проблеми створює Інтернет речей?
- Які професії можуть зникнути в недалекому майбутньому?
- Які професії можуть з'явитися?
- Що, на вашу думку, треба робити: а) вживати заходів для прискорення розвитку Інтернету речей; б) гальмувати його наближення; в) спокійно готуватися до його приходу?
- Що повинно робити людство сьогодні, щоб підготуватися до Інтернету речей?
- Які заходи необхідні, щоб зменшити соціальні ризики Інтернету речей?
- Чим повинні займатися люди, коли повною мірою запрацює Інтернет речей?
- Які, на вашу думку, іще необхідно обговорити питання в контексті розвитку Інтернету речей?

Мудре дзеркало*

Один винахідник створив дивне дзеркало... Сказати по правді, воно було не зовсім дзеркалом... А якщо вже зовсім чесно, воно було зовсім не дзеркалом... Але ж назвав винахідник це саме «Дзеркалом».

І тут виникає одразу кілька запитань:

по-перше, якщо це, ну, те, що він створив, – не дзеркало, то чим воно було насправді;

* Автор вдячний Даніелу ван Геерде за ідею есе

по-друге, чому його все ж таки назвали «Дзеркалом»;

по-третє, а що ж у ньому є дивним.

Ну, що ж, спробуємо на всі питання відповісти по-черзі.

Насправді, творіння винахідника було надскладною комп'ютерною системою із комплексом відеокамер та програмного забезпечення. Ніхто не міг до кінця збагнути механізм її роботи. Але обізнані фахівці приходили до висновку, що працює вона завдяки підключенню до «Хмари», яка і виконує в ній основну роботу.

«Дзеркалом» систему було названо через те, що вона була здатна відображати в собі різні предмети та явища. Як не крути, а виходить, що її основною функцією було все ж таки *віддзеркалення*.

А дивним це «Дзеркало» почали називати, бо воно було незвичайним. Втім, сказати, що воно було незвичайним – це значить, не сказати нічого. Його без перебільшення можна було назвати загадковим, адже воно творило незбагненні речі. Не можна було зрозуміти, як воно відтворює різні речі, ані за змістом, ані за формою. Багато хто називав це «Дзеркало» чарівним. А дехто навіть – казковим, якщо, звичайно, у XXI столітті доречно говорити про рукотворні казки... Так що ж у нього було таким незбагненим і загадковим?

Справа у тому, що у загадковому «Дзеркалі» відображалися не тільки самі предмети і явища, але й ті наслідки (як приємні, так і навпаки), які вони могли спричинити у разі впровадження у реальному житті.

Досить було ввести в комп'ютер світлину якогось явища чи навіть надрукувати його назву, як на екрані починали з'являтися контури тих наслідків, які воно могло принести у житті. І чим більше інформації про нього (що, де, коли, як і скільки) вводилося в комп'ютер, тим чіткіше вимальовувалися його риси і розміри. На першому плані йшли ті ефекти (так звані, первинні), які виникали у часі раніше, потім ті (вторинні), які йшли за ними і так далі – поки віртуальні наслідки не тонули в глибині екрану, віддаляючись у віртуальну далечінь часу.

Умовною площиною наслідки розділялися на позитивні (сприятливі) і негативні (шкідливі). Перші при необхідності та відповідній інформації могли набувати вартісної форми ефектів, а другі – збитків. Перші мали зелене забарвлення, а другі – червоне.

Часто люди з подивом спостерігали за тим, як загальновизнане позитивне явище несло з собою безліч негативних ефектів і навпаки: те, що більшість людей вважала чимось несприятливим (а можливо, спочатку і було таким), з часом починало приносити чималу користь людям.

Згодом «Дзеркало» навчило людей багатогранному погляду на різні явища. Завдяки йому вони змогли зробити принаймні три важливі висновки.

Перший: не існує виключно негативних чи виключно позитивних явищ у житті людини. Кожне з них має свої плюси і мінуси.

Другий: одні й ті самі явища можуть спричиняти різні наслідки для різних частин простору існування людей і для різних верств населення.

Третій: корисність явищ може змінюватися у часі. Одні можуть бути надзвичайно корисними на початку, а потім їхня корисність зменшується – аж до того, що вони починають завдавати шкоди. Для інших процес зміни корисності відбувається навпаки: від несприйнятливості до позитиву.

Згодом люди почали розуміти, що головне диво «Дзеркала» не стільки у тому, що воно демонструвало людям, скільки у тому, що навчило самих людей багатогранному погляду на різні події та явища. Після цього і життя їх почало змінюватися на краще. Адже лише сама людина – творець свого щастя.

Завдання

Розбившись на окремі команди, дайте колективну відповідь на можливі питання.

➤ Які негативні наслідки можна назвати для загальновизнаних позитивних явищ або подій і які позитивні наслідки можна назвати для загальновизнаних негативних явищ або подій?

➤ Які можна навести приклади явищ (заходів), що є корисними у різних регіонах або для різних верств населення?

➤ Які можна навести приклади, коли корисність певних явищ (заходів) змінюється упродовж часу?

➤ Який механізм можна запропонувати для контролю зміни ефективності явища (заходу) у часі? Чи можливо обмежити його застосування фазою максимальної ефективності?

Фазовий перехід

Сподіваюсь, друже, ти знаєш, що світ утворюється різними сутностями природи. Одні з них складаються із біологічних організмів – рослин і тварин. Інші – із фізичних об'єктів: частинок, атомів, молекул, великих тіл. А є такі, які являють собою різні явища, наприклад, сили взаємодії окремих об'єктів чи ефекти їх трансформації.

Як бачимо, сутності природи, як і люди, дуже різні. У кожної – своє призначення і рід занять. Взаємодіючи між собою, вони і утворюють спільно той світ, який ми бачимо довкола себе. Якби сутності були людьми, їх би розрізняли за видами діяльності, професіями і, звісно, прізвиськами. Для тих, хто зміг уявити сутності, схожими на людей, розповімо одну історію.

Жила-була сім'я явищ на прізвище Фазовий Перехід. Утім, а що це ми говоримо про неї у минулому часі? Вона і зараз благополучно існує і працює всім на радість.

Як і інші природні сутності, сім'я Фазових Переходів живе і розвивається. Наразі вже можна говорити про цілу родину чи навіть рід сутностей із спільним прізвищем Фазовий Перехід.

Це прізвище веде в глибину віків, адже слово «фаза» грецькою означає *появу* чогось. Пращури теперішніх Фазових Переходів, мабуть, і з'явилися тоді, коли у різних природних об'єктів тільки-но почали з'являтися перші властивості. Побудуть об'єкти якийсь час, період (а по науковому це вже стало називатися *фазою*) з певними властивостями, та й набридне їм така сталість – одне й те саме з ранку і до вечора. Звісно, хочеться чогось новенького, нову *фазу* спробувати. А Фазовий Перехід (правда, тоді ще його так не звали) – тут як тут: «Давайте я Вам допоможу у новий стан перейти, так би мовити, нову фазу випробувати». За це його потім Фазовим Переходом і прозвали. Так і закріпилося: спочатку як прізвисько, а потім уже – як прізвище.

Із розвитком матерії багато Фазових Переходів народилося – великих і маленьких... Куди не кинь оком – скрізь вони, Фазові Переходи. Тут і там. Ніщо ніде без них не обходиться.

А коли на Землі з'явилася людина, вони і їй стали в пригоді. А потім і взагалі без них жодного кроку ступити не можна було, адже будь-які перетворення речовин відбуваються лише за їх участю: у фізиці, хімії, біології.

Люди давно вже приглядаються до Фазового Переходу. За довгі роки тісної співпраці фахівці вже чудово вивчили його характер, методи роботи, особливості і примхи. Основою його вмінь є здатність легко і невимушено перетворювати одні види енергії на інші. Так, як це вміє робити Фазовий Перехід, ніхто у світі робити не здатний. Наслідком цього є вміння змінювати до невпізнанності різні форми предметів та явищ. Тверде тіло раптом перетворюється на рідину, а рідина – на пару. І з кожним таким перетворенням здатність речовини здійснювати роботу стрибкоподібно збільшується.

А іще фахівці відзначають важкий, вимогливий і навіть впертий характер Фазового Переходу. В будь-яких виробничих процесах вимагає бездоганного дотримання необхідних параметрів. Варто порушити їх навіть незначно – як він тут же карає бракованою продукцією: металеві відливки виходять з раковинами, скляні – із дефектами, кулінарні – з неприємним присмаком та запахом.

Не обійшли увагою Фазові Переходи й економічні процеси, адже перетворення: «гроші – виробничі запаси – заготовки – товари – гроші» – це їх справа. Крім того, на їх рахунок є багато чого іще: зміна форм власності,

транзакції, амортизація обладнання, різні види конвертацій, наприклад, часу у гроші і навпаки тощо.

Але бувають періоди, коли Фазові Переходи грають по-крупному, змінюючи не лише форми окремих речей чи активів, а і взагалі всі складові суспільства. І тоді людина, зокрема, раптом перетворюється із одного з представників фауни на соціальну істоту – особистість і учасника трудової системи. А навколо неї з'являються посіви сільгоспкультур, пасовища, поселення і міста.

А потім Фазовий Перехід, наче за помахом чарівної палички, перетворює недосвідчених ремісників і селян на кваліфікованих операторів машинного виробництва. Замість свічок і каганців їх помешкання заливає яскраве світло від електростанцій. З кінських візків люди пересаджуються у комфортабельні крісла пасажирських потягів, які зі швидкістю вітра переносять їх у просторі. В небо здіймаються металеві птахи, в яких сотні пасажирів за лічені години долають відстані між континентами. Ізольовані колись великими відстанями люди у різних куточках планети отримують можливість спілкуватися між собою у реальному часі.

О! Який всесильний цей Фазовий Перехід! Але не треба забувати, що він приходить лише туди, де самі люди створили необхідні передумови, почавши змінювати *матеріальну, інформаційну і синергетичну* основи свого буття. Решту довершить він – Фазовий Перехід. Ось і сьогодні він може принести на крилах III і IV промислових революцій:

- нові види енергії;
- нові технології;
- повністю автоматизоване виробництво;
- нові комунікації;
- безпілотний транспорт;
- нові економічні відносини;
- нові потреби людей;
- новий стиль життя.

Так, Фазовий Перехід може дати все це людям, вчергове змінивши до невпізнанності світ навколо них.

Утім, для того, щоб стався будь-який Фазовий Перехід, включаючи зазначений, необхідна іще одна умова: система, яка змінюється, повинна пройти певний іспит – подолати фазовий бар'єр. Для випадку соціально-економічної системи це означає, що цей бар'єр повинна пройти сама людина, здійснивши фазовий перехід усередині самої себе – від пріоритету потреб біологічної істоти до пріоритету потреб соціальної особистості.

Завдання

Розбившись на команди і залучивши додаткові Інтернет-ресурси, організуйте «мозковий штурм» щодо можливих питань.

- Яке визначення можна дати поняттю фазового переходу для соціально-економічної системи?
- Які ознаки фазового переходу можна назвати?
- Які явища в історії людства відповідають ознакам фазового переходу?
- Що таке фазовий бар'єр і які фактори сприяють його формуванню і подоланню?
- Що відбувається із суспільствами, яким не вдалося пройти фазовий бар'єр?
- Наскільки актуальним є проходження фазового бар'єра у забезпеченні сестейного розвитку в сучасних умовах?
- Які ознаки суспільства, до якого наближає сучасний фазовий перехід, можна назвати?

П'ятий вимір*

Йшла друга година прес-конференції із представниками планети Альфа-ARU. Так вони самі назвали землянам свою планету. Журналісти зібралися у спеціальному прес-центрі. Інопланетяни ж кружляли у своєму космічному кораблі на орбіті Землі, спілкуючись із журналістами за допомогою спеціального автоматичного перекладача і синтезатора голосу, завдяки якому у прибульців були по-земному приємні голоси.

Гості вже встигли відповісти на різні питання про свою планету: її клімат, тривалість року, рослинний і тваринний світ і багато іще чого. Аж раптом одна журналістка приголомшила всіх несподіваним запитанням. Втім, відповідь на нього була іще більш несподіваною.

Запитання було таким: «Скільки вимірів існує на Вашій планеті?» Відповідь була: «П'ять».

У залі затамувала тиша, яку порушив голос гостя:

– Я розумію, що така моя відповідь, напевно, є неочікуваною в цій аудиторії, тому спробую пояснити на прикладах, зрозумілих мешканцям вашої планети, особливості якої ми встигли дещо вивчити.

Як відомо, будь-яка матеріальна система має чотири виміри свого існування. Три з них характеризують перебування її у просторі, а четверта – рух чи зміну в часі.

Цивілізація, що розвивається, – особлива система. Вона існує у просторі і змінюється у часі не лише як звичайне фізичне тіло. За тисячі років еволюційного розвитку вона накопичує стільки особливостей свого існування, що ми маємо всі підстави говорити (умовно, звичайно) іще про один

* Автор вдячний Даніелу ван Геерде за ідею есе

вимір. Цей вимір характеризує процеси розвитку соціально-економічної формації у просторі й часі.

Звісно, цей вимір суто віртуальний. Його не знайдеш у жодній земній енциклопедії. На відміну від чотирьох фізичних вимірів він не має стандартної розрахункової шкали своєї оцінки. Проте *п'ятий вимір* не менш реальний, ніж решта згаданих, і має з ними безпосередній зв'язок. Саме цей вимір зв'язує три просторові виміри з четвертим – виміром часу.

Умовно цей новий, п'ятий, вимір можна було б назвати «*відповідністю просторового стану суспільства вимогам часу*». Досить важко передати зміст цього виміру, враховуючи його складний, абстрактний і відносний характер, але ми спробуємо це зробити.

Уявіть собі повинь, яка поступово заповнює перший поверх багатопверхового будинку. Приміщення, де ви живете і працюєте, вже майже повністю заповнене каламутною рідиною. З останніх сил ви намагаєтеся триматися на поверхні під самою стелею, де ще залишається повітря, щоб дихати. Ви розумієте свою приреченість – фізично існувати вам залишилося лічені години.

І раптом відбувається диво. Комуś із ваших колег чи близьких вдається знайти сходи, драбину чи, може, мотузку, що веде на верхній поверх. І вся ваша компанія з поспіхом перебирається туди. Перевівши подих, ви в захваті озираетесь довкола... О! Скільки тут простору, світла і свіжого повітря. Як легко дихається, працюється, мислиться! Як легко рухатися!

Зазначена картина – це візуальна модель прогресу цивілізації. Уявімо при цьому, що в'язка згубна рідина, яка заповнює простір існування людей, – це не вода, а продукт самої цивілізації, який утворюється наслідками нерозв'язаних нею суперечностей. Рятувальні ж сходи нагору будуються з інновацій, які дають можливість вирішення накопичених проблем. Підйом на новий поверх символізує опанування вищого рівня розвитку цивілізації. Він знаменує фазовий перехід – революційний стрибок – до нових методів виробництва, нових засад суспільних відносин, нового стилю життя.

В історії людської цивілізації можна назвати чимало прикладів подібних трансформаційних явищ, які радикально змінювали уклад суспільства. Це дозволяло істотно полегшити умови життя і діяльності, подолавши чергову кризу, що було нездійснено в умовах попереднього устрою.

Так, неолітична революція і перехід до цілеспрямованої трудової діяльності (землеробства і скотарства) дали можливість вижити людству в умовах виснаження продуцентів (рослин, тварин), які годували первісну людину у її збиральництві й мисливстві.

Перша промислова революція, що подарувала машинне виробництво, дозволила розв'язати проблему дефіциту робочої сили. Ручна праця вже не встигала задовольняти потреби зростаючого населення.

Друга промислова революція дала широкий спектр технологій перероблення природних речовин, нові енергоносії, електрику, потокові лінії, стандарти. Загалом індустріальне виробництво склалося в цілісну систему. Завдяки цьому були вирішені проблеми ресурсної кризи. Подібний технологічний стрибок потребував і від людини колосального інформаційного зростання – підвищення рівня знань, навичок, світогляду, уміння командної роботи.

Кожна революція приносила істотне полегшення у виробництві і побуті, результатом чого було зростання населення планети. У такі періоди поліпшення добробуту позначки на шкалі *п'ятого виміру* набувають зеленого забарвлення. Ми знаємо, що на Землі це символізує сприятливий стан. У цей час при існуючій кількості населення і чинних потребах людей вплив на екосистеми задіяних засобів виробництва повною мірою відповідає можливостям природи постачати необхідні ресурси та знешкоджувати відходи виробництва і споживання продукції. Гальмується інноваційна діяльність людей: від добра – добра не шукають. Точніше, винахідники та інноватори продовжують працювати так само наполегливо (а, можливо, навіть іще краще), генеруючи нові ідеї. У цей час у суспільства вистачає коштів, зокрема, і на наукові дослідження. Проте воно не поспішає впроваджувати проривні результати досліджень, відкладаючи це до кращих часів. Хоча у цьому випадку точніше, безумовно, сказати: «до гірших обставин».

Утім, після нетривалого періоду процвітання простір діяльності людини поступово починає захаращуватися різним мотлохом наслідків уже нових невирішених проблем. (У нашому прикладі – це символізується затопленням простору життєдіяльності). Землеробство і скотарство спричиняють руйнування ґрунтів і цілих екосистем; ненажерлива машина починає знищувати ліси, які йдуть на дрова; індустріальне виробництво веде до виснаження ресурсної основи і тотального забруднення середовища. Позначки на шкалі *п'ятого виміру* змінюють своє забарвлення спочатку на жовтий колір, потім – на помаранчевий, далі – на рожевий – аж поки знову не починають горіти яскраво-червоним кольором тривоги. І тут знову такі виникає гостра потреба у рятівних інноваціях, щоб вибратися із «пекла» нерозв'язаних проблем.

До пори зображена картина повені стосується лише локальної частини суспільства, яка живе саме у даному умовному «будинку». Під ним ми розуміємо певну територію, а точніше певну екосистему. Окремі громади живуть іще відносно автономно, незалежно одна від одної, долаючи свої проблеми. Тому кожна з них має свої власні темпи розвитку, впливаючи нагору при черговій кризі чи надовго консервуючи себе у минулому. Звернімо увагу ось на що: чим гармонічніше суспільству вдавалося налагодити

стосунки із навколишнім середовищем, тим повільніше відбувався його соціальний розвиток.

Починаючи з кінця вашої індустріальної епохи, людство перетворюється на єдину глобальну суспільну систему зі спільними здобутками і невирішеними проблемами. Частина з них дала змогу вирішити Третя промислова революція, забезпечивши перехід на відновлювані ресурси, замкнені цикли їх використання й адитивні технології на основі 3D-принтерів.

Але це зумовило необхідність піднесення технологічної основи життєзабезпечення цивілізації до автоматичного рівня функціонування. Людина через обмеженість своєї матеріальної природи вже не здатна повною мірою контролювати перебіг фізичних процесів індустріального метаболізму, інтенсивність якого колосально зросла за останній період. Лише перехід на тотальне застосування кіберфізичних систем, який завершується в ході Четвертої промислової революції, дасть можливість мешканцям Землі певним чином вирішити назрілу проблему. Там, де не встигає реагувати людина, має встигати реагувати розумна машина, оснащена штучним інтелектом і керована системою глобального розуму – «Хмарою». Втім, лише цим роль останньої не обмежується. У неї, на наш погляд, є ще одна надважлива функція.

Для незрілих суспільств поштовх до розвитку дають лише реальні кризи, які трапляються у їх житті. Люди, на жаль, здатні реагувати лише на події, які відбуваються зараз. Лише наочні загрози змушують їх діяти і вживати заходи, що, як правило, буває вже занадто пізно.

Зрілі ж суспільства повинні діяти, жити і розвиватися, реагуючи не стільки на реальні, скільки на віртуальні, тобто можливі події, які можуть відбуватися далеко у майбутньому. Саме така система існує на нашій планеті. Ми контролюємо *н'ятий вимір* не тільки, а точніше не стільки у поточному, скільки у прийдешньому часі. Адже теперішнє – це те, що вже фактично відбулося. Воно – на межі переходу до минулого. А минуле – це вже область некерованого. Ми повинні враховувати минуле заради майбутнього, але змінити його – не в наших силах. Подіями треба управляти через майбутнє – лише так ми можемо контролювати теперішнє.

На нашій планеті існує система передбачення значень *н'ятого виміру* на сотні років уперед. Діють датчики, які показують параметри цього показника кожного дня зазначеного періоду. Тобто на кожен день ми маємо багато значень для різних сценаріїв розвитку суспільства. І якщо ми бачимо, що, скажімо, через 30 чи 50 років може виникнути загроза переходу якогось показника у помаранчеву зону, ми, по-перше, прораховуємо можливі варіанти нормалізації ситуації, а, по-друге, виділяємо необхідні для цього ресурси. Під словом «МИ» ми розуміємо нас, біологічних мешканців планети, «розумні» (тобто наділені штучним інтелектом) речі навколо нас

та Всепланетний центр глобальної пам'яті і прийняття спільних рішень. Останній, переробляючи величезні масиви інформації, дозволив поєднати минуле, теперішнє і майбутнє нашої цивілізації. Завдяки йому нам вдалося реалізувати те, що тут на Землі колись назвали *сестейновим розвитком*. Це дозволяє жити теперішнім поколінням так, щоб не завадити розвиватися мешканцям планети у майбутньому.

Ми раді, що подібний Центр сьогодні формується і на вашій планеті. До речі, у нас, на відміну від вашого, він називається не «Хмарою», а «Метатарозумом», оскільки це спільний розум усіх мешканців планети нового, більш високого метарівня ...

Завдання

Розбившись на команди і залучивши додаткові Інтернет-ресурси, організуйте «мозковий штурм» щодо можливих питань.

- Які фактори є рушійною силою розвитку суспільства?
- Яка роль технологічних і соціальних революцій у розвитку суспільства?
- Яка роль прогнозування у контролі за сестейновістю розвитку?
- Які фактори повинні контролюватися суспільством для успішного забезпечення сестейновості розвитку?
- Який горизонт часу повинен бути задіяний для контролю за сестейновістю розвитку людства?
- Як людська спільнота повинен організувати контроль за сестейновістю розвитку?

ВИСНОВКИ

Третя і Четверта промислові революції, які ми можемо спостерігати сьогодні, носять об'єктивний характер. Вони обумовлені прагненням людської цивілізації подолати екологічну неспроможність існуючої соціально-економічної формації, яка поставила людство на межу виживання. Вихід може бути досягнутий тільки через прогрес і підйом людства на новий більш високий рівень соціально-економічного розвитку. В результаті саме цих процесів формуються основи економіки нового типу. Їй належить вирішити ті соціально-економічні та екологічні проблеми, з лабіринтів яких не в змозі вибратися існуючі економічні системи.

Залежно від конкретних граней, що розглядаються різними дослідниками, економіка, яка формується, називається «зеленою» (оскільки заснована на екологічно сприятливих технологіях), «економікою космонавтів» (оскільки формує основу використання ресурсів за замкнутими циклами), сестейною (оскільки орієнтується на досягнення цілей сестейного – sustainable – розвитку), постіндустріальною (оскільки йде на зміну існуючому індустріальному суспільству), інформаційною (оскільки провідним фактором в ній стає інформація), мережевою (оскільки фактично завершує створення глобальної мережі локальних економічних систем).

Вирішальні передумови переходу до нової економіки закладаються подіями, що якісно змінюють зміст трьох ключових груп чинників: *матеріально-енергетичних, інформаційних і синергетичних* (комунікаційних). В результаті:

по-перше, здійснюється перехід до *відновлюваних джерел енергії та адитивних технологій на основі 3D-принтерів* (що докорінно змінює матеріально-енергетичну основу виробництва);

по-друге, формується єдина *цифрова форма фіксації, зберігання та передачі інформації* (що кардинально трансформує інформаційну основу);

по-третє, виникає Інтернет і системне явище під назвою «хмара» (система суперкомп'ютерів і гігантських баз даних) як єдина всепланетна система пам'яті (що інтегрує окремі локальні системи в єдине синергетичне ціле – світову економіку).

Завдяки новим принципам функціонування продуктивних сил і реалізації виробничих відносин з'являються можливості вирішення найважливіших соціально-економічних завдань:

- отримання необхідної енергії без утворення додаткової кількості тепла на планеті;
- виробництва виробів не на основі відсікання непотрібного від вилученої з надр речовини, а за допомогою додавання лише необхідного з мінімальною кількістю відходів;

- переходу до замкнених циклів ресурсокористування;
- радикального зниження екологічного навантаження на природні системи;
- значного (в рази) підвищення ефективності суспільного виробництва;
- усупільнення засобів виробництва і залучення широких мас в процеси управління економічними системами;
- формування основ «солідарної економіки»;
- суттєвого підвищення якості життя людей;
- переходу до цілеспрямованого відтворення та розвитку особистісної основи людини.

Стає все більш очевидним, що перехід до нової економіки є не просто черговою якісною трансформацією продуктивних сил, а безпрецедентним в історії людської цивілізації фазовим переходом, що кардинально змінює всі ключові компоненти системної сутності людства: виробництво, споживання, стиль життя, ідеологічні установки, базові інститути, економічні відносини, освіту, систему мотивації та управління.

Немає сумніву, зміни, що відбуваються здійснюються в ім'я порядку людства. Однак збереження людської цивілізації потрібно не стільки для того, щоб вижила людина-біо (це лише необхідний засіб), скільки для того, щоб її особистісне начало отримало можливість свого безперервного прогресивного соціального розвитку. Власне, в цьому і полягає ключова мета прийнятої людством декларації сестейного розвитку.

Глибокий аналіз процесів, що відбуваються дозволяє чітко розгледіти головну проблему їх реалізації. Для того, щоб відбулися всі зазначені зміни потрібно перш за все, щоб кардинально змінилася сама людина. На зміну пріоритету потреб фізіологічного функціонування людини-біо повинен прийти пріоритет особистісних потреб розвитку людини-соціо.

Безумовно, виживання біологічної природи людини і прогресивний розвиток її особистісної основи є ключовою метою сестейного розвитку. У цьому сенсі людину можна вважати головною метою змін, що відбуваються. Однак сама ж вона є їх рушійною силою і творцем.

Будь-який фазовий перехід неминуче пов'язаний з необхідністю подолання фазового бар'єру, обумовленого колосальними матеріальними та соціальними витратами здійснюваних трансформацій. Ці витрати значно посилюються суб'єктивним небажанням (а часто і об'єктивною неспроможністю) людей розлучатися з усталеним укладом і існуючими звичками.

Як і в будь-якій біфуркації, можливість оптимістичного результату і успішного переходу до нової формації носить імовірнісний характер. Це означає, що він може і не відбутися. Якщо людство не зможе подолати фазовий бар'єр, воно з невідворотною закономірністю буде відкинуте назад процесами своєї деградації, що включають зниження наукового і техноло-

гічного рівнів, втрату частини знань, повернення до голоду і хвороб і, як наслідок, – «аварійну» депопуляцію населення. Все це – об'єктивно необхідні процеси для адаптації до можливостей природно-ресурсного потенціалу планети на більш низькому рівні соціально-економічного розвитку цивілізації.

І все ж, як вважає автор, сьогодні у людства є всі підстави вірити в те, що черговий акт драми під назвою «еволюція цивілізації» очікує оптимістичний фінал. І ці надії, безумовно, пов'язані з такими дійовими особами, що з'явилися на авансцені історії, як Третя і Четверта промислові революції. Той лавиноподібний процес появи «зелених» інновацій, коли окремі показники життя суспільства змінюються за рік навіть не на десятки відсотків, а в рази, мабуть, теж не є випадковим.

Мова йде про такі явища, як зростання потужності відновлюваних джерел енергії, збільшення кількості електромобілів, роботів і 3D-принтерів, сплеск числа активних користувачів Інтернету, «розумних» мереж і багато чого ще, – що кардинально змінює виробниче середовище і спосіб життя людини. Подібні лавиноподібні процеси зазвичай є свідченням завершальної фази переходу. В даному випадку ми спостерігаємо, що через величезний пролом, проточений за століття маленькими струмочками інновацій, починає йти бурхливий потік нової «зеленої» економіки, що змітає прокопчені димами «бурої» економіки індустріальні монстри териконів, естакад, котлів і реакторів. Розподілені мережі солідарних виробників енергії, матеріальних виробів та агропродукції стають масовою прикметою часу. У ньому вже укладаються такі явища, як: 100% виробництво енергії з відновлюваних джерел; хімічний фотогігант «Кодак», який не витримав конкуренції з «цифрою»; альтернативна енергія, яка дешевше звичайної вже в 30 країнах; безпілотний транспорт; «надруковані» за добу на 3D-принтері будинки і автомобілі.

Відрадно бачити в рядах «зелених» інноваторів і Україну, хоча її успіхи забезпечуються поки що головним чином працею, ентузіазмом і винахідливістю її талановитого народу.

Вірячи в успіх «зеленої» економіки, не слід забувати, що кожен крок людства на тернистому шляху до нової епохи – це дорога над прірвою, куди може відкинути цивілізацію будь-яка, на перший погляд невинна, помилка. При всьому колосальному трансформаційному потенціалі, яким озброюють людство Третя і Четверта промислові революції, – вони лише створюють необхідні передумови. Останні можуть бути перетворені в реальні контури сестейнової економіки тільки розумом і щоденною працею кожної людини.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- адитивні технології 25, 94, 96, 97,
114, 115, 120, 129, 340, 380, 381,
397, 406, 408
- акумулявання енергії 33, 94, 95, 129,
143, 144, 162, 166, 167, 174-176,
213, 226, 387, 391
- безпілотний транспорт 108, 190, 195,
201, 205, 210, 224, 226, 233, 234,
248, 257, 261-276, 282, 283, 345,
402
- відновлювані джерела енергії (ВДЕ)
22, 27, 33, 34-36, 45, 46, 81-83,
85, 93-96, 102, 109, 143-146,
148, 150-155, 160-162, 166-168,
174-177, 179, 180, 225, 226, 282,
322, 340, 378, 381-382, 388, 396
- водневий транспорт 176, 210, 215-
229, 230, 260, 277
- дематеріалізація 33, 45, 46, 59, 70, 92,
96, 114, 137, 182, 230, 282, 283,
380
- досвід ЄС 25, 34, 35, 46-48, 80-83, 86,
87, 91-93, 103, 104, 124, 141,
143, 145, 147, 148, 150-153, 155,
158, 161, 165, 166, 177, 180, 182-
187, 197, 220, 225, 227, 240, 258,
260, 266, 278-280, 282, 293, 303,
304, 315-317, 318, 328, 333, 337-
339, 350, 353, 358, 361, 362, 364,
366-370, 374-378
- досвід Неплюєвського Братства 305-
307, 362
- «екологічний слід» 24-25, 29, 95, 318,
359,
- економіка космонавтів 21, 22, 33, 35,
68, 111
- ЕКОПОЛІС 289-293, 307-311
- електрифікація транспорту 143, 182,
185-215, 230
- енергозбереження 47, 73, 315, 359,
384
- ЕнерНет 34, 48, 104, 105, 143, 155,
177, 148, 390
- «зелена» (альтернативна) енергетика
93, 98, 103, 143, 145-147, 151,
153, 154, 158, 160-162, 164-166,
177, 180, 378
- Інтернет речей 99, 106-111, 387, 394-
398, 402
- людський фактор 27, 28, 30, 31, 36-
44, 77, 88, 90, 93, 303, 409
- нові види транспорту 232-284
- нові матеріали 88, 96, 124, 125, 129,
131, 138-140, 210, 215, 241, 260,
281
- органічне агровиробництво
(землеробство) 34, 354, 357,
360-375
- практика України 23, 25, 34, 123,
148, 149, 154-158, 160-165, 167,
168, 180, 186,-188, 190-193, 196,
217, 240, 267-270, 274, 310, 318,
320-324, 333-338, 359, 362, 363,
365, 367, 371, 372, 374, 378, 410
- «розумні» мережі 91, 99, 104, 105,
109, 144, 177-180, 382, 385, 390
- самовідтворювальні системи 29, 55,
121-124, 351
- самоорганізація 45-47, 50, 53, 54, 69,
89, 100-101, 291

- сестейнізація економіки 45, 46, 70-73, 75, 76, 78, 80, 143, 360
- сестейнізація транспорту 182-230, 261, 283
- сестейнова «зелена» економіка 22, 21, 24, 33, 34, 36, 45, 48, 50, 59, 70, 80-82, 85, 93, 103, 114, 155, 165, 307, 371-382, 410
- сестейнове агровиробництво 347-374
- сестейнове будівництво 313-346
- сестейновий розвиток 21-24, 27, 30-33, 45, 48, 50, 56-61, 64, 68, 70, 77, 78, 82, 101, 230, 286, 287, 292, 295, 302, 303, 307-309, 340, 347-350, 354, 357, 360, 406
- сестейнові поселення 71, 293-311
- система 27, 33, 36, 38, 43, 45-47, 20-55, 57-60, 64, 66, 68-73, 76, 77, 85, 86, 93, 99, 105-110, 121, 155, 162, 171, 176, 179, 242, 261, 323, 360, 391, 397, 402, 403, 406
- системи акумулювання енергії 94, 95, 129, 143, 144, 162, 166, 167, 175, 176, 226
- Третя промислова революція 24, 26, 27, 32, 33, 83, 85, 86, 90-96, 98-100, 106, 107-109, 112, 115, 124, 143, 145, 147, 166, 182, 211, 332, 382, 405
- «хмарні» технології («хмара») 93, 94, 99, 105, 109, 137, 397, 399, 406, 407
- Четверта промислова революція 85, 94, 95, 98, 100, 106-112, 124, 182, 276, 295, 406
- 3D-принтер 25, 26, 34, 35, 83, 91, 93-97, 99, 103, 115-125, 131-133, 166, 168, 283, 327, 335, 336, 340, 379, 381, 382, 385, 393, 396, 397, 406

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аббасова С. Будинки майбутнього : хто і як створює енергоефективне житло в Україні // Економічна правда. 24.02.2017. URL : <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/02/24/621932/> (дата звернення : 10.09.2017).
2. Авельсник Н. (а) Израильский летающий автомобиль поступит в продажу к 2020 году // Хайтек. 4.01.2017. URL : https://hightech.fm/2017/01/04/flying_car (дата обращения : 11.05.2017).
3. Авельсник Н. (б) Китай в 2,5 раза обогнал США по общей мощности солнечной энергетики // Хайтек. 25.08.2017. URL : https://hightech.fm/2017/08/25/china_pv (дата обращения : 10.09.2017).
4. Авельсник Н. (в) Мясо из пробирки подешевело в 30 000 раз за 4 года // Хайтек. 22.02.2017. URL : https://hightech.fm/2017/02/22/lab_grown_meat (дата обращения : 30.11.2017).
5. Автомобиль на сжатом воздухе // Народный корреспондент. 02.01.2016. URL : <http://nk.org.ua/avto/avtomobil-na-sjatom-vozduhe-36750> (дата обращения : 15.11.2017).
6. Автопилот. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автопилот> (дата обращения : 25.05.2017).
7. Автопробег в 15000 км без водителей // BBC (Русская служба). 29.10.2010. URL : http://www.bbc.com/russian/multimedia/2010/10/101028_v_driverless_car.shtml (дата обращения : 30.05.2017).
8. Агамирзян И. Третья промышленная революция : начало // Slon. 25.10.2013. URL : <https://republic.ru/biz/1009644/> (дата обращения : 1.11.2015).
9. Агеев А. (а) Первый беспилотный контейнеровоз на электротяге отправится в плавание в 2018 году // Техкульт. 12.05.2017. URL : <https://www.techcult.ru/technics/4240-yara-birkeland> (дата обращения : 05.06.2017).
10. Агеев А. (б). Робот-газонокосилка Miimo компании Honda приступает к работе // Техкульт. 15.04.2017. URL : <https://www.techcult.ru/robots/4169-robot-gazonokosilka-honda> (дата обращения : 05.06.2017).
11. Агеев А. (в) Volvo разработала беспилотный мусоровоз // Техкульт. 20.05.2017. URL : <https://www.techcult.ru/technics/4263-avtonomnyj-musorovoz> (дата обращения : 05.06.2017).
12. Акимова Т. А., Мосейкин Ю. Н. Экономика устойчивого развития : учебник. Москва : Экономика, 2009. 430 с.
13. Алексеева Л. Зелёная эра : как возобновляемые источники энергии конкурируют с углеводородами и АЭС // Russian.rt.com. 02.11.2017. URL : <https://russian.rt.com/science/article/445815-vozobnovliaemye-istochniki-energii-374990> (дата обращения : 17.11.2017).
14. Али Э. Первый вакуумный поезд Hyperloop Илона Маска может появиться в России // Life. 13.05.2017. URL : https://life.ru/t/новости/1007393/piervyi_vakuumnyi_poiezd_hyperloop_ilona_maska_mozhiet_poiavitsia_v_rossii (дата обращения : 15.05.2017).

15. Алферов Ж. И, Копьёв П. С. Сурис Р. А. и др. // Наноматериалы и нанотехнологии. URL : <http://www.microsystems.ru/files/publ/601.htm> (дата обращения : 20.10.2017).
16. Англичанин делает машину, которая копирует себя // Membrana. 17.03.2005. URL : <http://www.membrana.ru/particle/8345> (дата обращения : 01.03.2017).
17. Андриевский Т. Летящий автомобиль AeroModil 3.0 поступит в продажу с 2017 года // Автоцентр. 26.09.2016. URL : <https://www.autocentre.ua/news/povinka/letayushhij-avtomobil-aeromobil-3-0-postupit-v-prodazhu-s-2017-goda-317521.html> (дата обращения : 10.05.2017).
18. Андриеш А. Моделирование развития общества на основе социополиса // Социально-экономический потенциал устойчивого развития / под ред. Л. Мельника, Л. Хенса. – Сумы : Университетская книга, 2007. С. 911–915.
19. Апбин Б. Петля времени : как бизнес изобретает транспорт будущего // Forbes. 15.04.2015. URL : <http://www.forbes.ru/tekhnologii/tekhnika-i-biznes/285793-petlya-vremeni-kak-biznes-izobretaet-transport-budushchego> (дата обращения : 15.09.2017).
20. Барабаш А. Учёные создали нанореактор для производства водорода // Новости высоких технологий Hi-News.ru. 08.01.2016. URL : <https://hi-news.ru/technology/uchyonye-sozdali-nanoreaktor-dlya-proizvodstva-vodoroda.html> (дата обращения : 20.10.2017).
21. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования / пер. с англ. Москва : Academia, 1999. 956 с.
22. Бельгия и Словакия могут полностью покрыть потребность в энергии за счет биогаза // Журнал «Международная биоэнергетика». 15.03.2015. URL : <http://www.infobio.ru/news/3057.html> (дата обращения : 01.01.2018).
23. Берча В. Гибридный KIA NIRO установил рекорд Гиннеса // Motormania. 17.12.2016. URL : <http://www.motormania.com.ua/technologies/gibridnyj-kia-niro-ustanovil-rekord-ginnessa/> (дата обращения : 01.03.2017).
24. Беспилотные тракторы – настоящие трактора будущего // Webfermer. 2017. URL : http://webfermer.com/tr_future.htm (дата обращения : 01.06.2017).
25. Беспилотный автомобиль. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_автомобиль (дата обращения : 15.05.2017).
26. Беспилотный автомобиль успешно пересёк Америку // Вести.ru. 03.04.2015. URL : <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2476455> (дата обращения : 25.05.2017).
27. Беспилотный грузовик Uber совершил первый коммерческий рейс // ForumDaily. 25.10.2016. URL : <http://www.forumdaily.com/bespilotnyj-gruzovik-uber-sovershil-pervyj-kommercheskij-rejs/> (дата обращения : 01.06.2017).
28. Беспилотный летательный аппарат. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат (дата обращения : 05.06.2017).
29. Бизнес центр Астарта, Киев // Энциклопедія новобудов. URL : <http://novobudovy.com/ru/biznes-tsenry/biznes-tsenry-kyieva/torgovo-ofisnij-centr-m-kiiv-vul-naberezhno-lugova-iaroslavska> (дата обращения : 20.12.2017).

30. Бизнес-центр «Астарта» первым в Украине сертифицирован по международному стандарту BREEAM International 2013 // JLL. 11.08.2016. URL : <http://www.jll.ua/ukraine/ru-ru/новости/380/бизнес-центр-астарта-первым-в-украине-сертифицирован-по-международному-стандарту-breeam-international-2013> (дата обращения : 10.09.2017).
31. Биогаз. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз> (дата обращения : 25.03.2017).
32. Биодинамическое земледелие : принципы, правила и преимущества методов // MegaOgorod. 27.06.2016. URL : <http://megaogorod.com/atricle/2296-biodinamicheskoe-zemledelie-principyu-pravila-i-preimushchestva-metoda> (дата обращения : 20.11.2017).
33. Биотопливо. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо> (дата обращения : 15.04.2017).
34. Бобровский П. П., Мельник Л. Г. К триединству текущих, тактических, стратегических целей и интересов // Эколого-экономические проблемы сельскохозяйственного производства / под. ред. О. Ф. Балацкого. К. : Урожай, 1992. С. 102–111.
35. Бобылёв Б. И. Атомная энергетика Европы // Russika.ru. 2016. URL : <http://www.russika.ru/sa.php?s=2> (дата обращения : 01.03.2016).
36. Бобылёв С. Н. «Зеленая» экономика и модернизация. Серия «На пути к устойчивому развитию России», 2012. № 60. 90 с.
37. Бобылёв С. Н., Захаров В. М. Модернизация экономики и устойчивое развитие. Москва : Экономика, 2011. 295 с.
38. Богданова М. Может ли архитектор совершить чудо? // Зелёный город. 22.08.2017. URL : <http://green-city.su/mozhet-li-arxitektor-sovershit-chudo/> (дата обращения : 01.09.2017).
39. Болтаевский А. А. Есть ли шанс у экополиса: взгляд в будущее // Издательства Notabene. 03.10.2016. URL : http://e-notabene.ru/urb/article_16837.html (дата обращения : 01.09.2017).
40. Борлоуг Н. Э. «Зелёная революция» : вчера, сегодня и завтра // Экология и жизнь. 2001. № 4. С. 16–24.
41. Британская Charge создаст доступный электрогрузовик // ЭкоТехника. 18.11.2016. URL : <http://ecotechnica.com.ua/transport/1702-britanskaya-charge-sozdast-dostupnyj-elektrogruzovik-video.html> (дата обращения : 15.03.2017).
42. Брудный А. А., Кавтарадзе Д. Н. Экополис. Введение и проблемы. Пушкино : АН СССР, 1981. 36 с.
43. Будущее трансорбитальных перелётов Virgin Galactic : 45 минут из Лондона в Нью-Йорк, полтора часа из Лондона в Сидней // Geektimes / Транспорт будущего, космонавтика. 25.09.2014. URL : <https://geektimes.ru/post/238057/> (дата обращения : 15.05.2017).
44. Будыка М. Почему наномашинны уже созданы, а нанокomпьютер ещё нет? // «Троицкий вариант». № 22(216). 01.09.2016. URL : https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433348/Pochemu_nanomashiny_uzhe_sozdany_a_nanokompyuter_eshche_net (дата обращения : 20.10.2017).

45. Бульков К. Как строился самый большой соломенный дом в Украине. Фото // Родовид – тематическое сообщество по устойчивому развитию и сознательному потреблению. 16.02.2016. URL : <https://rodovid.me/strawbale/kak-stroilsya-samuyu-bolshoy-solomennuyu-dom-v-ukraine-foto.html> (дата обращения : 20.12.2017).

46. Бутов О. Волоконно-оптические световоды и датчики предупредят технические катастрофы // Информационные технологии завтра. 10.01.2003. URL : http://www.cnews.ru/articles/volokonnoopticheskie_svetovody_i_datchiki (дата обращения : 10.10.2015).

47. В Британии появится первая дорога, способная заряжать электрические автомобили во время движения // DailyTechInfo. 17.08.2015 URL : <https://dailytechinfo.org/auto/7286-v-britanii-poyavitsya-pervaya-doroga-sposobnaya-zaryazhat-elektricheskie-avtomobili-vo-vremya-dvizheniya.html> (дата обращения : 20.12.2017).

48. В Германии представили первый в мире водородный поезд // Zn.ua. 26.09.2016. URL : https://zn.ua/TECHNOLOGIES/v-germanii-predstavili-pervyyu-v-mire-vodorodnyu-poezd-225411_.html (дата обращения : 15.05.2017).

49. В Днепре построят уникальную для Украины биогазовую станцию // Строительный вестник. 07.04.2017. URL : <http://atmbud.ru/2017/07/v-dnepre-postroyat-unikalnuyu-dlya-ukrainy-biogazovuyu-stanciyu/> (дата обращения : 17.11.2017).

50. В Дубае строится вращающийся небоскреб Dynamic Tower // ЭкоТехника. 22.02.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/2113-v-dubae-stroitsya-vrashchayushchijsya-neboskrjob-dynamic-tower.html> (дата обращения : 01.09.2017)

51. В Европе почти вся новая энергия производится за счёт ВИЭ. ЭкоТехника. 10.02.2017. URL : <http://ecotechnica.com.ua/energy/2062-v-evrope-pochti-vsya-novaya-energiya-proizvoditsya-za-schet-vie.html> (дата обращения : 15.05.2017).

52. В Києві відкрили другу інноваційну лабораторію Fablab Fabricator // Хмарочос. Розуміючи місто. 13.10.2016. URL : <https://hmarochos.kiev.ua/2016/10/13/u-kiyevi-vidkrili-drugu-innovatsiynu-laboratoriyu-fablab-fabricator/> (дата звернення : 10.03.2017).

53. В Китае начато строительство огромной солнечной тепловой электростанции, площадью 6300 актров // DailyTechInfo. 9.08.2015. URL : <https://www.dailytechinfo.org/eco/7263-v-kitae-nachato-stroitelstvo-ogromnoy-solnechnoy-teplovoy-elektrostantsii-ploshchadyu-6300-aktrov.html> (дата обращения : 1.11.2017).

54. В Луцке на маршрут вышел первый в Украине электробус (фото, видео) // Oilnews. 25.09.2015. URL : http://enkor.com.ua/a/news/V_Lutske_na_marshrut_vishel_perviy_v_Ukraine_elektrobus_foto_video/219686 (дата обращения : 15.05.2017).

55. В Париже запустили автобусы-беспилотники // BBC (Русская служба). 24.01.2017. URL : <http://www.bbc.com/russian/news-38728167> (дата обращения : 01.06.2017).

56. В Полтаве построили первый автономный купольный дом // ЭкоТехника. 03.12.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/475-v-poltave-postroili-pervyj-avtonomnyj-kupolnyj-dom.html> (дата обращения : 01.09.2017).
57. В Сингапуре запустили первое в мире такси-беспилотник // Страна.ua. 25.08.2016. URL : <https://strana.ua/news/28826-v-singapore-passazhirov-taksi-vozt-avtopilot.html> (дата обращения : 25.05.2017).
58. В Сингапуре тестируют беспилотные такси // Autogeek. 24.12.2014. URL : <http://autogeek.com.ua/v-singapore-testiruyut-bespilotnyie-taksi/> (дата обращения : 25.05.2017).
59. В США построили первый многоквартный «нулевой» дом / ЭкоТехника. 31.07.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/1268-v-ssha-postroili-pervyj-mnogokvartirnyj-nulevoj-dom.html> (дата обращения : 20.10.2017).
60. В США создали новый сверхлегкий материал, который прочнее стали в 10 раз // Ren / Новости. 8.01.2017. URL : <http://ren.tv/novosti/2017-01-08/v-ssha-sozdali-novyyu-sverhlegkiy-material-kotoryu-prochnee-stali-v-10-raz> (дата обращения : 15.03.2017).
61. В Украине общая мощность СЭС превысит 1000 МВт : в 2017 году в эксплуатацию введётся 54 новых солнечных электростанций (а) // ЭкоТехника. 06.02.2017. URL : <http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/2038-v-ukraine-obshchaya-moshchnost-ses-prevysit-1000-mvt-v-2017-godu-v-ekspluatatsiyu-vvedetsya-54-novye-solnechnye-elektrostantsii.html> (дата обращения : 15.05.2017).
62. В Украине ожидается бум солнечной энергетики (б) // Терминал. 20.06.2017. URL : <http://oilreview.kiev.ua/2017/06/20/v-ukraine-ozhidaetsya-bum-solnechnoj-energetiki/> (дата обращения : 25.10.2017).
63. В Украине стали выдавать кредиты на «домашние» солнечные электростанции (в) // Экономическая правда. 29.03.2017. URL : <http://hvylya.net/news/digest/v-ukraine-stali-vyidavat-kredityi-na-domashnie-solnechnye-elektrostantsii.html> (дата обращения : 25.10.2017).
64. В Украине построят комплекс по производству биогаза на 2 млн евро (а) // Finance.ua / Новости. 07.11.2016. URL : <https://news.finance.ua/ru/news/-/388204/v-ukraine-postroyat-kompleks-po-proizvodstvu-biogaza-za-2-mln-evro> (дата обращения : 17.11.2017).
65. В Украине разработали первый беспилотный ЗАЗ Lanos (б) // АвтоЭлектроника. 05.09.2016. URL : <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=36951> (дата обращения : 01.06.2017).
66. В Чернобыльской зоне планируется постройка солнечной электростанции // PORT. 22.05.2017. URL : <http://uaport.net/news/ua/t/1705/22/15203238> (дата обращения : 25.10.2017).
67. В Швейцарии испытали стратосферный самолет на солнечных батареях // Lb.ua. 6.05.2017. URL : https://lb.ua/world/2017/05/06/365682_shveytsarii_ispitali_stratosferniy.html (дата обращения : 15.05.2017).
68. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции. Москва : Наука, 1987. 512 с.

69. Вайнер Б. Израильтяне представили электрический лайнер // Хадашот. №8. август 2017. URL : <http://hadashot.kiev.ua/content/izrailtyane-predstavili-pervuu-v-mire-elektricheskiy-layner> (дата обращения : 09.01.2017).
70. Вайцеккер Э., Харгроуз К., Смит М. Фактор пять. Формула устойчивого роста. Доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. 368 с.
71. Вайцеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат половина, отдача двойная. Новый доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва : Academia, 2000. 400 с.
72. Введение в генетическую инженерию // Генная инженерия / Биотехнология. URL : http://www.biotechnolog.ru/ge/ge1_1.htm (дата обращения : 20.11.2017).
73. Веклич О. А. SWOT-анализ экономических инструментов экологического регулирования и источников финансирования природоохранных мероприятий // Устойчивое развитие : теория, методология, практика / под. ред. Л. Г. Мельника. Сумы : Университетская книга, 2009. С. 889–897.
74. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. Москва : Айрис-пресс, 2003. 573 с.
75. Вернадский В. И. Живое вещество. Москва : Наука, 1978. 358 с.
76. Ветрогенераторы выработали 200% необходимой Шотландии энергии // Finance.ua / Новости. 10.10.2017. URL : <https://news.finance.ua/ru/news/-/412219/vetrogenerator-yvyrabotali-200-neobhodimoj-shotlandii-energii> (дата обращения : 25.10.2017).
77. Ветряные генераторы без лопастей – еще дешевле и практичней // Energonews. 19.05.2015. URL : <http://energonews.kz/?p=1889> (дата обращения : 15.05.2017).
78. Владимиров В. В. Урбозкология. Москва : Издательство МНЭПУ, 1999. 204 с.
79. Во имя Теслы : электрогрузовик от Nikola Motor // Популярная механика. 12.05.2016. URL : <http://www.popmech.ru/vehicles/238474-vo-imya-tesly-elektrogruzovik-ot-nikola-motor/> (дата обращения : 15.03.2017).
80. Во Франции «вырастили» дерево-ветрогенератор // OneGadget. 25.04.2017. URL : <http://onegadget.ru/og/36213> (дата обращения : 09.11.2017).
81. Водневий двигун. URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Водневий_двигун (дата обращения : 01.04.2017).
82. Водородные автобусы Toyota будут служить электрогенераторами // ЭкоТехника. 24.10.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/transport/1585-vodorodnye-avtobusy-toyota-budut-sluzhit-elektrogeneratorami.html> (дата обращения : 10.04.2017).
83. Водородный транспорт. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный_транспорт (дата обращения : 01.04.2017).
84. Возможна ли новая научно-техническая революция? // Политех. 2.12.2012. URL : <https://polymus.ru/ru/pop-science/video/vozmozhna-li-novaya-nauchno-tehnicheskaya-revolyuetsiya/> (дата обращения : 20.12.2015).

85. Возная Л. Ю. Общая теория устойчивости социально-экономических систем : монография. Житомир : Изд-во Евенко А. А., 2014. 320 с.
86. Возобновляемая энергия стала дешевле нефти и газа уже в 30 странах // DW. Made for minds / Новости / Мир. URL : <http://www.dw.com/ru/возобновляемая-энергия-стала-дешевле-нефти-и-газа-уже-в-30-странах/a-36916469> (дата обращения : 25.10.2017).
87. Волкова А. Полтавчанин построил необычный дом-термос из пенопласта (Видео) // Факты. 23.03.2017. URL : <http://fakty.ua/232566-kupolnyj-dom-sfera-iz-penoplasta-ne-tolko-stoit-desheвле-obychnoj-kvartiry-v-hrucshevke-no-i-rozvolyaet-otkazatsya-ot-oplaty-kommunalnyh-uslug> (дата обращения : 09.01.2017).
88. Володин М. Как Архимед сжег римский флот? // Primeinfo URL : <http://primeinfo.net.r/news2852.html> (дата обращения : 20.12.2017).
89. Воронцов Н. (а) Беспилотный грузовик впервые совершил коммерческий рейс // N+1 / Транспорт / Технологии. 26.10.2016. URL : <https://nplus1.ru/news/2016/10/26/otto> (дата обращения : 01.06.2017).
90. Воронцов Н. (б) Новый суборбитальный корабль Virgin Galactic впервые поднялся в воздух // N+1 / Космос / Технологии. 11.09.2016. URL : <https://nplus1.ru/news/2016/09/10/unity> (дата обращения : 10.05.2017).
91. Воронцов Н. Blue Origin построит ещё три ракеты New Shepard // N+1 / Космос. 11.04.2017. URL : <https://nplus1.ru/news/2017/04/11/all-new-shepard> (дата обращения : 15.05.2017).
92. Вострилова Е. Четвёртая революция : Интернет вещей // Эксперт. Январь, 2015. URL : <http://www.ncca.ru/file?Files&141> (дата обращения : 01.03.2016).
93. Вторая промышленная революция. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Вторая_промышленная_революция (дата обращения : 1.03.2016).
94. Выдана первая в мире лицензия на машину без водителя // DELFI. 09.05.2012. URL : <http://www.delfi.lv/avto/na-kolesah/vydana-pervaya-v-mire-licenziya-na-mashinu-bez-voditelya.d?id=42339826> (дата обращения : 30.05.2017).
95. Вязов Н. Солнечная энергетика за год обогнала ветровую по росту мощностей // 24news.com.ua. 01.04.2017. URL : <http://24news.com.ua/32921-solnechnaya-energetika-za-god-obognala-etrovuyu-po-rostu-moshhnostej/> (дата обращения : 01.04.2017).
96. Гаташ В. Автомобиль на водороде у нас уже в прошлом. А что в будущем? // Zn.ua. 24.06.2005. URL : http://gazeta.zn.ua/SCIENCE/avtomobil_na_vodorode_u_nas_uzhe_v_proshlom_a_что_v_buduschem.html (дата обращения : 01.04.2017).
97. Гандзий А. Тепло земли используют для обогрева дома // Gazeta.ua. 14.10.2013. URL : https://gazeta.ua/ru/articles/hata-newspaper/_teplo-zemli-ispolzuyut-dlya-obogreva-doma/520605 (дата обращения : 09.11.2017).
98. Геотермальная энергетика Украины // ЭСКО. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». №11, ноябрь 2005. URL : http://www.journal.esco.co.ua/2005_11/art07_30.htm (дата обращения : 09.11.2017).
99. Геотермальная энергетика. 2017. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная_энергетика (дата обращения : 09.11.2017).

100. Геотермальные электростанции – прекрасная альтернатива традиционным методам получения энергии // Greenologia. 2016. URL : <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/geotermalniye-electrostancyi.html> (дата обращения : 09.11.2017).

101. Гидропоника – это наука о выращивании растений без почвы // FloraGrow.ru. 2017. URL : <http://floragrow.ru/gidroponika/> (дата обращения : 25.11.2017).

102. Гидропоника в сельском хозяйстве // Аграрка, растениеводство. 24.05.2015. URL : <http://agrarka.com/gidroponika-v-selskom-khozyajstve-art29.html> (дата обращения : 09.11.2017).

103. Гидроэнергетика. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроэнергетика> (дата обращения : 25.03.2017).

104. Гироскутер // Hi-tech. 09.12.2017. URL : <http://gadgethome.info/giroskuter> (дата обращения : 20.12.2017).

105. Глущенко Н. Графен животворящий : 10 главных мыслей о суперматериале от его исследователя Леонида Пономаренко // 112.ua. 16.09.2017. URL : <https://112.ua/mnenie/grafen-zhivotvoryashhiy-10-glavnyh-mysley-o-supermateriale-ot-ego-issledovatelya-leonida-ponomarenko-411199.html> (дата обращения : 20.09.2017).

106. Гоголадзе О. (а) Зубная паста с биоактивным стеклом восстанавливает поврежденные зубы // Хайтек. 27.09.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/09/27/teeth> (дата обращения : 20.10.2017).

107. Гоголадзе О. (б) Вторая вертикальная ферма Plenty прокормит 180 тысяч человек // Хайтек. 07.11.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/11/07/vertical-farming> (дата обращения : 09.11.2017).

108. Гоголадзе О. (в) Разработан 3D-принтер для печати бетонных деталей любой формы // Хайтек. 10.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/10/d-printed-concrete> (дата обращения : 20.12.2017).

109. Гоголадзе О. Число интернет-пользователей превысило 4 млрд // Хайтек. 30.01.2018. URL : <https://hightech.fm/2018/01/30/4-billion-internet-users> (дата обращения : 20.01.2018).

110. Гоголев Ю. Volkswagen презентовал электрический e-Crafter // Автоцентр. 26.09.2016. URL : <https://www.autocentre.ua/kommercheskie/novinka-kommercheskie/volkswagen-prezentoval-elektricheskij-e-crafter-317384.html> (дата обращения : 09.11.2017).

111. Гоголев Ю. Четырехосный автобус поехал на водороде // Автоцентр. 21.02.2017. URL : <https://www.autocentre.ua/kommercheskie/novinka-kommercheskie/chetyrehosnyj-avtobus-poehal-na-vodorode-343001.html> (дата обращения : 15.03.2017).

112. Голландские дороги будущего. Светятся и заряжают электромобили // Top Gear. URL : https://topgearussia.ru/news/9253_Gollandskie_dorogi_buduschego (дата обращения : 20.12.2017).

113. Голованов Г. Cazza Construction обещает печатать дома из бетона за сутки // Хайтек. 28.12.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/12/28/cazza-construction> (дата обращения : 10.09.2017).

114. Голованов Г. (а) Китайские учёные изобрели подводный Hyperloop // Хайтек. 26.04.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/04/26/Hyperloop> (дата обращения : 05.05.2017).
115. Голованов Г. (б) Новый хирургический клей затягивает рану за 60 секунд // Хайтек, 05.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/05/glue-wounds> (дата обращения : 20.10.2017).
116. Голосуй М. Elektra One Solar первый самолет на солнечной энергии, пересекший Альпы в обоих направления // Vido. 14.07.2015. URL : <http://vido.com.ua/article/12688/elektra-one-solar-piervyi-samoliet-na-solniechnoi-enierghii-pieriesiekshii-alpy-v-oboikh-napravlieniia/> (дата обращения : 15.03.2017).
117. Горина А. Впервые представлен цветной 3D-принтер для работы с несколькими материалами // Вести. 28.01.2014. URL : <http://www.vesti.ru/doc.html?id=1225539&cid=2161> (дата обращения : 10.03.2017).
118. Горина А. Новый 3D-принтер работает с рекордным количеством материалов // Вести. 25.08.2015. URL : <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2656537>. (дата обращения : 09.11.2017).
119. Город будущего. Манчестер : самая экономная штаб-квартира в мире – One Angel Square //НВ Бизнес. 14.12.2016. URL : <http://biz.nv.ua/fututown/gorod-budushchego-manchester-one-angel-square-324409.html> (дата обращения : 01.09.2017).
120. Города будущего : 10 уникальных проектов // Futura. 30.09.2014. URL : http://futura.org.ua/post/cities_future/ (дата обращения : 10.09.2017).
121. Города будущего : невероятные проекты (а) // Факты. 25.05.2017. URL : <http://fakty.ictv.ua/ru/lifestyle/20170525-mista-majbutnogo-nejmovirni-proekty/> (дата обращения : 10.09.2017).
122. Города будущего, которые ещё не построены (б) // Geektimes. 4.05.2017. URL : <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/288876/> (дата обращения : 10.09.2017).
123. Граматчиков А. Машина на автопилоте // Эксперт ONLINE. №4. 16.07.2012–23.07.2012. URL : http://expert.ru/magazine_auto/2012/04/mashina-na-avtopilote/ (дата обращения : 30.05.2017).
124. Грандиозный план строительства гидроэлектростанции в пустыне Южной Америки // FacePla.net. 01.02.2016. URL : <http://facepla.net/the-news/energy-news-mnu/5359гидроэлектростанции-в-пустыне.html> (дата обращения : 01.03.2016).
125. Григоров И. Украинец придумал электромобиль без аккумулятора // Autobews.ua. 06.10.2017. URL : <http://autonews.ua/ukrainec-pridumal-elektromobil-bez-akkumulyatora-foto/> (дата обращения : 20.12.2017).
126. Гриднев К. Органическое земледелие // Живая планета. 2012. URL : <http://planeta2012.com.ua/orgagricultertop/zakon11/30-biolan> (дата обращения : 20.09.2017).
127. Гринів Л. С. Фізична економія : нові моделі сталого розвитку. Львів : Ліга-прес, 2016. 424 с.

128. Гройсман направил Илону Маску официальное письмо // ТСН. 30.03.2017. URL : <https://ru.tsn.ua/ukrayina/groysman-napravil-ilonu-masku-oficialnoe-pismo-832642.html> (дата обращения : 20.10.2017).
129. Громов П. 5 технологий, которые определяют облик городов в ближайшие 10 лет // Хайтек. 27.09.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/09/27/5-trends-city> (дата обращения : 15.09.2017).
130. Громов П. Новое открытие приближает появление квантовых компьютеров // Хайтек. 19.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/19/nanoelectronics-breakthrough> (дата обращения : 20.10.2017).
131. Груман Г. Многоликий Интернет вещей // Директор информационной службы. №9. 28.08.2014. URL : <http://www.osp.ru/cio/2014/09/13042516/> (дата обращения : 01.03.2016).
132. Грэй С. Российские учёные успешно пересадили мыши напечатанную на 3D-биопринтере щитовидку // Hi-news.ru. 18.12.2015. URL : <https://hi-news.ru/technology/rossijskie-uchyonye-uspeshno-peresadili-myshi-napechatannuyu-na-3d-bioprintere-shhitovidku.html> (дата обращения : 15.05.2017).
133. Грэй С. Учёные впервые отредактировали геном непосредственно внутри живого человека // Hi-News.ru. 16.11.2017. URL : <https://hi-news.ru/science/uchyonye-vpervye-otredaktirovali-genom-neposredstvenno-vnutri-zhivogo-cheloveka.html> (дата обращения : 09.11.2017).
134. Даргужите Ж. «Белая книга» транспортной политики ЕС вызов для перевозчиков? // Cargonews. 18.05.2011. URL : <http://www.cargonews.ua/aktualii/belaya-kniga-transportnoy-politiki-es-vyzov-dlya-perevozchikov/> (дата обращения : 20.09.2017).
135. Двигатель внутреннего сгорания. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_внутреннего_сгорания (дата обращения : 01.04.2017).
136. Дейли Г. Приведение в действие механизма устойчивого развития путем инвестирования в природный капитал / пер. с англ. // Устойчивое развитие : теория, методология, практика : учебник / под ред. Л. Г. Мельника. Сумы : Университетская книга, 2009. С. 848–853 с.
137. Дейли Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку / пер. з англ. К. : Інтелсфера, 2002. 312 с.
138. Дембинская Н. Как беспилотные автомобили изменяют экономику // РИМА Новости. 06.12.2016. URL : <https://ria.ru/economy/20161205/1482890294.html> (дата обращения : 05.06.2017).
139. Дерево, которое генерирует энергию ветра // Cameralabs. 21.12.2014. URL : <https://cameralabs.org/7631-frantsuzskoe-tekhnologicheskoe-chudo-derevo-kotoroe-generiruet-energiyu-vetra> (дата обращения : 20.12.2017).
140. Джеджула А. Швейцарский самолёт на солнечных батареях «Solar Impulse 2» : завершил кругосветный перелёт // Факты. 26.07.2016. URL : <http://fakty.ua/220109-shvejcarskij-samolet-na-solnechnyh-batareyah-solar-impulse-2-zavershil-krugosvetnyj-perelet> (дата обращения : 01.09.2017).
141. Дияшев И. Уже очень скоро нефть подешевеет так же, как и соль // Апостроф. 05.02.2017. URL : <https://economy.apostrophe.ua/article/jenergetika/>

2017-02-05/uje-ochen-skoro-neft-podeshevet-tak-je-kak-i-sol/9976 (дата обращения : 05.05.2017).

142. Для 139 країн світу // Ecotown. 21.11.2015. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Dlya-139-krayin-svitu-v-tomu-chysli-dlya-Ukrayiny-stvoreno-plan-vidmovy-vid-vukorno-palyva-do-2050/> (дата звернення : 20.12.2015).

143. До кінця року кількість електромобілів у Європі перевищить 500000 // Ecotown. 19.10.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Do-kintsya-roku-kilkist-elektromobiliv-u-YEvropi-perevyshchyt-500-000/> (дата звернення : 01.03.2017).

144. Добрянська Л. О., Жарова Л. В., Хлобистов Є. В. Стратегічний потенціал екологічної безпеки : технологія економічного зростання : монографія. Львів : Український бестселер, 2012. 235 с.

145. Докучев В. В. Русский чернозём. Популярный очерк // Новь. СПб. 1885. Вып. 18. С. 194–215.

146. Дом с нулевым энергопотреблением (ZEB) – новые поколения экологических строений // ЭкоТехника. 09.10.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/stati/311-dom-s-nulevym-energopotrebleniem-zeb-novoe-pokolenie-ekologichnykh-stroenij.html> (дата обращения : 01.09.2017).

147. Дома, которым не нужен газ : из покрышек, 3D-принтера и пенопласта // Недвижимость TUT.BY. 27.04.2017 URL : <https://realty.tut.by/news/offtop-realty/541073.html> (дата обращения : 20.12.2017).

148. Доронин Ф. А. (а) Бумага для многоразовой печати // Нанометр. 09.12.2014. URL : http://www.nanometer.ru/2014/12/07/mnogokratnaa_pечат_445061.html (дата обращения : 15.05.2017).

149. Доронин Ф. А. (б) Самовосстанавливающийся пластик // Нанометр. 29.05.2014. URL : http://www.nanometer.ru/2014/05/19/polymer_414488.html (дата обращения : 09.11.2017).

150. Доронин Ф. А. (а) Созданы гидрофобные кремниевые наноструктуры // Нанометр. 26.08.2015. URL : http://www.nanometer.ru/2015/08/26/scientific_reports_465114.html (дата обращения : 15.05.2017).

151. Доронин Ф. А. (б) Разработаны чернила для 3D-биопринтера на основе наноцеллюлозы // Нанометр. 05.07.2015. URL : http://www.nanometer.ru/2015/07/05/drevesnaa_celluloza_464765.html (дата обращения : 09.11.2017).

152. Доронин Ф. А. (в) Чернила для 3D-биопринтера из целлюлозы // Nanometer. 05.07.2015. URL : http://www.nanometer.ru/2015/07/05/drevesnaa_celluloza_464765.html (дата обращения : 15.05.2017).

153. Европа рекордно наращивает долю возобновляемой энергии в структуре энергорынка // Русский Еврей. 01.11.2017. URL : <http://rusjev.net/2017/11/01/evropa-rekordno-narashhivaet-dolyu-vozobnovlyaemoj-energii-v-strukture-energorynka/> (дата обращения : 17.11.2017).

154. Екологічне маркування // Міністерство екології та природних ресурсів України. 12.04.2017. URL : <https://menr.gov.ua/content/ekologichne-markuvannya.html> (дата звернення : 22.11.2017).

155. ЕКОПОЛІС «Еко-Сумщина». Концептуальні підходи та організаційні положення по формуванню на території Сумської області науково-виробничо-

освітнього комплексу з виробництва і реалізації товарів екологічного призначення. Суми : Сумська ОДА, 2007. 23 с.

156. «Електрон» презентував у Львові перший в Україні електробус // Вголос. 09.11.2015. URL : http://vgholos.com.ua/photo/elektron_vypustyv_dlya_lvova_pershyy_v_ukraini_elektrobus_197941.html (дата звернення : 09.11.2017).

157. Енергетика України // Довідник. 2017. URL : <http://businessviews.com.ua/ru/the-infographics-report-energy-of-ukraine-2017/#form> (дата звернення : 30.10.2017).

158. Ермакова Л. Рудольф Штайне о почве и удобрения // Живая Земля. № 3 (27) 2008. URL : <http://www.biodynamics-sib.narod.ru/land/pr/terr/st.html> (дата звернення : 30.11.2017).

159. Есть ли будущее у волновых электростанций? // Greenologia. 2015. URL : <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/volnovye-elektrostantsij.html> (дата звернення : 09.11.2017).

160. Жарова Л. В. Макроекономічне регулювання природоохоронної діяльності : монографія. Суми : Університетська книга, 2012. 296 с.

161. Загорская Д. (а) Осы вдохновили инженеров на 3D-печать домов из грязи и глины // Вести.ru. 24.09.2015. URL : <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2667910> (дата звернення : 1.11.2015).

162. Загорская Д. (б) Цельный 3D-принтер обещает стоять не больше холодильника // Вести.ru. 7.04.2015. URL : <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2485308> (дата звернення : 1.11.2015).

163. Загорский И. На смену трехмерной печати приходит четырехмерная // Вести.ru, 22.12.2014. URL : <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2220106&tid=108002> (дата звернення : 1.12.2015).

164. Закон об энергоэффективности зданий : какие новшества ожидают украинцев // Обозреватель. 23.06.2017. URL : <https://www.obozrevatel.com/finance/economy/36940-zakon-ob-energoeffektivnosti-zdanij-kakie-novshestva-ozhidayut-ukraintsev.htm> (дата звернення : 09.01.2017).

165. Закопана під землю труба дозволяє економити на кондиціонуванні та опаленні будинку // EcoTown. 07.05.2015. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Zakopana-pid-zemleju-truba-dozvolyaye-ekonomyty-na-kondytsionuvanni-ta-opalenni-budynku/> (дата звернення : 09.11.2017).

166. Зелёная крыша : как озеленяют кровли в Украине и мире // ЭкоТехника. 06.04.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/stati/979-zelenaya-krysha-kak-ozelenyayut-krovli-v-ukraine-i-mire.html> (дата звернення : 01.09.2017).

167. «Зелёный» катамаран Energy Observer готовится в кругосветное путешествие // ЭкоТехника. 16.01.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/transport/1956-zelenyj-katamaran-energy-observer-gotovitsya-v-krugosvetnoe-puteshestvie.html> (дата звернення : 20.03.2017).

168. Зинченко А. Зелёное строительство : перспективы в Украине // ResearchClub. 22.05.2015. URL : <http://www.researchclub.com.ua/journal/376> (дата звернення : 01.09.2017).

169. Знак маркировки органических продуктов питания Европейского Сообщества – Organic farming (EU logo) // Био Украина. URL :

<https://bioukraine.com.ua/standarty-sertifikacii/organic-farming-eu-logo.html> (дата обращения : 21.11.2017).

170. Знаки сертификации // БиоБум. 2013. URL : http://bioboomb.com.ua/index.php?route=information/certificates&certificates_id=22 (дата обращения : 21.11.2017).

171. Золотов А. Статистика : плотность роботов в разных странах и отраслях промышленности // Robotforum. 28.09.2016. URL : <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/statistika-plotnost-robotov-v-raznyix-stranax-i-otraslyax-promyshlennosti.html> (дата обращения : 01.03.2017)

172. Иванов Л.И. Терентий Мальцев. Москва : Молодая гвардия, 1962. 256 с.

173. Илон Маск построил в США первый участок сверхскоростного тоннеля для Hyperloop // Новости технологи. 07.03.2017. URL : http://news.eizvestia.com/news_technology/full/638-ilon-mask-postroil-v-ssha-pervyj-uchastok-sverxskorostnogo-tonnelya-dlya-hyperloop-video (дата обращения : 10.05.2017).

174. Ильченко Л. Во Франции установили дерево, которое вырабатывает электроэнергию // АТС creativpodiya.com. 11.04.2016. URL : <http://creativpodiya.com/posts/46286> (дата обращения : 1.10.2015).

175. Инновации и до Монголии добрались. URL : <http://demotivation.me/5xmsnwr53cztpic.html> (дата обращения : 10.09.2017).

176. Интернет вещей. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей (дата обращения : 01.03.2016).

177. Иртлач К. (а) Бразильские исследователи разработали пищевую тару, которая меняет цвет, если её содержимое начало портиться // ИТСua. 29.06.2017. URL : <https://itc.ua/blogs/brazilskie-issledovateli-razrabotali-pishhevuyu-taru-kotoraya-menyayet-tsvet-esli-ee-soderzhimoe-nachalo-portitsya/> (дата обращения : 25.10.2017).

178. Иртлач К. (б) В Нидерландах открыли мост, напечатанный на 3D-принтере // ИТСua. 19.10.2017. URL : <https://itc.ua/blogs/v-niderlandah-otkryili-most-napechatannyiy-na-3d-printere/> (дата обращения : 20.12.2017).

179. Иртлач К. (в) Нидерландский банк прогнозирует, что к 2060 году половина продукции в мире будет печататься // ИТСua. 10.10.2017. URL : <https://itc.ua/blogs/niderlandskiy-bank-ing-prognoziruet-hto-k-2060-godu-plovina-produktsii-v-mire-budet-pechatatsya/> (дата обращения : 25.10.2017).

180. Искусственное дерево с листьями из солнечных батарей // GT. 20.02.2015. URL : <https://geektimes.ru/post/246182/> (дата обращения : 1.11.2017).

181. История развития биогазовых технологий. Биотехнологии. 2017. URL : <http://www.bio-energetics.ru/4/istorija.html> (дата обращения : 25.03.2017).

182. История развития солнечной энергетики : борьба за КПД. // Пятый элемент. Возобновимые источники энергии. 28.08.2014. URL : <http://5thelement.ru/solar/istoriya-razvitiya-solnechnoy-energetiki-borba-za-kpd.html> (дата обращения : 25.03.2017).

183. История создания 3D-печати // Все о 3D принтерах и 3D печати. URL : <http://pechat-3d.ru/3d-printer/istoriya-razvitiya-3d-pechati.html> (дата обращения : 10.03.2017).

184. Итоги конференции «Рио+20» : новые возможности. Серия : «На пути к устойчивому развитию России», 2012. № 61. 96 с.

185. Итоги полугодия 2016 : статистика продаж электромобилей в мире // Autogeek. 8.08.2016. URL : <http://autogeek.com.ua/itogi-polugodiya-2016-statistika-prodazh-elektromobiley-v-mire/> (дата обращения : 01.03.2017).

186. Іванович Р. ХТЗ повністю розпродав першу партію електротракторів // Ecotown. 04.01.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/KHTZ-povnistyurozprodav-pershu-partiyu-elektrotraktoriv/> (дата звернення : 15.05.2017).

187. Каждый час в Китае устанавливается 1 ветряная турбина и СЭС размерами с 3 футбольных поля // ЭкоТехника. 18.01.2017. URL : <http://ecotechnica.com.ua/energy/1965-kazhdyj-chas-v-kitae-ustanavlivaetsya-1-vetryanaya-turbina-i-ses-razmerami-s-3-futbolnykh-polya.html> (дата обращения : 15.05.2017).

188. Как получить электричество из куриного помета // Газета о личностях и лицедеях «Лица» / Новости / Экология. 17.03.2017. URL : <http://www.litsa.com.ua/show/a/34848> (дата обращения : 15.12.2017).

189. Как построить геодом под стеклянным куполом знает семья из Норвегии // ЭкоТехника. 08.02.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/2047-kak-postroit-geodom-pod-steklyannym-kupolom-znaet-semya-iz-norvegii-video.html> (дата обращения : 01.09.2017).

190. Как построить купольный дом за 5000\$ научат горловчане : экопроект «Де хата?» // ЭкоТехника. 28.11.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/458-kak-postroit-kupolnyj-dom-za-5000-nauchat-gorlovchane-ekoproekt-de-khata.html> (дата обращения : 09.01.2017).

191. Как приходит и уходит тепло из дома // Технолуч. URL : <http://www.tehnoluch.com/library/losssofheat/> (дата обращения : 01.09.2017).

192. Как пройти органическую сертификацию в Украине? // БіоБум. URL : http://bioboomb.com.ua/index.php?route=information/news&news_id=13&category_id=6 (дата обращения : 21.11.2017).

193. Как работает вертикальная ферма // AGGEEK. 15.08.2016. URL : <http://aggeek.net/ru/technology/id/kak-rabotaet-vertikalnaja-ferma-092/> (дата обращения : 09.11.2017).

194. Какие уже электросамолеты, летают в небе? // Motocarrello. 15.05.2015. URL : <http://motocarrello.ru/jelektroljoty/1128-jelektrosamolet.html> (дата обращения : 15.03.2017).

195. Какой будет беспилотный транспорт в будущем. Avtofao.ru. URL : <http://avtofao.ru/kakoj-budet-bespilotnyj-transport-v-budushhem/> (дата обращения : 05.06.2017).

196. Капица С. П. Парадоксы роста : Законы развития человечества. Москва : Альпина нон-фикши, 2010. 192 с.

197. Капсула Virgin Hyperloop One установила новый рекорд скорости // Новое время. 19.12.2017. URL : <https://nv.ua/techno/innovations/kapsula-virgin->

hyperloop-one-ustanovila-novyj-rekord-skorosti-2398712.html (дата обращения : 20.12.2017).

198. Капсулу Hyperloop разогнали до рекордных скоростей // Корреспондент. 29.08.2017. URL : <http://korrespondent.net/tech/science/3881224-kapsulu-Hyperloop-razohnaly-do-rekordnykh-skorostei> (дата обращения : 10.09.2017).

199. Карасёв С. Создано энергетическое «дерево» для подзарядки гаджетов // 3DNews. 22.02.2015. URL : <https://3dnews.ru/909826> (дата обращения : 1.11.2017).

200. Карпусь В. Во Франции открыта первая в мире дорога с покрытием из солнечных панелей // ИТСua. 23.12.2016. URL : <https://itc.ua/news/vo-frantsii-otkryta-pervaya-v-mire-doroga-s-pokrytiem-iz-solnechnyih-paneley/> (дата обращения : 10.11.2017).

201. Китай построит 20-местный ракетоплан для космического туризма космос // N+1. 05.10.2016. URL : <https://nplus1.ru/news/2016/10/05/china-space-tourism> (дата обращения : 15.05.2017).

202. Китай превзошёл собственные планы по установке солнечных батарей // Shazoo. 28.08.2017. URL : <https://shazoo.ru/2017/08/28/56030/kitaj-prevzoshel-sobstvennye-plany-po-ustanovke-solnechnyh-batarej> (дата обращения : 10.09.2017).

203. Китайцы напечатали полноценный автомобиль всего за 1770 долларов // 3D Today / Новости. 01.04.15. URL : <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-chinese-printed-full-car-for-only-1770/> (дата обращения : 1.11.2017).

204. Коломинов В. Mercedes-Benz испытает электрический грузовик Urban eTruck в обычных условиях // AutoUa.net. 15.02.2017. URL : <http://autonews.autoua.net/novosti/15415-mercedes-benz-ispytaet-elektricheskij-gruzovik-urban-etruck-v-obychnyh-usloviyah.html> (дата обращения : 20.12.2017) – вместо Клименко, 2017

205. Когда Украина сможет стать энергонезависимой. Спецпроект // TALAN ENERGY. URL : <https://talanenergy.com.ua/solnechnye-milliardy/> (дата обращения : 25.10.2017).

206. Коленов С. К концу года в мире будет 20 млрд IoT-устройств // Хайтек. 30.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/30/internet-of-things> (дата обращения : 20.12.2017).

207. Комиссаров А. Четвёртая промышленная революция // Ведомости. 13.10.2015. URL : <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2015/10/14/612719-promishlennaya-revoljutsiya> (дата обращения : 01.03.2016).

208. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. 280с.

209. Компания CISCO занимается вопросами распределённой генерации электроэнергии // Alterenergy.info. URL : <http://www.alterenergy.info/home/raspredelennaya-generatsiya/191-cisco-smart-grid> (дата обращения : 15.11.2017).

210. Композиционные материалы. Свойства композиционных материалов. Применение композиционных материалов // МТОМД.ИНФО. URL : <http://www.mtomd.info/archives/1764> (дата обращения : 20.10.2017).

211. Космос : После двухлетней миссии с орбиты вернулся американский военный космолёт // Экономические известия. 08.05.2017. URL : http://news.eizvestia.com/news_technology/full/805-kosmos-posle-dvuxletnej-missii-s-orbity-vernulsya-amerikanskij-voennyj-kosmolet (дата обращения : 15.05.2017).

212. Костин В. John Deere построила электрический трактор // Авторевю. 8.12.2016. URL : <https://autoreview.ru/news/firma-john-deere-postroila-elektricheskij-traktor> (дата обращения : 15.03.2017).

213. Красильникова Ю. (а) Британские учёные предлагают строить дома из костей // Хайтек. 28.06.2016. URL : https://hightech.fm/2016/06/28/bone_cities (дата обращения : 01.09.2017).

214. Красильникова Ю. (б) SolarWave – электрокатамаран с неограниченным запасом хода // Хайтек. 03.11.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/11/03/solarwave> (дата обращения : 20.03.2017).

215. Красильникова Ю. (а) Hyperloop One представила план развития сети в США // Хайтек. 07.04.2017. URL : https://hightech.fm/2017/04/07/hyperloop_usa (дата обращения : 10.05.2017).

216. Красильникова Ю. (б) Вертикальные фермы помогут Сингапuru сократить импорт овощей // Хайтек. 28.09.2017. URL : https://hightech.fm/2017/09/28/packet_greens (дата обращения : 09.11.2017).

217. Краснянский М. Е. Третья промышленная революция. URL : <http://www.krasnyanskyu.com/home/tretya-promyshlennaya-revoljutsiya.html> (дата обращения : 1.11.2015).

218. Крупнов Ю. В. Полисы в России и мире 21 века // Украина. 22.07.2011. URL : <http://russmir.info/eko/2140-polisy-v-rossii-i-mire-21-veka.html> (дата обращения : 01.09.2017).

219. Кузнецов В. В Израиле построят дорогу, которая будет заряжать батареи электромобилей при движении // Hi-News.ru, 11.01.2017 URL : <https://hi-news.ru/technology/v-izraile-postroyat-dorogu-kotoraya-budet-zaryazhat-batarei-elektromobilej-pri-dvizhenii.html> (дата обращения : 20.12.2017).

220. Кулеш С. В Киеве представили «электромаршрутку» Богдан с запасом хода 250 км и системой рекуперации // ИТС.ua. 18.11.2014. URL : <https://itc.ua/news/v-kieve-predstavili-elektromarshrutku-bogdan-s-zapasom-hoda-250-km-i-sistemoj-rekuperatsii/> (дата обращения : 09.11.2017).

221. Кулеш С. Концерн «Электрон» представил во Львове первый в Украине электробус «Электрон Е19101» // ИТС.ua. 10.11.2015. URL : <http://itc.ua/news/kontsern-elektron-predstavil-vo-lvove-pervyy-v-ukraine-elektrobus-elektron-e19101/> (дата обращения : 15.05.2017).

222. Кулеш С. (а) В США составили рейтинг электромобилей по запасу хода, в первой десятке – семь Tesla Model S/X. // ИТС.ua. 23.03.2017. URL : <http://itc.ua/blogs/v-ssha-sostavili-reyting-elektromobilej-po-zapasu-hoda-v-pervoy-desyatke-sem-tesla-model-s-x/> (дата обращения : 15.04.2017).

223. Кулеш С. (б) В 2017 году сеть автозаправок WOG установит в Украине 300 зарядных станций для электромобилей, 30 из которых будут скоростными (Supercharge) // ИТС.ua. 20.01.2017. URL : <http://itc.ua/news/v-2017-godu-set-300-zaryadnyh-stancij-dlya-elektromobilej-30-iz-kotorykh-budut-skorostnymi-supercharge/>

avtozaprovok-wog-ustanovit-v-ukraine-300-zaryadnyih-stantsiy-dlya-elektromobiley-30-iz-kotoryih-budut-skorostnyimi-supercharge/ (дата обращения : 01.09.2017).

224. Кулеш С. (в) Германия побила рекорд производства возобновляемой энергии, выработав 85% необходимой электроэнергии с помощью солнца, ветра, биомассы и гидроэнергетики // ИТС.ua. Новости. 16.05.2017. URL : <http://itc.ua/news/germaniya-pobila-rekord-proizvodstva-vozobnovlyaemoj-energii-vyirabotav-85-neobhodimoj-elektroenergii-s-pomoshhyu-solntsa-vetra-biomassyi-i-gidroenergetiki/> (дата обращения : 01.07.2017).

225. Кулеш С. (г) С начала 2017 г. В Украине зарегистрировали 1381 электромобилей (96% б/у) и только 4% новых), лидером остаётся Nissan Leaf с долей 83% // ИТС.ua. 19.06.2017. URL : <http://itc.ua/news/s-nachala-2017-goda-v-ukraine-zaregistrovali-1381-elektromobiley-96-b-u-i-tolko-4-novyih-liderom-ostaetsya-nissan-leaf-s-doley-83/> (дата обращения : 25.07.2017).

226. Курышев Е. Рынок 3D-принтеров в мире и в России // It-weekly.ru. 29.06.2016. URL : <http://www.it-weekly.ru/it-news/tech/105306.html> (дата обращения : 10.03.2017).

227. Ларина Т. Genovation установил новый рекорд среди электромобилей // Hronika.info. URL : <http://hronika.info/avto/211981-genovation-ustanovil-novuuy-rekord-sredi-elektromobiley.html> (дата обращения : 10.03.2017).

228. Левицкий Я. Органическое земледелие в Украине – не выход, но направление движения // ProAgro. 02.04.2015. URL : <http://www.proagro.com.ua/news/ukr/4090428.html> (дата обращения : 30.11.2017).

229. Левчук К. Первый летающий автомобиль можно будет купить // Швейцария деловая. 23.04.2017. URL : <https://business-swiss.ch/2017/04/pervyj-j-letayushhij-avtomobil/> (дата обращения : 20.12.2017)

230. Летающие автомобили поступят в продажу через два года // Hi-News.ru. 17.03.2015. URL : <https://hi-news.ru/technology/letayushhie-avtomobili-postupyat-v-prodazhu-cherez-dva-goda.html> (дата обращения : 10.05.2017).

231. Лещёв В. Капсула для Hyperloop от Tesla установила новый рекорд скорости // Life#технологии. 31.08.2017. URL : https://life.ru/t/технологии/1039785/kapsula_dlia_hyperloop_ot_tesla_ustanovila_novy_i_riekord_skorosti (дата обращения : 15.09.2017).

232. Ли Дж. Общая площадь посевов генно-модифицированных культур в 1,5 раза превышает территорию США // ИноСМИ / Мир. 01.03.2013. URL : <http://inosmi.ru/world/20130301/206405804.html> (дата обращения : 09.11.2017).

233. Линейный двигатель. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Линейный_двигатель (дата обращения : 10.05.2017).

234. Лищук А. В Нидерландах появилась первая в мире солнечная велодорожка // Голос.ua. 31.10.2014. URL : http://ru.golos.ua/suspilstvo/14_10_31_v_niderlandah_royavilas_pervaya_v_mire_solnechnaya_velodorojka (дата обращения : 1.11.2015).

235. Лон Ф. Эффективное и устойчивое использование природных ресурсов // Социально-экономический потенциал устойчивого развития : учебник / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : Университетская книга, 2007. С. 519–535.

236. Лондон переходит на водородные автобусы, которые ездят по 18 часов без остановки, не загрязняя воздух // Автоновости. 10.12.2010. URL : <https://auto.newsru.com/article/10dec2010/vodorod> (дата обращения : 10.04.2017).

237. Лучший в своем роде электровертолет E-Volo VC200 // Cameralabs.org. 27.11.2013. URL : <https://cameralabs.org/4591-luchshij-v-svoem-rode-elektrovertolet-e-volo-vc200> (дата обращения : 09.11.2017).

238. Максаковский В.П. Пути решения глобальной продовольственной проблемы // География. № 37. 2002. URL : <http://geo.1september.ru/article.php?ID=200203707> (дата обращения : 18.01.2017).

239. Маркировка // ООО Фирма Каспер / Главная / Продукция /. 2013. URL : <http://olvit.sytt.com/Produkcija/Markirovka> (дата обращения : 21.11.2017).

240. Мартыненко А. И. Теоритические основы развития отношений собственности на природные ресурсы : монография / А. И. Мартыненко. Одесса : ИПРЭЭИ НАН Украины, 2011. 392 с.

241. Маск получил разрешение на тоннель между Нью-Йорком и Вашингтоном // Корреспондент. 20.07.2017. URL : <http://korrespondent.net/tech/technews/3870586-mask-poluchyla-razreshenye-na-tonnel-mezhdu-nui-yorkom-y-vashynhtonom> (дата обращения : 15.09.2017).

242. Маціпура Н. Українська програма екологічного маркування пройшла міжнародний аудит і отримала сертифікат за програмою взаємного визнання Genices // Стандартизація, сертифікація, якість. № 3. 2011. С. 41.

243. Международные сертификаты и стандарты органик // Organic-Eco. URL : <http://organic-eco.com.ua/aux1-mejdynarodnie-sertifikati-i-standarti-organik.html> (дата обращения : 21.11.2017).

244. Международный регистр потенциально опасных химических веществ. URL : toxi.dynds.org/mrpthv/mrpthv.htm (дата обращения : 20.10.2017).

245. Мельник Л. Г. Основы стійкого розвитку : навчальний посібник для післядипломної освіти. Суми : Університетська книга, 2006. 383 с.

246. Мельник Л. Г. Сходження до Утопії, або «Машина часу» М. М. Неплюєва (Соціально-економічний аналіз). Суми : ВД «Фолігрант», 2013. 240 с.

247. Мельник Л. Г., Мельник О. И., Бурлакова И. М. Экологический вектор регионального развития как основа устойчивого социально-экономического развития территорий // Государственное регулирование рыночных процессов в современной экономике / под. ред. С. Г. Емельянова и И. В. Минаковой. Орёл : АПЛИТ, 2010. С. 174–192.

248. Мельник Л. Г. Мир, открытый заново : рождение экологического мышления. Москва : Молодая гвардия, 1988. 256 с.

249. Мельник Л. Г. Теория развития систем : монография. СаарБрюкен, Германия : Palmarium Academic Publishing, 2016. 528 с.

250. Метаматериал. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Метаматериал> (дата обращения : 10.03.2017)

251. Методи оцінки екологічних втрат : монографія / за ред. Л. Г. Мельника та О. І. Карінцевої. Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. 288 с.

252. Методы решения экологических проблем / под ред. Л. Г. Мельника. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2001. 462 с.

253. Методы решения экологических проблем / под ред. Л. Г. Мельника, В. В. Сабадаша. Сумы : Винниченко Н. Д., ОАО «СОТ» издательство «Козацький вал», 2005. 530 с.

254. Методы решения экологических проблем : монография / под ред. Л. Г. Мельника, Е. В. Шкарупы. Выпуск 3. Сумы : Издательство СумГУ, 2010. 663 с.

255. Методы решения экологических проблем : монография / под ред. Л. Г. Мельника, О. А. Лукаш. Выпуск 4 : Экологические вызовы и экономические возможности. Сумы : Издательство СумГУ, 2015. 785 с.

256. Мини-дом на колесах Roo to Move – автономное мобильное жилище на солнечной энергии // ЭкоТехника. 16.02.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/772-mini-dom-na-kolesakh-room-to-move-avtonomnoe-mobilnoe-zhilishche-na-solnechnoj-energii.html> (дата обращения : 01.09.2017).

257. Мировая экономика ежегодно потребляет в 1,5 раза больше ресурсов, чем их может воссоздать планета // WWF. Rbc.ua. 17.05.2012. URL : <https://www.rbc.ua/rus/news/mirovaya-ekonomika-ezhegodno-potreblyayet-v-1-5-raza-bolshe-17052012092100> (дата обращения : 01.08.2017).

258. Михайлова А. Китай поставит исторический рекорд в солнечной энергетике // Life&Наука. 20.20.2017. URL : https://life.ru/t/наука/1053663/kitai_postavit_istorichieskii_riekord_v_solniechnoi_enierghietikie (дата обращения : 25.10.2017).

259. Михайлюта О. Біоенергетичний комплекс «Розмарин» // Асоціація біоенергетичних структур. 29.06.2017. URL : <http://abc.in.ua/bioenergetichniy-kompleks-rozmarin/> (дата звернення : 17.11.2017).

260. Мобильная связь (мировой рынок) // Tadviser. Государство. Бизнес. ИТ. 02.08.2017. URL : [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Мобильная_связь_\(мировой_рынок\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Мобильная_связь_(мировой_рынок)) (дата обращения : 20.12.2017).

261. Мосейчук В. История развития ветроэнергетики (ветровой энергетике) // Ветрогенератор. 13.10.2014. URL : <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/199-istoriya-razvitiya-vetroenergetiki-vetrovoy-energetiki.html> (дата обращения : 25.03.2017).

262. Мохнатый небоскреб построят в Швеции // РБК. 21.05.2013. URL : <http://realty.rbc.ru/articles/21/05/2013/562949987015846.shtml> (дата обращения : 1.10.2015).

263. Мощность ветроэнергетики превысила общемировую мощность АЭС // ЭкоТехника. 30.12.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/591-moshchnost-vetroenergetiki-prevysila-obshchemirovuyu-moshchnost-aes.html> (дата обращения : 25.10.2017).

264. На всех Российских АЭС появятся зарядки для электромобилей // Автовести. 20.11.2016. URL : http://auto.vesti.ru/news/show/news_id/664023/ (дата обращения : 01.09.2017).

265. Назаров Д. Четвёртая промышленная революция : Интернет вещей, циркулярная экономика и блокчейн // Furfur. 27.01.2016. URL : <http://www.furfur.me/furfur/changes/changes/216447-4-aya-promyshlennaya-revolyuetsiya> (дата обращения : 01.03.2016).

266. Названа страна с самой низкой в мире ценой на солнечную энергию // ABC news. 17.11.2017. URL : <http://abcnews.com.ua/ru/news/nazvana-strana-s-samoi-nizkoi-tsenoi-na-solnechnuiu-energiuu> (дата обращения : 17.11.2017).

267. Найден способ бесконтактной зарядки автомобилей // Lenta.ru. Наука и Техника / Наука. 15.06.2017 URL : <https://lenta.ru/news/2017/06/15/wireless/> (дата обращения : 20.12.2017).

268. Найпотужніший у світі електромобіль розганяється до майже 600 км на годину // Ecotown. 20.09.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Naupotuzhnishyuu-u-sviti-elektromobil-rozhanyayetsya-do-mayzhe-600-km-na-hodynu/> (дата звернення : 05.05.2017).

269. Нано-аккумуляторы – шаг в будущее // TextSale.ru. URL : <http://prodamtext.ru/114/11262/nano-akkumulyatory-shag-v-budushee.html> (дата обращения : 20.10.2017).

270. Нанотехнологии : Что это такое? Мечты и реальность. 2017. Современные технологии. URL : http://www.unicc.kiev.ua/articles/nanotehnologii_sfera_ih_primeneniya (дата обращения : 20.10.2017).

271. Нанотехнология. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанотехнология> (дата обращения : 01.09.2017).

272. Нанотранзистор корейских учёных. Нанотехнологии и прогресс : нанотранзисторы – технология завтрашнего дня // Современные технологии. URL : http://www.unicc.kiev.ua/articles/nanotranzistor_koreiskih_uchenih/ (дата обращения : 25.10.2017).

273. Національний стандарт України ДСТУ ISO 14020:2003 екологічні маркування та декларації. Загальні принципи // Держспоживстандарт. 2004. URL : http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=51467 (дата обращения : 22.11.2017).

274. Небоскрёб Боско Вертикале : Вертикальный лес в Милане // Italy4.me. URL : <http://italy4.me/lombardia/milan/neboskryob-bosko-vertikale-vertikalnyj-les-v-milane.html> (дата обращения : 20.12.2017).

275. Нед В. Гуманитарная миссия : 10 способов мирного применения дронов // Theory & Practice. 10.06.2015. URL : https://theoryandpractice.ru/posts/7834-rease_drone (дата обращения : 05.06.2017).

276. Ниже некуда новый рекорд цен на солнечную энергию поставлен в Дании // ЭкоТехника. 29.12.2016. URL : <http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1897-nizhe-nekuda-novuj-rekord-tsen-na-solnechnuyu-energiyu-postavlen-v-danii.html> (дата обращения : 15.05.2017).

277. Никитин А. (а) В начале 2018 года Google достигнет «квантового превосходства» // Хайтек. 18.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/18/googles-quantum> (дата обращения : 25.10.2017).

278. Никитин А. (б) Изобретена резина, которая не боится проколов // Хайтек, 18.08.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/08/18/self-healing-rubber> (дата обращения : 25.10.2017).

279. Никитин А. (в) Стартап Made in Space напечатал радиационный щит прямо на борту МКС // Хайтек. 18.08.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/08/18/printed-radiation-shield> (дата обращения : 25.10.2017).

280. Но безопасно ли это? // Banksolar. 19.06.2015. URL : <http://banksolar.ru/?p=6064> (дата обращения : 05.05.2017).
281. Новиков А. Беспилотные маршрутные такси в аэропорту Хитроу // Geektime. 19.10.2011. URL : <https://geektimes.ru/post/130778/> (дата обращения : 25.05.2017).
282. Новицкий И. Точное земледелие : принципы работы и перспективы // Сельхозпортал. 28.01.2017. URL : <https://xn--80ajgpcpbhkds4a4g.xn--p1ai/articles/tochnoe-zemledelie/> (дата обращения : 20.11.2017).
283. Новый аккумулятор будет стоить на 60% меньше, чем существующий стандарт // FacePla.net. 06.01.2016. URL : <http://www.facepla.net/the-news/tech-news-mnu/5340-новый-аккумулятор.html> (дата обращения : 1.03.2016).
284. О проекте // Optimahouse. Мультикомфортний дім. URL : <http://optimahouse.com.ua/ru/optimahouse-eto> (дата обращения : 09.01.2017).
285. Обзор производства биогаза в мире // Biowatt. 15.07.2017. URL : <http://www.biowatt.com.ua/analitika/obzor-proizvodstva-biogaza-v-mire/> (дата обращения : 30.10.2017).
286. Облачные технологии для земных пользователей // help.starline.lg.ua. 12.07.2012. URL : <http://help.starline.lg.ua/internet/oblachnie-tehnologii-dlja-zemnih-polzovatelei.html>
287. Обувь собирает кинетическую энергию во время ходьбы // FacePla.net. 20.02.2016. URL : <http://www.facepla.net/the-news/tech-news-mnu/5384-обувь-собирает-энергию.html> (дата обращения : 1.03.2016).
288. Одессер С. Атомная энергетика европейских стран // Экономика и финансы, 2016. С. 20–21.
289. Окашин Р. Число электромобилей в мире превысило 2 млн // Хайтек. 9.06.2017. URL : https://hightech.fm/2017/06/09/2mln_ev (дата обращения : 25.06.2017).
290. Окружающая среда и здоровье : учебник / под ред. Л. Хенса, Л. Мельника, Э. Буна. К. : Наукова думка. Брюссель : VUB, 1998. 326 с.
291. Омесь Ю. Третья промышленная революция и перспективы Украины // Хвиля. 12.04.2015. URL : <http://hvylya.net/analytics/economics/tretya-promyshlennaya-revoljutsiya-i-perspektivy-ukrainyi.html> (дата обращения : 1.10.2015).
292. Определение третьей промышленной революции // Sandvik.coromant. URL : <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/services/manufacturing/stories/pages/additive-manufacturing-is-defininf-the-third-industrial-revolution.aspx> (дата обращения : 1.11.2015).
293. Определены самые бесполезные изобретения года // Корреспондент. 26.12.2017. URL : <https://korrespondent.net/lifestyle/gadgets/3922419-opredeleny-samye-bespoleznye-uzobrenyia-hoda> (дата обращения : 26.12.2017).
294. Оптическое волокно. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно (дата обращения : 10.10.2015).
295. Орел И. Возобновляемая энергетика в Украине : шаг вперед, два шага назад // Finance.ua / Новости. 10.10.2017. URL : <https://news.finance.ua/ru/news/>

/412239/vozobnovlyаемaya-energetika-v-ukraine-shag-vpered-dva-shaga-nazad (дата обращения : 20.10.2017).

296. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням : підручник / за ред. Л. Г. Мельника та М. К. Шапочки. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 759 с.

297. Основи стійкого розвитку : навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника. Суми : «Університетська книга», 2005. 654 с.

298. Основи стійкого розвитку : посібник для перепідготовки фахівців / за ред. Л. Г. Мельника. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 325 с.

299. Основи стійкого розвитку. Практикум : навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника та О. І. Карінцевої. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 352 с.

300. Основы генетики // Все про гены. URL : http://vse-pro-geny.ru/ru_osnovy-genetyku.html (дата обращения : 20.11.2017).

301. Остапович Ю. Українець придумал інноваційну ветрову панель // ЕкоТехніка. 22.10.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/1581-ukrainets-pridumal-innovatsionnuyu-vetrovu-panel.html> (дата обращения : 17.11.2017).

302. Остром Е. Керування спільним. Еволюція інституцій колективних дій / пер. з англ. К. : Наш час, 2012. 298 с.

303. Паймакова М. Пластик научили восстанавливаться подобно тканям тела // Вести.ru / Новости / Наука. 12.05.2014. URL : <https://www.vesti.ru/doc.html?id=1573568> (дата обращения : 15.05.2017).

304. Пальчинская Л. Как программное обеспечение Google научилось само писать программное обеспечение // AIN.UA. 19.10.2017. URL : <https://ain.ua/2017/10/19/ro-v-google-pishet-po> (дата обращения : 25.10.2017).

305. Парижский трамвай. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Трамвай_Ильде-Франса (дата обращения : 15.04.2017).

306. Парящий ветрогенератор ВАТ : электричество, сотовая связь, Wi-Fi и метеостанция // Беспроводные технологии. 25.03.2014. URL : <https://habrahabr.ru/post/216963/> (дата обращения : 1.11.2017).

307. Пассивный дом «Солнечная ферма» сам себя обеспечит энергией // ЕкоТехніка. 15.02.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/2084-passivnyj-dom-solnechnaya-ferma-sam-sebya-obespechit-energij.html> (дата обращения : 01.09.2017)

308. Первые биогазовые установки в Украине // Biowatt. 30.05.2013. URL : <http://www.biowatt.com.ua/informatsiya/pervye-biogazovye-ustanovki-v-ukraine/> (дата обращения : 30.10.2017).

309. Первый в мире водородный трактор // АгроПравда / Новости / Тракторы. 20.05.2016. URL : <http://agropravda.com/news/tractors/5352-pervyj-v-mire-vodorodnyj-traktor-video> (дата обращения : 09.11.2017).

310. Первый прототип украинского электромобиля Synchronous представлен в Монако // Экотехніка. 07.04.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/transport/988-pervyj-kontsept-ukrainskogo-elektromobilya-synchronous-predstavlen-v-monako.html> (дата обращения : 1.11.2017).

311. Перелет Р. А. «Зелёная» экономика в ЕС : Политика и практика // MyShared. URL : <http://www.myshared.ru/slide/936653/> (дата обращения : 20.12.2017).

312. Пильцер П. Безграничное богатство. Теория и практика «экономической алхимии» // Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / под ред. В. Л. Иноземцева. М. : Academia, 1999. С. 401–428.

313. Писаренко В. М., Антоненко А. С., Лукьяненко Г. В., Писаренко П. В. Система органічного землеробства агроєкологa Семeна Антонця. Полтава : Громадська спілка ПТСТГ, 2017. 124 с.

314. Планы властей развивать энергетику по европейским стандартам поставили под сомнение // Цензор.Нет. 01.10.2014. URL : <https://censor.net.ua/news/305057/>

plany_vlasteyi_razvivat_energetiku_po_evropeyiskim_standartam_postavili_pod_somnenie (дата обращения : 25.10.2017).

315. Поезд обгоняет самолет – Maglev (magnetic levitation) // RailWaysTeam. 29.08.2016. URL : <http://www.rwt.ru/article/16> (дата обращения : 10.05.2017).

316. Поезда, которые проходят через необычные места // Youtube. 25.04.2017. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=NiUgTfF1cyI> (дата обращения : 15.05.2017).

317. Пользователи Интернета в мире // Интернет в России и мире. 6.12.2017. URL : http://www.bizhit.ru/index/polzovateli_interneta_v_mire/0-404 (дата обращения : 20.12.2017).

318. Пономарёв А. Сверхзвуковой пассажирский самолёт будет готов в 2017 году // Популярная механика. 26.03.2016. URL : <http://www.popmech.ru/technologies/237090-sverkhzvukovoy-passazhirskiy-samolyet-budet-gotov-v-2017-godu/> (дата обращения : 15.05.2017).

319. Попов Л. Роботы RepRap воспроизводят сами себя // Membrana. 04.06.2008. URL : <http://www.membrana.ru/particle/3275> (дата обращения : 01.03.2017).

320. Португалия – европейский рекордсмен по использованию возобновляемых источников энергии // Euronews. 20.05.2016. URL : <http://ru.euronews.com/2016/05/20/portugal-keeps-lights-on-using-only-renewable-energy> (дата обращения : 15.05.2017).

321. Представлен первый автомобиль, созданный с помощью 3D-принтера // Cadpoint. 4.03.2013. URL : <http://www.cadpoint.ru/news/1-latest-news/672-presented-the-first-car-designed-by-3d-printer.html> (дата обращения : 10.03.2017).

322. Представлен первый электрогрузовик с запасом хода 200 км // Сегодня. 31.07.2016. URL : <http://www.segodnya.ua/world/predstavlen-pervyyu-elektrogruzovik-s-zapasom-hoda-200-km-738075.html> (дата обращения : 15.03.2017).

323. Приливные электростанции // Электроэнергетика в современном мире. 09.01.2015. URL : <http://myelectro.com.ua/98-gidroenergetika/145-prilivnye-elektrostantsii> (дата обращения : 09.11.2017).

324. Приливные электростанции // Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире. URL :

<http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-1/section-2/2-5> (дата обращения : 09.11.2017).

325. Приходько Д. Самолёт на солнечных батареях Solar Impulse 2 совершил первый полёт // 3DNews. 05.06.2014. URL : <https://3dnews.ru/821436> (дата обращения : 09.11.2017).

326. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы Конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. Женева : Центр «За наше общее будущее», 1993. 70 с.

327. Проект «летающего» поезда T-Flight – китайский ответ американскому HYPERLOOP-у // Technologyedu. 12.09.2017. URL : <http://technologyedu.ru/novosti/proekt-letiashego-poezda-t-flight-kitaiskii-otvet-amerikanskomy-hyperloop-u.html> (дата обращения : 15.09.2017).

328. Производство водорода. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Производство_водорода (дата обращения : 01.04.2017).

329. Промышленная революция. URL : https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Промышленная_революция (дата обращения : 1.13.2016).

330. Пророков Г. Зачем нужен самолет на солнечных батареях // Look at me. 6.07.2015. URL : <http://www.lookatme.ru/mag/live/concept/215513-solar-impulse-2-faq> (дата обращения : 20.03.2017).

331. Прошкин О. Робот-каменщик теперь может выкладывать 1000 кирпичей в час // 24news.com.ua. 28.01.2017. URL : <http://24news.com.ua/28879-robot-kamenshnik-teper-mozhet-vykladyvat-1000-kirpichej-v-chas/> (дата обращения : 10.09.2017).

332. Разработан новый полимерный материал для хранения солнечного тепла // Энергетика. ТЭС и АЭС. 16.01.2016. URL : <http://tesiaes.ru/?p=15061> (дата обращения : 1.03.2016).

333. Разработана дешёвая система получения водородного топлива // Lenta.ru. 26.09.2014. URL : <http://lenta.ru/news/2014/09/25/perovskisolar/> (дата обращения : 01.03.2016).

334. Разрушение мифа об проекте вакуумного поезда Hyperloop от Филипа Э. Мейсона (The Hyperloop: BUSTED). Youtube. 6.08.2016. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=ngXZXDzy7Rk> (дата обращения : 15.05.2017).

335. Райт В. Создан новый сверхзвуковой пассажирский самолёт // The Uk.one. 19.11.2016. URL : <https://theuk.one/2016/11/19/sozdan-novyj-sverxzvukovoj-passazhirskij-samolet/> (дата обращения : 15.05.2017).

336. Распределённая генерация электроэнергии – глобальные тенденции развития // Украинская ассоциация возобновляемой энергии. 25.02.2016. URL : <http://uare.com.ua/ru/novyny/454-raspredelennaya-generatsiya-elektroenergii-globalnye-tendentsii-razvitiya.html> (дата обращения : 15.11.2017).

337. Расчёт теплопотерь. Современные системы безопасности. ССББ. 06.04.2017. URL : <https://www.ssbb.com.ua/raschet-teplopoter/raschet-teplopoter-sl/> (дата обращения : 01.09.2017).

338. Ревадзе Д. (а) В Китае поставлен рекорд продаж электромобилей // Хайтек. 23.12.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/12/23/china-electric-cars-sales-pov> (дата обращения : 20.12.2017).

339. Ревадзе Д. (б) Первый Hyperloop обещает запустить не в США и не позже 2021 // Хайтек. 15.09.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/09/15/hyperloop-disrupt> (дата обращения : 10.05.2017).
340. Ревадзе Д. Создана краска, охлаждающая здания в жару // Хайтек. 10.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/10/paint-cool> (дата обращения : 20.10.2017).
341. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. Москва : Мысль, 1990. 637 с.
342. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). Москва : Газета «Россия молодая», 1994. 367 с.
343. «Рио +20»: результаты и перспективы процесса // International Centre for Trade and Development. 07.08.2012. URL : <https://www.ictsd.org/bridges-news/мосты/news/«рио20»-результаты-и-перспективы-процесса> (дата обращения : 01.11.2016).
344. Рифкин Дж. Мастер-класс. Часть 1 // Youtube. 27.03.2014. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=WDbSWeptKCA> (дата обращения : 05.05.2017).
345. Рифкин Дж. Третья промышленная революция : как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / пер. с англ., 3 изд. Москва : Альпина нонфикшн, 2016. 410 с.
346. Рио-де-Жанейро Йоганнесбург : паростки ноосферогенезу і відповідальність за майбутнє / В. Я. Шевчук, Г. О. Білявський, Ю. М. Саталкін та ін. К. : Геопринт, 2002. 118 с.
347. Ромова М. В США разработали инновационную электростанцию, работающую от ветра // Зеленеет. 02.06.2013. URL : <http://zeleneet.com/amerikancy-razrabotali-innovacionnuyu-energogeneriruyushhuyu-stanciyu-rabotayushhuyu-ot-vetra/13043/> (дата обращения : 1.11.2017).
348. Савчук : Госэнергоэффективность готовит онлайн карту ВИЭ в Украине // Терминал. 16.05.2017. URL : <http://oilreview.kiev.ua/2017/05/16/savchuk-gosenergoeffektivnosti-gotovit-onlajn-kartu-vie-v-ukraine/> (дата обращения : 25.10.2017).
349. Самое большое в мире судно на солнечных батареях// Nevsedoma. 20.03.2017. URL : <http://nevsedoma.com.ua/index.php?newsid=312769> (дата обращения : 09.11.2017).
350. Самойлов А. Третья индустриальная революция. Выступление в Witbox Maker School // Youtube. 25.06.2014. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=vqluJONGZuU> (дата обращения : 1.11.2015).
351. Самуилкина А. В Европе набирают популярность беспилотные мини-автобусы // Хайтек. 29.05.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/05/29/driverless-minibuses> (дата обращения : 05.06.2017).
352. Самые удивительные технологичные средства передвижения // FISHKI.NET. 04.09.2015. URL : <http://fishki.net/1651946-samye-udivitelnye-tehnologichnye-sredstva-peredvizhenija.html> (дата обращения : 09.11.2017).
353. Самый большой в мире самолёт впервые взлетит в 2016 году // Daily tech info. 05.08.2015. URL : <http://www.dailytechinfo.org/space/7252-samyu->

bolshoy-v-mire-samolet-vpervye-vzletit-v-2016-godu.html (дата обращения : 10.05.2017).

354. Самый большой катамаран на солнечных батареях «Planet Solar Turanor»// Bussol.ru. URL : <http://www.bussol.ru/article/planet-solar.php> (дата обращения : 20.12.2017).

355. Самый дешёвый электромобиль выпустит Volkswagen // ЭкоТехника. 07.02.2016. URL : <http://ecotechnica.com.ua/transport/736-samyj-deshevyj-elektromobil-vypustit-volkswagen.html> (дата обращения : 15.03.2017).

356. Самый необычный транспорт в мире! Необычные средства передвижения. Youtube. 21.08.2016. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=RARRJQQoaJ8> (дата обращения : 15.05.2017).

357. Сверхбыстрый пассажирский самолёт Skreemr 12000 км/час // Популярная механика. 03.11.2015. URL : <http://www.popmech.ru/technologies/230571-sverkhbystryy-passazhirskiy-samolet-skreemr-12-000-km-ch/> (дата обращения : 15.05.2017).

358. Сверхзвуковой самолёт. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Сверхзвуковой_самолёт (дата обращения : 15.05.2017).

359. Седых А. «Зелёное» строительство – международный опыт и перспективы развития в России // RMNT.ru. 27.09.2011. URL : <https://www.rmnt.ru/story/realty/353186.htm> (дата обращения : 01.09.2017).

360. Семенова Д. Во Франции начали курсировать автобусы-беспилотники // IZ Индустриалка. 15.09.2016. URL : <http://iz.com.ua/mir/106579-vo-francii-nachali-kursirovat-avtobusy-bespilotniki.html> (дата обращения : 30.05.2017).

361. Скворцов А. Volkswagen оснастил фургон Crafter электрической начинкой // Motor novosti. 21.09.2016. URL : http://www.motornovosti.ru/news/20160921_volkswagen_e_crafter (дата обращения : 10.09.2017).

362. Сколько экономят владельцы электромобилей // Сегодня. 13.06.2017. URL : <http://www.segodnya.ua/economics/avto/skolko-ekonomyat-vladelcy-elektromobiley-1027678.html> (дата обращения : 20.09.2017).

363. Скрипин В. Поезда на магнитной подушке : транспорт, способный изменить мир // ИТС.ua. 05.01.2014. URL : <http://itc.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyiy-izmenit-mir/> (дата обращения : 10.09.2017).

364. Скрипин В. (а) В Нидерландах начал курсировать первый в мире беспилотный пригородный автобус // ИТС.ua. 02.02.2016. URL : <http://itc.ua/news/v-niderlandah-nachal-kursirovat-pervyy-v-mire-bespilotnyiy-prigorodnyiy-avtobus/> (дата обращения : 30.05.2017).

365. Скрипин В. (б) Небольшой участок легендарного американского шоссе 66 покроют солнечными панелями. ИТСua // 02.07.2016. URL : <https://itc.ua/news/nebolshoy-uchastok-legendarnogo-amerikanskogo-shosse-66-pokroyut-solnechnyimi-panyami/> (дата обращения : 10.11.2017).

366. Скрипин В. (а) За первое полугодие в Украине построили 79 объектов возобновляемой энергетики суммарной мощностью 182,7 МВт, до конца года реализует ещё 70 проектов общей мощностью более 430 МВт // ИТСua. 31.07.2017. URL : <https://itc.ua/news/za-pervoe-polugodie-v-ukraine-postroili-79->

obektov-vozobnovlyаемoy-energetiki-summarnoy-moshhnostyu-182-7-mvt-do-kontsa-goda-realizuyut-eshhe-70-proektov-obshhey-moshhnostyu-bolee-430-mvt/ (дата обращения : 25.10.2017).

367. Скрипин В. (б) Концептуальная карта глобального метро демонстрирует, как Hyperloop может объединить весь мир // ИТС.ua. 19.01.2017. URL : <http://itc.ua/blogs/kontseptualnaya-karta-globalnogo-metro-demonstriruet-kak-hyperloop-mozhet-obedinit-ves-mir/> (дата обращения : 15.09.2017).

368. Скрипин В. (в) «Прозрачный бетон, солнечные панели и беспроводная зарядка»: В Китае строят шоссе будущего // ИТСua. 26.12.2017 URL : <https://itc.ua/news/prozrachnyiy-beton-solnechnyie-paneli-i-besprovodnaya-zaryadka-v-kitae-stroyat-shosse-budushhego/> (дата обращения : 26.12.2017).

369. Скрипин В. (г) Прототип электрического самолёта Siemens Extra 330 LE совершил первый испытательный полёт и сразу установил два новых мировых рекорда // ИТС.ua. 10.04.2017. URL : <http://itc.ua/news/prototip-elektricheskogo-samoleta-siemens-extra-330le-sovershil-pervyiy-ispyitatelnyiy-polet-i-srazu-ustanovil-dva-novyih-mirovyih-rekorda-skorosti-video/> (дата обращения : 10.04.2017).

370. Скрипин В. (д) С начала года более 1200 украинских домохозяйств перешли на солнечную энергию. Абсолютным лидером выступает Киев и Киевская область // ИТСua. 23.10.2017. URL : <https://itc.ua/news/s-nachala-goda-bolee-1200-ukrainskih-domohozyaystv-pereshli-na-solnechnuyu-energiyu-absolyutnyim-liderom-vyistupaet-kiev-i-kievskaya-oblast/> (дата обращения : 25.10.2017).

371. Скрипчук П. М. Організаційно-економічні засади екологічної сертифікації в системі управління природокористування : монографія. Рівне : НУВГП, 2012. 336 с.

372. Созданы первые в мире солнечные панели из волоса // ЭкоТехника. 31.12.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/592-sozdany-pervye-v-mire-solnechnye-paneli-iz-volosa.html> (дата обращения : 1.11.2017).

373. Солнечная тепловая станция украинского изобретателя вырабатывает энергию дешевле, чем при сжигании газа // ЭкоТехника. 14.07.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/121-solnechnaya-teplovaya-stantsiya-ukrainskogo-izobretatelya-vyrabatyvaet-energiyu-deshevle-chem-pri-szhiganiigaza.html> (дата обращения : 15.05.2017).

374. Солнечные панели из человеческого волоса // FacePla.net. 11.09.2014. URL : <http://www.facepla.net/the-news/energy-news-mnu/4817-solnechnye-paneli-iz-volosa.html> (дата обращения : 20.12.2017).

375. Сотник І. М. Тенденції і проблеми управління дематеріалізацією виробництва й споживання // Актуальні проблеми економіки. 2012. № 8. С. 62–67.

376. Социально-экономические проблемы информационного общества : монография / под ред. Л. Г. Мельника. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2005. 423 с.

377. Социально-экономические проблемы информационного общества : монография / под ред. Л. Г. Мельника, М. В. Брюханова. Выпуск 5. Сумы : Университетская книга, 2010. 896 с.

378. Социально-экономический потенциал устойчивого развития : учебник / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2007. 1120 с.

379. Социально-экономический потенциал устойчивого развития. Практикум / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2007. 335 с.

380. Стандарты и сертификация продуктов БИО // Есоб3. Экологические проблемы и их решения. URL : <http://есоб3.ru/standarty-i-sertifikatsiya-produktov-bio> (дата обращения : 21.11.2017).

381. Стартапы украинцев по экономии электричества и тепла собирают средства за рубежом // Частный предприниматель. 16.02.2017. URL : <http://chp.com.ua/all-news/item/47106-startapy-ukraintsev-po-ekonomii-elektrichestva-i-tepla-sobirayut-sredstva-za-rubezhom> (дата обращения : 17.11.2017).

382. Статистика продаж автомобилей в США в 2016 году // Green Way. 2017. URL : http://serega.icnet.ru/CarSaleAuto_2016_USA.html (дата обращения : 01.03.2017).

383. Столяренко Л. Д. Основы психологии. Ростов-на-Дону : Феникс, 1999. 672 с.

384. Стопа Л. «Зелёная революция» – страница, которую нам не открывали // Зерно. №5. Май, 2010. URL : <http://www.zerno-ua.com/journals/2010/may-2010-god/zelenaya-revoluciya-stranica-kotoruyu-nam-ne-otkryvali> (дата обращения : 20.11.2017).

385. Страницы истории электромобиля : новое – это хорошо забытое старое // Тест Драйв. 26.10.2015. URL : <http://testdrive.com.ua/stranicy-istorii-elektromobilya/> (дата обращения : 01.09.2017).

386. Струнные технологии Юницкого // Новая мировая реальность. URL : <http://www.yunitskiy.com/> (дата обращения : 10.05.2017).

387. Струнный транспорт Юницкого. URL : http://cyclowiki.org/wiki/Струнный_транспорт_Юницкого (дата обращения : 10.05.2017).

388. Суперсооружения. Поезда будущего (National Geographic) // Youtube. 22.09.2016. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=U3fKnhQuXqM> (дата обращения : 10.05.2017).

389. Сычёв В. Корабль для космических туристов испытают в 2016 году // Техномания. 10.01.2016. URL : <https://texnomaniya.ru/korabl-dlya-kosmicheskikh-turistov-ispitayut-v-2016-godu> (дата обращения : 15.05.2017).

390. Терехов А. В Чернобыльской зоне развивается солнечная энергетика // DOM.RIA. 07.07.2017. URL : <https://dom.ria.com/ru/news/210508.html> (дата обращения : 10.09.2017).

391. Терещенко Г.Ф., Путилов А.В. Новые материалы как перспективная химическая продукция и технологии их получения // Доклад на Российском конгрессе «Химическая промышленность на рубеже веков : итоги и перспективы» / ChemNet. URL : http://www.chem.msu.su/rus/journals/membranes/3/puti_tx6.htm (дата обращения : 10.03.2017).

392. Тисс Ж.-Ф. Город как живой организм // Полит.ру. 24.04.2013. URL : http://polit.ru/article/2013/04/24/thisse_development/ (дата обращения : 01.09.2017).

393. Толмачёв О. Что такое конвергенция? // Сети& Бизнес. №4 (сентябрь). 2005. URL : [http://www.sib.com.ua/arhiv_2005/4\(23\)2005/konverg/konverg.htm](http://www.sib.com.ua/arhiv_2005/4(23)2005/konverg/konverg.htm) (дата обращения : 20.10.2017).
394. Топливный элемент. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный_элемент (дата обращения : 01.03.2017).
395. Трансатлантический тоннель. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансатлантический_тоннель (дата обращения : 10.05.2017).
396. «Транспорт будущего» вот-вот предложит миру Беларусь : перемещение над землей на сумасшедших скоростях по рельсам и струнам // Информационное агентство Interfax.by / Товары и услуги / Транспорт. 23.09.2015. URL : <https://www.interfax.by/news/belarus/1192142> (дата обращения : 09.11.2017).
397. Транспортные средства на сжатом воздухе. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортные_средства_на_сжатом_воздухе (дата обращения : 15.04.2017).
398. Траты Украины на электроэнергию в 3–5 раз больше, чем в Европе – Зубко // Обозреватель. 06.07.2016. URL : <https://www.obozrevatel.com/finance/fea/46938-traty-ukrainyi-na-elektroenergiyu-v-35-bolshe-chem-v-evrope-zubko.htm> (дата обращения : 09.01.2017).
399. Третья промышленная революция. Часть 2 : «Заводы и рабочие места : назад к производству» // The Economist / пер. с англ. И. Селиванов (апрель 2012). URL : <https://sputnikipogrom.com/special/revolution/02.php> (дата обращения : 01.11.2016).
400. Турлікьян Т. Вітряні станції в сукупній потужності вперше перевищили АЕС // Ecotown. 31.12.2015. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Vitryani-stantsiyi-v-sukupniy-potuzhnosti-vpershe-perevershyly-pokaznyku-roboty-AES/> (дата звернення : 01.03.2016).
401. Турлікьян Т. (а) Нові батареї від Samsung дозволять електромобілю проїхати 600 км на одному заряді // Ecotown. 17.01.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Novi-batareyi-vid-Samsung-dozvolyayut-elektromobilyam-proyikhaty-600-km-na-odnomu-zaryadi/> (дата звернення : 01.03.2016).
402. Турлікьян Т. (б) У 2015 році 42% всіх енергопотреб Данії були забезпечені енергією вітру // Ecotown. 17.01.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-2015-rotsi-42-vsikh-enerhopotreb-Daniyi-buly-zabezpecheni-enerhiyeyu-vitru/> (дата звернення : 15.05.2017).
403. Украинские фермы проявляют интерес к биогазовым установкам // Biowatt. 17.03.2017. URL : <http://www.biowatt.com.ua/trends/ukrainskie-fermy-proyavlyayut-interes-k-biogazovym-ustanovkam/> (дата обращения : 30.10.2017).
404. Украинский солнечный концентратор «Diversity» и международный хакатон SunnyDay 2015 // ЭкоТехника. 15.06.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/96-ukrainskij-solnechnyj-kontsentrator-diversity-i-mezhdunarodnyj-khakaton-sunnyday-2015.html> (дата обращения : 15.05.2017).
405. Украинский стартап Ecoisme создал умный гаджет для экономии энергии // ЭкоТехника. 27.11.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/products/454->

ukrainskij-startap-ecoisme-sozdal-umnyj-gadzhet-dlya-ekonomii-energii.html (дата обращения : 17.11.2017).

406. Украинский стартап GyberCrow создаёт автоматизированные теплицы и вертикальные фермы // ЭкоТехника. 15.03.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/technology/891-ukrainskij-startap-cybergrow-sozdaet-avtomatizirovannye-aeroponnye-teplitsy-i-vertikalnye-fermy.html> (дата обращения : 09.11.2017).

407. Украинцы разработали агроробота на солнечной энергии // Агропортал / Наука и технологии. 25.05.2017. URL : <http://agroportal.ua/news/tekhnologii/ukraintsy-razrabotali-agrorobota-na-solnechnoi-energii/> (дата обращения : 01.06.2017).

408. Україна увійшла до топ-5 країн за часткою електроавто // LB.ua. 11.02.2017. URL : https://ukr.lb.ua/blog/numeral/358368_ukraina_uviyshla_top5_krain.html (дата звернення : 01.03.2017).

409. «Умные» модульные дома нового поколения теперь доступны в Украине // ЭкоТехника. 22.05.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/2430-umnye-modulnye-doma-novogo-pokoleniya-teper-dostupny-v-ukraine.html> (дата обращения : 01.09.2017).

410. «Умный» дом Sunhouse360° : вращающееся за солнцем экожилище // ЭкоТехника. 15.11.2015 (а). URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/416-umnyj-dom-sunhouse360-povernis-k-solntsu-peredom-a-stoyat-ne-nado.html> (дата обращения : 01.09.2017)

411. «Умный» дом производит в 2 раза больше энергии, чем потребляет // ЭкоТехника. 03.12.2015 (б). URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/478-b10-umnyj-dom-proizvodit-v-2-raza-bolshe-energii-chem-potreblyaet.html> (дата обращения : 01.09.2017)

412. Устинова І. І. Економічні засади та регіональні норми збалансованого (сталого) розвитку // Економічна безпека, проблеми та шляхи вирішення : матеріальні VII міжнар. наук.-практ. конф. Харків : УкрНДІ екологічні проблеми, 2011. С. 84–89.

413. Устойчивое развитие : теория, методология, практика / Л. Г. Мельник. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2009. 1230 с.

414. Ученые изобрели самовосстанавливающийся пластик // Top news. 03.09.2015. URL : http://www.topnews.ru/news_id_81418.html (дата обращения : 15.05.2017).

415. Ученые создали «Чешую дракона», превращающую любую поверхность в солнечную батарею (Фото) // Facenews. 13.02.2017. URL : <https://www.facenews.ua/news/2017/350200/> (дата обращения : 10.03.2017).

416. Федосенко Н. (а) В США продажі електромобілів у листопаді зросли на 44% і склали 1,1% сукупних авто продажів / Ecotown. 06.12.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/V-SSHA-prodazhi-elektromobiliv-u-lystopadi-zrosly-na-44-i-sklaly-1-1-sukupnykh-avto-prodazhiv/> (дата звернення : 01.03.2017).

417. Федосенко Н. (б) Світові автогіганти навперобій анонсують випуск електромобілів // Ecotown. 01.12.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Svitovi->

avtohihanty-navperebiy-anonsuyut-vypusk-elektromobiliv/ (дата звернення : 01.03.2017).

418. Федосенко Н. (в) У Румунії електричні Dacia Logan із запасом ходу в 500 км можна купити за €20тис // Ecotown. 01.11.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-Rumuniyi-elektrychni-Dacia-Logan-iz-zapasom-khodu-v-500-km-mozhna-kupyty-za-20tys/> (дата звернення : 01.03.2017).

419. Федосенко Н. (г) У США працює інноваційна цілодобова сонячна електростанція. Ecotown. 29.02.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-SSHA-pratsyuue-innovatsiyna-tsilodobova-sonyachna-elektrostantsiya/> (дата звернення : 1.03.2016).

420. Федосенко Н. (д) 5 очікуваних бюджетних електрокарів із запасом ходу більше 300 км // Ecotown. 30.05.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/5-ochikuvanykh-byudzhethnykh-elektrokariv-iz-zapasom-khodu-bilshe-300-km/> (дата звернення : 10.03.2017).

421. Федосенко Н. (е) В Чилі зафіксована рекордно низька ціна на сонячну енергію – вдвічі нижча за вугільну // Ecotown. 25.08.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/V-CHyli-zafiksovana-rekordno-nyzka-tsina-na-sonyachnu-enerhiyu-vdvichi-nyzhcha-za-vuhilnu/> (дата звернення : 1.10.2016).

422. Федосенко Н. (а) Розвиток електромобілів в Україні в 3–4 рази швидкий, ніж у світі // Ecotown. 20.01.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Rozvytok-elektromobiliv-v-Ukrayini-v-3-4-razy-shvydshyy-nizh-u-sviti/> (дата звернення : 10.03.2017).

423. Федосенко Н. (б) У березні Німеччина отримала 41% електроенергії з ВДЕ // Ecotown. 22.04.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-berezni-Nimechchyna-otrymala-41-elektroenerhiyi-z-VDE/> (дата звернення : 01.07.2017)

424. Физический энциклопедический словарь / [гл. ред. А. М. Прохоров]. Москва : Сов. Энциклопедия, 1995. 928 с.

425. Философский энциклопедический словарь / гл. редакция : Л. Ф. Ильичев, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалев, В. Г. Панов. Москва : Сов. энциклопедия, 1983. 840 с.

426. Формування на території Сумської області ЕКОПОЛІСУ (концептуальні положення). Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. 36 с.

427. Франчук, Г. М. Урбоекологія і техноекологія : підручник / Г. М. Франчук, О. І. Запорожець, Г. І. Архіпова. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2011. — 496 с.

428. Хель И. (а) Индустрия 4.0 : Что такое Четвёртая промышленная революция? // Hi-News.ru. 15.04.2015. URL : <http://hi-news.ru/business-analitics/industriya-4-0-что-такое-четвертая-промышленная-революция.html> (дата обращения : 01.03.2016).

429. Хель И. (б) Что думает Элон Маск по поводу летающих автомобилей? // Hi-news.ru. 11.04.2015. URL : <https://hi-news.ru/auto/что-думает-elon-mask-pro-povodu-letayushhix-avtomobilej.html> (дата обращения : 11.05.2017).

430. Хенс Л. Методы оценки показателей устойчивого развития / Л. Хенс, К. Флаэминк // Социально-экономический потенциал устойчивого развития :

учебник / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : Университетская книга, 2007, С. 231–257.

431. Хижняк Н. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир / Н. Хижняк // Hi-News.ru. 5.02.2015. URL : <https://hi-news.ru/technology/shest-sverxmaterialov-kotorye-smogut-izmenit-etot-mir.html> (дата обращения : 15.05.2017).

432. Хижняк Н. (а) Глава Virgin Galactic : мы почти готовы к началу коммерческих космических полётов // Hi-News.ru. 11.05.2017. URL : <https://hi-news.ru/technology/glava-virgin-galactic-my-pochti-gotovy-k-nachalu-kommercheskix-kosmicheskix-poletov.html> (дата обращения : 15.05.2017).

433. Хижняк Н. (б) BMW выпустят беспроводную зарядную станцию для автомобилей // HI-News.ru. 27.09.2017 // <https://hi-news.ru/technology/bmw-vypustit-besprovodnuyu-zaryadnuyu-stanciyu-dlya-avtomobilej.html> (дата обращения : 20.12.2017).

434. Хоодаківська О. В. Екологізація аграрного виробництва : монографія. К.: ННЦ ІАЕ, 2015. 350 с.

435. Ходоренко А. Воскресное чтение. 6 проектов летающих автомобилей, которые почти удалось воплотить в жизнь // Новое время. 23.10.2016. URL : <https://nv.ua/science/voskresnoje-chtivo/letajushchie-avto-238784.html> (дата обращения : 15.05.2017).

436. Холодов И. 3D-печать : прошлое, настоящее и немного о будущем, а также российские реалии в этой сфере // Ixbt.com. 17.02.2014. URL : http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_common.shtml (дата обращения : 10.03.2017).

437. Христенко Л. Ландшафтный дизайн заднего двора японского дома // Remont BP. URL : <http://www.remontbp.com/landshaftnyj-dizajn-zadnego-dvorika-japonskogo-doma/> (дата обращения : 01.09.2017).

438. Христианство : Энциклопедический словарь : в 3 т. / под ред. С. С. Аверинцева (гл. ред.) и др. Москва : Науч. изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1995. Т. 3. 783 с.

439. Человечество за 7 месяцев исчерпало годовые ресурсы Земли, – WWF // РБК Україна. 02.08.2017. URL : <https://www.rbc.ua/rus/news/chelovechestvo-7-mesyatsev-ischerpalo-godovye-1501668960.html> (дата обращения : 05.08.2017).

440. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. Москва : Мысль, 1973. 350 с.

441. Число рабочих мест в сфере солнечной энергетики бьёт рекорды // Pikabu.ru. URL : https://pikabu.ru/story/chislo_rabochikh_mest_v_sfere_solnechnoy_yenergetiki_bet_rekordyi_4736601 (дата обращения : 25.10.2017).

442. Что такое органические продукты? (What is organic food?) // Справочник потребителя. URL : <https://test.org.ua/usefulinfo/food/info/63> (дата обращения : 21.11.2017).

443. Чуб А. Двухместный электросамолет Airbus E-Fan 2.0 с максимальной скоростью 220 км/ч // Нескучный сайт о технике Gagadget.com. 16.06.2015. URL : <http://gagadget.com/science/17198-dvuhmestnyij-elektrosamolet-airbus-e-fan-20-s-maksimalnoj-skorostyu-220-kmch/> (дата обращения : 09.11.2017).

444. Шавырин Д. В странах Скандинавии количество «электричек» перевалило за 100 000 машин // Supercar.ru. 02.02.2016. URL : http://supercar.ru/event/scandinavia_electrocars/ (дата обращения : 01.03.2017).
445. Шанхайская компания WinSun напечатала пятиэтажный дом и особняк // 3D TODAY. 19.01.2015. URL : <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion/> (дата обращения : 10.03.2017).
446. Шарль Жак Александр Сезар. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Шарль_Жак_Александр_Сезар (дата обращения : 01.04.2017).
447. Шевченко В., Колевич С. Социополис Рени // Вклад в формирование инновационных структур опережающего развития / под ред. А. Андриеш и А. Буздугач. Кишиняу : Академия, 2004. С. 67–72.
448. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир // Colors. Life. URL : <http://www.colors.life/post/661065/> (дата обращения : 20.10.2017).
449. Широкун И. Насколько выгоден электромобиль // Автоцентр. ua. 10.09.2017. URL : <https://www.autocentre.ua/opyt/poleznye-sovety/naskolko-vygoden-elektromobil-378200.html> (дата обращения : 01.09.2017).
450. Шульга С. Как построить «зелёное» здание? Часть 2. Система сертификации. Зелёное строительство // Technocrats. 19.12.2014. URL : <http://www.technocrats.com.ua/kak-postroit-zelenoe-zdanie-chast-2-sistemy-sertifikacii.html> (дата обращения : 01.09.2017).
451. Шульц Н. NASA опубликовало фотографии крупнейшей солнечной электростанции // Fainader. 2017. URL : <http://www.fainaidea.com/technologii/energetika/nasa-opublikovalo-fotografii-krupnejshej-solnechnoj-elektrostantsii-120690.html> (дата обращения : 20.03.2017).
452. Щедровицкий П. Г. Третья промышленная революция. Выступление на XIX межрегиональной тьюторской конференции // Youtube. 28.10.2014. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=4a4qwUPJTik> (дата обращения : 1.03.2016).
453. Щербаков В. Технологии : летающий автомобиль : от фантастики до реальности // Военное время. Апрель 2013. URL : http://www.bratishka.ru/archiv/2013/04/2013_4_9.php (дата обращения : 10.09.2017).
454. Экологические издержки производства в Украине / под ред. Л. Г. Мельника и А. И. Каринцевой. Сумы : РИО Ас-Медиа, 2003. 72 с.
455. Экологическое сельское хозяйство : рост по всему миру // Германо-Российский аграрно-политический диалог. URL : <http://agrardialog.ru/news/details/id/2529> (дата обращения : 30.11.2017).
456. Экономика природопользования : учебник / под ред. Л. Хенса, Л. Мельника, Э. Буна. К. : Наукова думка; Брюссель : VUB, 1998. 480 с.
457. Экономическая энциклопедия. Политическая экономия (в 4 т.) / гл. ред. А. М. Румянцев. Москва : Советская энциклопедия, 1980. Т. 4. 672 с.
458. Электрический самолёт Solar Impulse 2 ставит 3 мировых рекорда с помощью только энергии солнца // ЭкоТехника. 29.07.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/transport/144-elektricheskij-samolet-solar-impulse-2-stavit-3-mirovykh-rekorda-s-pomoshchyu-tolko-energii-solntsa.html> (дата обращения : 01.09.2017).

459. Электрический трактор Edison сойдет с конвейера Харьковского тракторного завода уже в этом году // ЭкоТехника. 20.10.2015. URL : <http://ecotechnica.com.ua/transport/335-elektricheskij-traktor-edison-sojdet-s-konvejera-kharkovskogo-traktornogo-zavoda-uzhe-v-etom-godu.html>_(дата обращения : 15.03.2017).

460. Электрический самолёт. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_самолёт (дата обращения : 20.03.2017).

461. Электрокар Tesla установил мировой рекорд // Сегодня. 08.08.2017. URL : <http://www.segodnya.ua/economics/avto/elektrokar-tesla-ustanovil-mirovoy-rekord-1045596.html> (дата обращения : 01.09.2017).

462. Электромобили всех марок // Ironhorse. URL : <http://auto.ironhorse.ru/ct/elektromobili> (дата обращения : 01.03.2017).

463. Электромобиль Mira EV проехал 1000 км на одной зарядке // Alterpower.com.ua. URL : <http://alterpower.com.ua/greenauto/105-electromobil-mira-ev-1000-km> (дата обращения : 10.03.2017).

464. Электросамолёт перелетел Альпы // Новости науки, техники, дизайна и обо всем удивительном. 16.07.2015. URL : <http://enginiger.ru/tag/pc-aero/> (дата обращения : 09.11.2017).

465. Энергоэффективные жилые дома. Мировая и отечественная практика проектирования и строительства // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы / Строительная наука. 12.03.2013. URL : https://stroi.mos.ru/builder_science/energoeffektivnye-zhilye-doma-mirovaya-i-otechestvennaya-praktika-proektirovaniya-i-stroitelstva (дата обращения : 01.09.2017).

466. Энергоэффективный дом: проектирование // Econet :включи сознание. URL : <https://econet.ru/articles/93853-energoeffektivnyy-dom-proektirovanie> (дата обращения : 20.12.2017).

467. Энергоэффективный купольный дом стоимостью 7 000\$ построил украинский умелец // ЭкоТехника. 25.09.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/269-energoeffektivnyj-kupolnyj-dom-stoimostyu-7000-postroil-ukrainskij-umelets.html> (дата обращения : 01.09.2017).

468. Юртайкин С. Представлен самый большой в мире электромобиль // Издание о высоких технологиях «Сnews». 20.10.2014. URL : http://www.cnews.ru/news/top/predstavlen_samyu_bolshoy_v_mire_elektromobil (дата обращения : 15.05.2017).

469. Яковлева Н. (а) В Сумах житловий будинок забезпечують електроенергією сонячні батареї на трекерах // Ecotown. 16.02.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/V-Sumakh-zhytlovyu-budynok-zabezpechuyut-elektroenerhiyeyu-sonyachni-batareyi-na-trekerakh/> (дата звернення : 01.03.2017).

470. Яковлева Н. (б) Schneider Electric розробили «розумну» систему накоплення енергії EcoBlade // Ecotown. 18.01.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Schneider-Electric-rozrobyla-rozumnu-systemu-nakopychennya-enerhiyi-EcoBlade/> (дата звернення : 01.03.2016).

471. Яковлева Н. (а) У Німеччині багатопверхівки покривають до 50% власних електропотреб завдяки встановленим на дахах сонячним станціям // Есо-

- town. 06.06.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-Nimechchyni-bahatopoverkhivky-pokryyut-do-50-vlasnykh-elektropotreb-zavdyaky-vstanovlenym-na-dakhu/> (дата звернення : 01.07.2017).
472. Яковлева Н. (б) У 2016 році в Україні купили 1434 електромобіля // Ecotown. 24.01.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-2016-rotsi-v-Ukrayini-kyuly-1434-elektromobilya/> (дата звернення : 10.03.2017).
473. Яковлева Н. (в) Як два українці будують солом'яні будинки // Ecotown. 12.06.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/YAk-dva-ukrayintsi-buduuyut-solom-yani-budynky/> (дата звернення : 10.09.2017).
474. Яковлева Н. (г) В Італії близько 500 тис домогосподарств встановили сонячні станції – в 350 разів більше, ніж в Україні // Ecotown. 19.05.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/V-Italiyi-blyzko-500-tys-domohospodarstv-vstanovyly-sonyachni-stantsiyi-v-350-raziv-bilshe-nizh-v-Uk/> (дата звернення : 25.10.2017).
475. Янович А. 17-летня школьниця придумала плаваючу електростанцію // Gazeta.ua. 15.03.2011. URL : https://gazeta.ua/ru/articles/ukraine-newspaper/_17letnyaya-shkolnica-pridumala-plavayuschuyu-elektrostantsiyu-/374990 (дата звернення : 17.11.2017).
476. Ярлыки // International directory of organic food and supply companies. URL : <https://www.organic-bio.com/ru/этикетки/> (дата звернення : 21.11.2017)
477. Ярмилка В. ЭМ-технология – основа органического земледелия // АПК ИНФОРМ. Овощи и фрукты. 07.02.2005. URL : <http://www.fruit-inform.com/ru/technology/grow/23166#.WiV0tTdx3Gg> (дата звернення : 09.11.2017).
478. Яшкина В. В., Крусир Г. В. Органические продукты и их экологический контроль // Технологія і безпечність продуктів харчування. № 1(14). 2011. С. 66–68.
479. 10 самых необычных технологий передвижения // Youtube, 21.10.2015. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=uNv97ejvM9g> (дата звернення : 15.05.2017).
480. 10 технологий для экологического строительства // Родовид – тематическое сообщество по устойчивому развитию и сознательному потреблению. 17.03.2015. URL : <https://rodovid.me/ecodom/10-tehnologiy-dlya-ekologicheskogo-stroitelstva.html> (дата звернення : 01.09.2017).
481. 10 уникальных проектов города будущего // QWRT. 20.01.2014. URL : <http://www.qwrt.ru/news/1383> (дата звернення : 10.09.2017).
482. 15 профессий для летающих дронов // Robohunter. URL : <https://robohunter.com/news/15-professii-dlya-letaushih-dronov> (дата звернення : 05.06.2017).
483. 20 примеров коммерческого использования дронов // Инвестиционный портал Inventure. 29.01.2016. URL : <https://inventure.com.ua/analytics/articles/20-primerov-kommercheskogo-ispolzovaniya-dronov> (дата звернення : 05.06.2017).
484. 25 забавных фактов о водороде и водородном транспорте // Родовид – тематическое сообщество по устойчивому развитию и сознательному потреблению. 29.11.2014. URL : http://rodovid.me/ustoichivoe_razvitie/25-zabavnyh-faktov-o-vodorode-i-vodorodnom-transporte.html (дата звернення : 01.04.2017).
485. 3D-принтер. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер> (дата звернення : 10.03.2017).

486. 5 из 11 веток Hyperloop будут проходить через Украину // Экономические известия. 06.05.2017. URL : http://news.eizvestia.com/news_technology/full/605-5-iz-11-vetok-hyperloop-budut-proxodit-cherez-ukrainu-karta (дата обращения : 15.09.2017).

487. A decade of EU-funded GMO research (2001–2010) // European Commission / Directorate- General for Research and Innovation Biotechnologies, Agriculture, Food. 2010. URL : https://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/a_decade_of_eu-funded_gmo_research.pdf (accessed on 25.11.2017).

488. Achenbach J. 107 Nobel Laureates sign letter blasting Greenpeace over GMOs // The Washington Post. 30.06.2016. URL : https://www.washingtonpost.com/news/speaking-of-science/wp/2016/06/29/more-than-100-nobel-laureates-take-on-greenpeace-over-gmo-stance/?utm_term=.fec7b1645f25 (accessed on 25.11.2017).

489. Additive manufacturing – a definition : what is additive manufacturing? // SPI Lasers. URL : <http://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition/> (accessed on 20.10.2017).

490. AeroMobil s.r.o. AeroMobil. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/AeroMobil_s.r.o._AeroMobil (accessed on 10.05.2017).

491. Agenda-21 : The United Nations Programme of Action from Rio. Earth Summit (UN Conference on Environment and Development in 1992). N.Y. : United Nations, 1993. 300 pp.

492. Airphibian – летающий автомобиль Роберта Фултона // Уникальные устройства. 17.10.2010. URL : <https://unidevices.blogspot.ru/2010/10/airphibian.html> (дата обращения : 10.05.2017).

493. Airbus E-Fan. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_E-Fan (accessed on 20.03.2017).

494. Airbus patents a supersonic aircraft that could fly from London to New York in 1 hour // Airlines. 15.10.2015. URL : <http://www.foxnews.com/travel/2015/10/15/airbus-patents-supersonic-aircraft-that-could-fly-from-london-to-new-york-in-1.html> (accessed on 15.05.2017).

495. Airbus представил проект пассажирского сверхзвукового самолёта // РБК. 20.06.2011. URL : <http://www.rbc.ru/society/20/06/2011/5703e8ab9a79477633d34583> (дата обращения : 15.05.2017).

496. AstroFlight Sunrise. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/AstroFlight_Sunrise (accessed on 15.03.2017).

497. Atherton K.D. WISP is a tiny wireless computer that draws power from radio waves. Batteries not included or required // Popular Science / Technology. 25.04.2016. URL : <https://www.popsci.com/wisp-is-tiny-wireless-computer-that-draws-power-from-radio-waves> (accessed on 15.11.2017).

498. Bloen J. The Fourth Industrial Revolution Things to Tighten the Link Peltween IT and OT / J. Bloem, M. van Doorn, S. Duivestein, D. Excoffier, Maas, E. van Ommeren. Groningen : Sogeti VINT, 2014. – 40 p.

499. Boeing запатентовал работающий на энергии термоядерных взрывов самолет // Lenta.ru. Наука и техника / Техника. 13.07.2015 URL : <https://lenta.ru/news/2015/07/13/boeing/> (дата обращения : 20.11.2017)

500. Bolton D. People in Germany are now being paid to consume electricity : The price of power in Germany briefly dropped to -€130 per MWh on 8 May // INDEPENDENT. 11.05.2016. URL : <http://www.independent.co.uk/environment/renewable-energy-germany-negative-prices-electricity-wind-solar-a7024716.html> (accessed on 1.10.2016).
501. Boon E. Johannesburg : the antecedents of the Millennium Declaration, the Doha Agenda and the Monterrey Consensus // Mechanism of Economics Regulation. 2004. № 4. P. 13–40.
502. Boulding K. E. The economics of the coming Spaceship Earth // Classics in environmental studies. An overview of classic texts in environmental studies / Editors : N. Nelisse, J. Van Den Straaten and L. Klinkers. Amsterdam, the Netherland, 1997. P. 218–228.
503. Boyle A. Virgin Galactic's new SpaceShipTwo gets off the ground, two years after fatal mishap // Geekwire. 08.09.2016. URL : <https://www.geekwire.com/2016/virgin-galactic-new-spaceshiptwo-captive-carry/> (accessed on 05.05.2017).
504. Brookes G., Barfoot P. The global income and production effects of genetically modified (GM) crops 1996–2011. GM Crops Food. 2013. Jan-Mar, 4(1). P. 74–83. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23549349> (accessed on 25.11.2017).
505. Chevrolet создал водородный внедорожник для армии // Корреспондент. 05.10.2016. URL : <http://korrespondent.net/lifestyle/motors/3754069-Chevrolet-sozdal-vodorodnyi-vnedorozhnyk-dlia-armyyu> (дата обращения :10.04.2017).
506. Compressed air car. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_air_car (accessed on 15.04.2017).
507. Conception «Ecopolis» // VR ENERGIE GmbH. URL : <http://www.vrenergie.com/index.php/conception-ecopolis.html> (accessed on 01.09.2017).
508. Condon E. U., Windsor H. H. Driverless Tractor Plants Crops in Spirals // Popular Mechanics. 74(1). 1940. URL : https://books.google.com.ua/books?id=cdkDAAAAMBAJ&pg=PA7&dq=driverless+tractor&redir_esc=y&hl=ru#v=onepage&q=driverless%20tractor&f=false (accessed on 01.06.2017).
509. Coren M. J. Germany had so much renewable energy on Sunday that it had to pay people to use electricity // Quartz. 10.05.2016. URL : <http://qz.com/680661/germany-had-so-much-renewable-energy-on-sunday-that-it-had-to-pay-people-to-use-electricity/> (accessed on 1.10.2016).
510. Daly H.E., Farley J. Ecological Economics. Principles and Applications // Island Press. 2004. URL : http://indomarine.webs.com/documents/Ecological_Economics_Principles_And_Applications.pdf (accessed on 20.12.2017).
511. DARPA : на пути к революции в материаловедении // Technowars, 07.09.2015. URL : <http://technowars.ru/article/202/> (дата обращения : 10.03.2017).
512. Dedicat C. Circular economy : what it mean, how to get there // World Economic Forum. 23.01.2016. URL : <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy> (accessed on 01.03.2016).
513. Denmark Just Produced 140% of its Electricity Needs with Renewable Wind Power // EARTH. WE ARE ONE / History & Exopolitics. 2015. URL :

<http://www.ewao.com/a/1-denmark-just-produced-140-of-its-electricity-needs-with-renewable-wind-power/> (accessed on 1.10.2015).

514. Digital Revolution. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Revolution (accessed on 10.03.2017).

515. Directive 2010/31/EU of the European performance of buildings (recast) (of 19 May 2010) // The European Portal For Energy Efficiency in Buildings BUILD UP, 18.06.2010. URL : <http://www.buildup.eu/en/practices/publications/directive-201031eu-energy-performance-buildings-recast-19-may-2010> (accessed on 01.09.2017).

516. Dodson B. Beyond the hype of Hyperloop an analysis of Elon Musks proposed transit system // New atlas. 22.08.2013. URL : <http://newatlas.com/hyperloop-musk-analysis/28672/> (accessed on 15.09.2017).

517. Driverless tractor. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Driverless_tractor (accessed on 01.06.2017).

518. Dubai Future Foundation. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Dubai_Future_Foundation (accessed on 15.09.2017).

519. Dutch electric trains become 100% powered by wind energy // International Edition "theguardian". 10.06.2017. URL : <https://www.theguardian.com/world/2017/jan/10/dutch-trains-100-percent-wind-powered-ns> (accessed on 16.01.2017).

520. Electraviva // Technologies Vehicles URL : <https://www.technologicvehicles.com/en/details/69/electraviva-electro-light-prix-et-fiche-technique#.WghOfohx3Gg> (accessed on 20.03.2017).

521. Electric boat. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_boat (accessed on 20.03.2017).

522. Electric car runs record-setting 1.300 km on one charge // Electric Vehicle News. 16.11.2013. URL : <http://www.electric-vehiclenews.com/2013/11/electric-car-runs-record-setting-1300.html> (accessed on 10.03.2017).

523. Electric car. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car (accessed on 30.07.2017).

524. Energy Observer. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Observer (accessed on 20.03.2017).

525. Environment and Health / Editors : L. Hens, L. Melnyk, E. Boon. Kiev : Publishing house «Naukova Dumka», 1998. 303 p.

526. Environmental Costs of Production in Ukraine / editors : L. Melnyk, A. Karintseva. Sumy : Publishing house «Foligrant», 2004. 35 p.

527. Environmental Economics / editors : L. Hens, L. Melnyk, E. Boon. Kiev : Publishing house «Naukova Dumka», 1998. 496 p.

528. EU Project : Factory-in-a-day // Factory-in-a-day. URL : <http://www.factory-in-a-day.eu/> (accessed on 10.03.2017).

529. European Technology Platforms (ETP). Innovation Union. European Commission. 2017. URL : http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=etp (accessed on 20.10.2017).

530. Fab Lab FAQ. URL : <http://fab.cba.mit.edu/about/faq/> (accessed on 10.03.2017).

531. Factory-in-a-day // Ros-industrial. 29.10.2013. URL : <http://rosindustrial.org/news/2013/10/17/factory-in-a-day> (accessed on 10.03.2017).
532. Fehrenbacher K. Watch the World's First Manned Battery-Powered Helicopter Fly // Fortune. 31.10.2016. URL : <http://fortune.com/2016/10/31/electric-helicopter-test-flight/> (accessed on 20.03.2017).
533. First flight of hydrogen powered drone with water vapour exhaust // News Scientist. 05.02.2016. URL : <https://www.newscientist.com/article/2076536-first-flight-of-hydrogen-powered-drone-with-water-vapour-exhaust/> (accessed on 10.04.2017).
534. Frequently asked questions on genetically modified foods // World Health Organization / Food safety. May, 2014. URL : http://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/ (accessed on 25.11.2017).
535. Fuel cell. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell (accessed on 01.03.2017).
536. Gaud W.S. The Green Revolution : Accomplishments and Apprehensions // AgBioWorld. URL : <http://www.agbioworld.org/biotech-info/topics/borlaug/borlaug-green.html> (accessed on 19.11.2017).
537. Gauthier G. 3D ice cubes let your scotch cool down in style // Spoon&Tamago. 14.04.2014. URL : <http://www.spoon-tamago.com/2014/04/14/3d-ice-cubes-let-your-scotch-cool-down-in-style/> (accessed on 10.11.2017).
538. Germany to invest \$23.6bn in smart grid by 2026 // Metering & smart energy international. Smart Grid. 28.09.2016. URL : <https://www.metering.com/news/germany-23-6bn-smart-grid-2026/> (дата обращения : 20.12.2017).
539. Gershenfeld N., Gershenfeld A. Cutcher-Gershenfeld J. Designing reality : How to survive and thrive in the third digital revolution // Science. 20.11.2017. URL : <http://designingreality.org/>
540. Global Ecovillage Network : catalyzing communities for regenerative world. Global Ecovillage Network. 2017. URL : <https://ecovillage.org/> (accessible on 01.09.2017).
541. Global Footprint Network. Ecological Wealth of Nations. URL : www.footprintnetwork.org (accessed on 1.10.2016).
542. Gold Mary V. Sustainable Agriculture : Definitions and Terms. Special reference briefs series no SRB 99-02// National Agricultural Library. United States Department of Agriculture. National Agricultural Library. August, 2007. URL : <https://www.nal.usda.gov/afsic/sustainable-agriculture-definitions-and-terms> (accessed on 18.11.2017).
543. Hansjürgens B., Schroter-Schlaack C., Brenck M. und andere. Das Projekt «Naturkapital Deutschland – TEEB DE» // TEEB – Prozesse und Ökosystem-Assessment in Deutschland, Russland und weiteren Staaten des nördlichen Eurasiens / Hrsg. K. Grunewald, O. Bastian und A. Drozdov. Bonn : Bundesamt für Naturschutz, 2014. S. 34–48.
544. Hill J. Renewable Energy Now Accounts For 30% Of Global Power Generation Capacity // CleanTechnica. 20.09.2016. URL : <https://cleantechnica.com/>

2016/09/20/renewable-energy-now-accounts-30-global-power-generation-capacity/ (accessed on 1.10.2016).

545. Hodgetts R. Successful test flight brings Lilium electric air taxis closer to reality // CNN travel / Business traveller. 25.04.2017. URL : <http://edition.cnn.com/2017/04/25/aviation/lilium-electric-vtol-jet/> (accessed on 11.05.2017).

546. Hyperloop One выбрал страны для постройки скоростных дорог // Корреспондент. 14.09.2017. URL : <http://korrespondent.net/lifestyle/gadgets/3886397-Hyperloop-One-vybral-strany-dlia-postroiky-skorostnykh-doroh> (дата обращения : 15.09.2017).

547. Hyperloop Transportation Technologies // ITC.ua. 2017. URL : <http://itc.ua/tag/hyperloop-transportation-technologies/> (accessed on 10.09.2017).

548. Industry 4.0. URL : http://en.m.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (accessed on 01.03.2016).

549. ISO 14021:2016. Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling). 2016. URL : <https://www.iso.org/standard/66652.html> (accessed on 22.11.2017).

550. JAC выпустил бюджетный электромобиль // Автовод. 18.03.2017. URL : <http://avtovod.org.ua/news/744924459-jac-vypustil-byudzhetniy-elektromobil.html> (дата обращения : 25.03.2017).

551. James C. Global status of Commercialized Biotech/GM Crops-2012 : // International service for the acquisition of Agri-Biotech Applications / ISAAA Briefs / Brief 44. 2012. URL : <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/download/isaaa-brief-44-2012.pdf> (accessed on 25.11.2017).

552. James C. Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops : 2013. International service for the acquisition of Agri-Biotech Applications / ISAAA Briefs / Brief 46. 2013. URL : <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/download/isaaa-brief-46-2013.pdf> (accessed on 25.11.2017).

553. Japan's maglev train breaks world speed record with 600km/h test run // International Edition "theguardian". 21.04.2015. URL : <https://www.theguardian.com/world/2015/apr/21/japans-maglev-train-notches-up-new-world-speed-record-in-test-run> (accessed on 10.09.2017).

554. Jeffrey C. Lithium electric jet : VTOL air travel for the masses? // New Atlas. 09.05.2016. URL : <http://newatlas.com/lilium-electric-vtol-jet-aircraft-esa/43191/> (accessed on 10.05.2017).

555. John von Neumann. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann (accessed on 10.03.2017).

556. Johnston A. Portugal runs on 100% renewables for 4 days // Clean Technica. 21.05.2016. URL : <https://cleantechnica.com/2016/05/21/100-renewable-electricity-portugal-4-days/> (accessed on 1.10.2016)

557. Klümper W., Qain M. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. PLOSone // Tenth anniversary. 03.11.2014. URL : <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111629> (accessed on 25.11.2017).

558. Kolodny L. BeeHex cooks up \$1 million for 3D food printers that make pizzas // TC. 28.02.2017. URL : <https://techcrunch.com/2017/02/28/bee-hex-cooks-up-1-million-for-3d-food-printers-that-make-pizzas/> (accessed on 10.03.2017).

559. Lady Eve Balfour (Soil Association) // International Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM). URL : <https://www.ifoam.bio/en/lady-eve-balfour-soil-association> (accessed on 30.11.2017).

560. Lambert F. Proterra unveils new Catalyst E2 all-electric bus with 350 miles of range on massive 660 kWh battery // Electrek. 12.09.2016. URL : <https://electrek.co/2016/09/12/proterra-unveils-new-catalyst-e2-all-electric-bus-with-350-miles-of-range-on-massive-660-kwh-battery/> (accessed on 10.03.2017).

561. LaMonica M. Additive Manufacturing GE, the world's largest manufacturer, is on the verge of using 3D-printing to make jet parts // MIT Technology Review. URL : <https://www.technologyreview.com/s/513716/additive-manufacturing/> (accessed on 01.12.2016).

562. Laureates letter supporting precision agriculture (GMOs) // Support Precision Agriculture. 20.06.2016. URL : http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html (accessed on 25.11.2017).

563. Lavars N. Kinetic energy-harvesting shoes a step towards charging mobile devices on the go // New Atlas. 12.02.2016. URL : <https://newatlas.com/energy-harvesting-shoes/41796/> (accessed on 15.11.2017).

564. Leffingwell R. Ford farm tractors of the 1950-s. Osceola, WI : MBI Pub, 2001. P. 84–85.

565. Lord Northbourne, organic agriculture and Schumacher // Journal of Organic Systems 9(1), 2014. P. 31–53.

566. Lotus effect. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect (accessed on 25.07.2017).

567. Maciel T. Focus: New Form of Carbon Stores Lots of Gas // Physics. 05.02.2016. URL : <https://physics.aps.org/articles/v9/16> (accessed on 10.04.2017).

568. MacRae R. A History of Sustainable Agriculture. Ecological agriculture projects // Ecological agriculture projects, 1990. URL : http://eap.mcgill.ca/AASA_1.htm (accessed on 25.11.2017).

569. Mafi N. This Is What Tokyo Will Look Like In 2045 – Including Its Mile-High Skyscraper // AD. 03.02.2016. URL : <https://www.architecturaldigest.com/story/tokyo-will-look-like-2045-including-mile-high-skyscraper> (accessed on 01.09.2017).

570. Maglev. The flying train // Superconductivite. URL : <http://www.supraconductivite.fr/en/index.php?p=applications-trains-maglev-more> (accessed on 10.09.2017).

571. Making energy accountable // Danfoss / Ecopolis : Heating the sustainable city. URL : http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VBHZ202_ECOPOLIS_Tabloid_lores.pdf (accessed on 01.09.2017).

572. Mauro Solar Riser. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Mauro_Solar_Riser (accessed on 15.03.2017).

573. Mercedes запускает в производство электрогрузовик // Ліга Бізнес. 20.02.2017. URL : <http://biz.liga.net/keysy/avto/novosti/3609177-mercedes-zapuskayet-v-proizvodstvo-elektrogruzovik-foto.htm> (дата обращения : 15.03.2017).

574. Mindell D. A. Between human and machine : feedback, control, and computing before cybernetics // JHU Press. 29.08.2002. 439 p.

575. Moller M400 Skycar. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Moller_M400_Skycar (accessed on 11.05.2017).

576. Murphy S. V., Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs // Nature Biotechnology. 05.08.2014. № 32. P. 773–785. URL : <http://www.nature.com/nbt/journal/v32/n8/full/nbt.2958.html> (accessed on 10.03.2017).

577. NASA Armstrong Fast sheet : Solar-Power Research // NASA. 28.02.2014. URL : <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-054-DFRC.html> (accessed on 20.03.2017).

578. NASA Pathfinder. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/NASA_Pathfinder (accessed on 20.03.2017).

579. Nature and Green. Senate Department for the Environment Transport and Climate Protection // Berlin.de. 2017. URL : https://www.berlin.de/senuvk/natur_gruen/index_en.shtml (accessed on 01.09.2017).

580. Nearly zero-energy buildings // European Commission. URL : <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings> (accessed on 01.09.2017).

581. New energy outlook 2017. Annual long-term economic forecast // Bloomberg New Energy Finance. 2016. URL : <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (accessed on 01.10.2016).

582. New Shepard. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/New_Shepard (accessed on 15.05.2017).

583. New solar glitter can make virtually anything solar powered // Inhabitat. 02.09.2017. URL : <http://inhabitat.com/sandia-solar-glitter-can-fit-into-and-power-devices-of-any-size-or-shape/> (accessed on 1.10.2017).

584. Nikola One : первый электротягач на водороде представлен в США // ЭкоТехника. 03.12.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/transport/1774-nikola-one-pervyj-elektrotyagach-na-vodorode-predstavlen-v-ssha-video.html> (дата обращения : 10.04.2017).

585. O'Neill R. 3D Self-Replicating Printer to be Released Under GNU License. URL : <https://hardware.slashdot.org/story/08/04/07/210205/3d-self-replicating-printer-to-be-released-under-gnu-license> (accessed on 1.10.2017).

586. Ohnsman A. Tubular : A Hyperloop contest as Musk inches toward creating high-speed venture // Forbes. 27.08.2017. URL : <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2017/08/27/tubular-a-hyperloop-contest-as-musk-inches-toward-creating-high-speed-venture/#1e82df534e65> (accessed on 15.09.2017).

587. ÖKO-TEST (ЭКО-ТЕСТ) // Livejournal. 17.02.2013. URL : <http://eco-in-life.livejournal.com/1678.html> (accessed on 21.11.2017).

588. One Introducing XP-1. The first-generation vehicle of the Hyperloop One system // Hyperloop-one. URL : <https://hyperloop-one.com/> (accessed on 15.09.2017).

589. Oosterhuis F., Rubik F., Scholl G. Dordrech. Product Policy in Europe : New Environmental Perspectives. Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1996. 306 p.

590. Organic Farming (EU logo) // Био Украина. URL : <https://bioukraine.com.ua/standarty-sertifikacii/organic-farming-eu-logo.html> (accessed on 21.11.2017).

591. Osório de Vargas M. The Fourth Industrial Revolution Things to Tighten the Link Between it and ot // LinkedIn. 3.11.2015. URL : <https://www.linkedin.com/pulse/fourth-industrial-revolution-things-tighten-link-ot-maximiliano?trkSplashRedir=true&forceNoSplash=true> (accessed on 01.03.2016).

592. Our common future. Report of the World Commission on environment and development, part I: common concerns; 2. Towards sustainable development. – United Nation : General Assembly, 1987. P. 54–76.

593. Paris climate change conference. // United Nations Framework Convention on Climate Change. November 2015. URL : http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/meeting/8926.php (accessed on 20.09.2017).

594. PassiveDom : «умный» экодом, распечатанный на 3D-принтере, разработали в Украине // ЭкоТехника. 06.03.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/2160-passivedom-umnyj-ekodom-raspechatyvaemyj-na-3d-printere-razrabotali-v-ukraine.html> (дата обращения : 09.03.2017).

595. Patterson B. T. The enernet. Powering Buildings in the 21st Century // Emerge Alliance. URL : [http://www.emergealliance.org/portals/0/documents/home/The_Enernet_-_Powering_Buildings_in_the_21st_Century_-_SPI_2015\[1\].pdf](http://www.emergealliance.org/portals/0/documents/home/The_Enernet_-_Powering_Buildings_in_the_21st_Century_-_SPI_2015[1].pdf) (accessed on 20.12.2017).

596. PC-Aero Elektra Two / AllAero. URL : <http://all-aero.com/index.php/component/content/article/54-planes-p-q-e-r-s/13286-pc-aero-elektra-two> (accessed on 15.03.2017).

597. Principles of organic agriculture // International Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM). URL : <https://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/principles-organic-agriculture> (accessed on 30.11.2017).

598. Prof. Schmidhuber's highlights of robot car history / Cogbotlab. URL : <http://people.idsia.ch/~juergen/robotcars.html> (accessed on 25.05.2017).

599. Randall T. Solar and wind just passed another big turning point // Bloomberg. 06.10.2015. URL : <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-06/solar-wind-reach-a-big-renewables-turning-point-bnef> (accessed on 10.03.2016).

600. Reed S. Power prices go negative in Germany, a positive for energy users // The New York Times / Energy & Environment. 25.12.2017. URL : <https://mobile.nytimes.com/2017/12/25/business/energy-environment/germany-electricity-negative-prices.html?referer=> (accessed on 25.12.2017).

601. Remote piloted Aerial Vehicles : An Anthology // Aviation and Aeromodeling Interdependent Evolutions and Histories. URL : http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html (accessed on 05.06.2017).

602. Renewables 2017 Global status report. // Renewable Energy Policy Network for the 21st century “REN 21”. URL : <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/> (accessed on 15.04.2017).

603. Richard M. G. NH2 : New holland unveils a ‘farm ready’ hydrogen fuel cell tractor // TreeHugger. 12.12.2011. URL : <https://www.treehugger.com/cars/new-holland-unveils-farm-ready-hydrogen-fuel-cell-tractor.html> (accessed on 20.10.2017).

604. Rifkin J. The Third Industrial Revolution : How Lateral Power is Transforming Energy, The Economy, and The World. New York : St. Martin's Griffin Publisher, 2013. 304 p.

605. Rifkin J. Zero Marginal Cost Society : The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. New York : St. Martin's Griffin Publisher, 2015. 448 p.

606. Robert Metcalfe – inventor, mathematician // Biography. 02.04.2014. URL : <https://www.biography.com/people/robert-metcalfe-9542201> (accessed on 15.11.2017).

607. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution // World Economic Forum. URL : <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab> (accessed on 01.03.2016).

608. Scotland Just Generated More Power Than It Needs From Wind Turbines Alone // Science alert. 12.08.2016. URL : <http://www.sciencealert.com/scotland-just-generated-more-power-than-it-needs-from-wind-turbines-alone> (accessed on 1.10.2016).

609. Shah Dhwanil. How do magnetic levitation trains work? // Quora 04.03.2014. URL : <https://www.quora.com/How-do-magnetic-levitation-trains-work> (accessed on 10.09.2017).

610. Shahan Z. 10 Solar Energy Facts & Charts You (& Everyone) should know // Clean Technica. 17.08.2016. URL : <https://cleantechnica.com/2016/08/17/10-solar-energy-facts-charts-everyone-know/> (accessed on 01.10.2016).

611. Sikorsky Firefly. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Sikorsky_Firefly (accessed on 1.10.2016).

612. Smith M. Scientists want to make buildings from bone. Less “Mortal Kom-bat” hellscape, more carbon emission-reducing material of the future // Engadget. 27.06.2016 // Green. URL : <https://www.engadget.com/2016/06/27/scientists-look-into-making-buildings-with-bone/> (accessed on 01.09.2017).

613. Social and economic potential of sustainable development : the textbook / edited by L. Melnyk, L. Hens. Sumy : University book, 2008. 350 p.

614. Solar Impulse. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse (accessed on 20.03.2017).

615. Solar Impulse. Around the world to promote clean technologies adventure / SolarImpuls Foundation. URL : <http://www.solarimpulse.com/> (accessed on 01.03.2016).

616. Solar Power // Clean Technica. URL : <http://cleantechnica.com/solar-power/> (accessed on 01.03.2016).

617. Solar-Powered aircraft developments Solar One. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Solar-Powered_Aircraft_Developments_Solar_One__ (accessed on 15.03.2017).

618. SpaceLiner. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/SpaceLiner> (accessed on 20.03.2017).

619. Srivani V. Imperial College and 10:10 partner on project for solar panels on trains // Railway Technology. 10.01.2017. URL : <http://www.railway-technology.com/news/newsimperial-college-and-1010-partner-on-project-to-supply-solar-panels-to-power-trains-5714072> (accessed on 16.01.2017).

620. Tata OneCAT : автомобиль на сжатом воздухе из Индии // Econet. URL : <http://econet.ru/articles/90486-tata-onecat-avtomobil-na-szhatom-vozduhe-iz-indii> (дата обращения : 15.04.2017).

621. Temperton J. To the stratosphere and beyond! SolarStratos wants to fly a plane to the edge of space // WIRED. 24.11.2016. URL : <http://www.wired.co.uk/article/solar-flight-pt-ii-space> (accessed on 15.05.2017).

622. Terrafugia Transition. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Terrafugia_Transition (accessed on 10.05.2017).

623. The 7 categories of Additive Manufacturing // Loughborough University / Additive Manufacturing Research Group / About additive Manufacturing. URL : <http://www.lboro.ac.uk/> (accessed on 01.12.2016).

624. The ideas of Mokishi Okada (1882–1955) // Mokishi Okada Association. URL : <http://www.moa-fresno.org/about-moa/introduction/2-the-ideas-of-mokichi-okada-1882-1955.html> (accessed on 30.11.2017).

625. The international register of potentially toxic chemicals // Environmental Science and Pollution Research. June 1996, Vol. 3, Ussue 2, pp.104–107. URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02985501> (accessed on 20.10.2017).

626. Toyota Mirai. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Toyota_Mirai (accessed on 20.03.2017).

627. Türanor Planet Solar. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor_PlanetSolar (accessed on 20.03.2017).

628. United Nations Environment Programme, UNEP (1972). Stockholm 1972 Declaration of the United Nations Conference on the Human multilingual URL : <http://Default.aps?DocumentID=97&ArticleID=1503>. Last consulted on January 10th, 2007 (accessed on 01.10.2016).

629. Virgin Galactic. Успешно испытала новейший SpaceShipTwo // РИА новости. 03.12.2016. URL : <https://ria.ru/science/20161203/1482775662.html> (дата обращения : 10.05.2017).

630. Virgin Galactic. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Virgin_Galactic (accessed on 1.10.2017).

631. Volkswagen Budd-e : дебют электрического микроавтобуса на CES // ЭкоТехника. 06.01.2016. URL : <http://ecotechnica.com.ua/transport/613-volkswagen-budd-e-debyut-elektricheskogo-mikroavtobusa-na-ces-2016-foto-video.html> (дата обращения : 15.03.2017).

632. Volocopter. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Volocopter#VC_200 (accessed on 20.03.2017).

633. VSS Unity first feather flight // Virgin. URL : <https://www.virgin.com/richard-branson/vss-unity-first-feather-flight> (accessed on 15.05.2017).

634. Weaver J. F. Solar power cost down 25% in five months – «There’s no reason why the cost of solar will ever increase again» // Electrek. 26.09.2016. URL : <https://electrek.co/2016/09/26/solar-power-cost-down-25-in-five-months-theres-no-reason-why-the-cost-of-solar-will-ever-increase-again/> (accessed on 01.10.2016).

635. Weltweites Bio-Wachstum // Landwirtschaftlicher Informationsdienst LTD. 12.02.2016. URL : <https://www.lid.ch/agronews/detail/news/weltweites-bio-wachstum/> (accessed on 30.11.2017).

636. Wepods to continue driving in Gelderland for three years // Wepods. URL : <http://wepods.com/wepods-to-continue-driving-gelderland-for-three-years/> (accessed on 15.05.2017).
637. What is Additive Manufacturing? // Additive Manufacturing / AM Basics / URL : <http://additivemanufacturing.com/basics/> (accessed on 01.12.2016).
638. What is Ecopolis? // VR ENERGIE GmbH. URL : <http://www.vrenergie.com/index.php/what-is-ecopolis.html> (accessed on 01.09.2017).
639. White Knight Two. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/White_Knight_Two (accessed on 05.05.2017).
640. White paper 2011 // European Commission. Mobility and Transport / European strategies. URL : https://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2011_white_paper_en (accessed on 01.09.2017).
641. Williams M. Farm tractors. London : Amber Books, 2002. P. 170.
642. Wood J. Pipistrel unveils Panthera // General Aviation News 18.04.2012. URL : <https://generalaviationnews.com/2012/04/18/pipistrel-unveils-panthera/> (accessed on 01.11.2017).
643. World leaders adopt Sustainable Development Goals // United Nations Development Programme. 25.09.2015. URL : <http://www.undp.org/content/undp/en/home/news-centre/news/2015/09/24/undp-welcomes-adoption-of-sustainable-development-goals-by-world-leaders.html> (accessed on 1.10.2016).
644. Yuneec International E430. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Yuneec_International_E430 (accessed on 15.03.2017).
645. ZEHST. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/ZEHST> (accessed on 1.10.2017).
646. Zero-energy building. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building (accessed on 01.09.2017).
647. 129 Laureates Supporting precision agriculture (GMOs) // Support Precision Agriculture. URL : http://supportprecisionagriculture.org/view-signatures_rjr.html (accessed on 25.11.2017).
648. 3D printing. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing (accessed on 10.03.2017).
649. 9 quotes that sum up the Fourth Industrial Revolution // World Economic Forum. 09.01.2016. URL : <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/9-quotes-that-sum-up-the-fourth-industrial-revolution> (accessed on 1.10.2016).

CONTENTS

AUTHOR'S FOREWORD (Russian)	8
AUTHOR'S FOREWORD (English)	11
FOREWORD from the Jean Monnet Project Officer (Russian)	13
FOREWORD from the Jean Monnet Project Officer (English)	14
INTRODUCTION	15

Chapter 1 GREEN ECONOMY AS A BASIS FOR TRANSITION TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT **21** |

1.1 Milestones of transition to sustainable development and green economy ..	21
1.2 Ecological and social issues for transition to sustainable development.....	24
1.3 Contents and characteristics of green (sustainable) economy.....	33
1.4 The human in green economy	36
1.5 Components of green economy development	45
Questions to the chapter 1	48

Chapter 2 FUNDAMENTALS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREEN ECONOMY FORMATION..... **50** |

2.1 Basic concepts	50
2.2 Scientific basis for sustainable development ensuring.....	56
2.3 Principles for ensuring sustainable development and green economy formation	59
2.4 Mechanism for reproduction of green economy components.....	70
2.5 Problems and methods for managing sustainable development.....	76
2.6 Motivation instruments for green economy	78
Questions to the chapter 2	83

Chapter 3 INDUSTRIES 3.0 AND 4.0 AS A TRANSFORMATION BASIS FOR GREEN ECONOMY FORMATION **85** |

3.1 Objective prerequisites for the emergence of the Third and Fourth Industrial Revolutions	85
3.2 Main tasks of the Third Industrial Revolution	86
3.3 Prerequisites for the Third Industrial Revolution implementation	93
3.4 Resource and technological challenges	95
3.5 Economic challenges	98
3.6 Organizational and structural challenges	100
3.7 Contours of the Fourth industrial revolution	106
Questions to the chapter 3	112

Chapter 4 FORMATION OF SUSTAINABLE TECHNOLOGICAL BASIS AND NEW MATERIALS **114** |

4.1 Additive technologies as the basis for sustainable production.....	114
4.2 Self-reproducing manufacturing systems.....	121
4.3 Revolution in materials science.....	124
4.4 Convergence and miniaturization in production and consumption.....	135

4.5	Dematerialization through the reduction of material consumption.....	137
4.6	Innovative vector for technologies	139
	Questions to the chapter 4	141
Chapter 5 GREEN ENERGY AS THE BASIC COMPONENT OF GREEN ECONOMY		143
5.1	Energy sustainability as a key prerequisite for green economy	143
5.2	The origins of green energy development.....	147
5.3	Practical steps of green energy production.....	151
5.4	Alternative energy development in Ukraine	160
5.5	Innovative vector for green economy development	166
5.6	Efficient energy storage.....	174
5.7	Formation of green energy infrastructure and networks	177
	Questions to the chapter 5	180
Chapter 6 SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TRANSPORT		182
6.1.	Basics of green transport transformations	182
6.2.	Electrification of road transport	185
6.3.	Electrification of agricultural machinery	197
6.4.	Electrification of aviation.....	199
6.5.	Electrification of water transport.....	210
6.6.	Hydrogenation of transport	215
6.7.	Other alternative sources of driving force in transport	226
	Questions to the chapter 6	230
Chapter 7 NEW TYPES OF TRANSPORT.....		232
7.1.	Land high-speed vehicles	232
7.2.	Hybrids of land and air vehicles.....	243
7.3.	New types of individual vehicles	248
7.4.	Suborbital aviation.....	253
7.5.	Hypersonic aviation of new generation.....	259
7.6.	Horizons of autonomous transport	261
7.7.	Strategic issues of transport development	276
	Questions to the chapter 7	284
Chapter 8 FORMATION OF SUSTAINABLE SETTLEMENTS		286
8.1	Objectives for forming sustainable settlements	286
8.2	Methodological approaches to the formation of sustainable settlements..	288
8.3	Environmental component in the formation of sustainable settlements ...	289
8.4	Sustainable settlement as the basis for personality development.....	293
8.5	The experience of the sustainable settlement formation of a century old age (case study of Krestovozdvizhensky Labour Brotherhood, founded by N.N. Nepluyev)	305
8.6	Green economy as the basis for sustainable settlements development	308
	Questions to the chapter 8	311

Chapter 9 SUSTAINABLE CONSTRUCTION	313
9.1 Basics of sustainable construction.....	313
9.2 Evaluation of sustainable construction.....	316
9.3 Formation of green roofs and facades	318
9.4 Reality of sustainable construction.....	322
9.5 Sustainable construction of economy class	328
9.6 Perspectives for sustainable construction in Ukraine.....	333
9.7 Formation of sustainable urban complexes	340
Questions to the chapter 9	346
Chapter 10 SUSTAINABLE AGROCULTURAL PRODUCTION	347
10.1 The concept of sustainable agricultural production	347
10.2 Preconditions for sustainable agricultural production.....	348
10.3 Basics of sustainable agricultural production.....	351
10.4 The industrialized direction of sustainable agricultural production.....	356
10.5 Organic agricultural production	360
10.6 Ecological certification and labeling in organic farming	365
Questions to the chapter 10	374
PRACTICAL ASSIGNMENTS.....	376
Once met brown and green economies	376
Wind generator	382
Solar Panel.....	383
Accumulator	386
Not in the size of greatness	389
3D-printer	393
How things created own Internet.	394
The wise mirror	398
Phase transition.	400
Fifth Dimension	403
CONCLUSION	408
SUBJECT INDEX.....	411
REFERENCES.....	413

The textbook explains the concepts of "sustainable development" and "sustainable economics" and compares the key differences between "brown" (traditional) and "green" (sustainable) economics. The role of Third and Fourth industrial revolutions in creating conditions for sustainable development is analysed. The directions and means of forming and enhancing sustainability in key sectors of economy (energy, transportation, building and agriculture) are discussed. The EU experience in stimulation sustainability as well as conditions for development of sustainable economics are discussed.

Раскрывается содержательная основа понятий «сестейновое развитие» и «сестейновая экономика». Показывается роль Третьей и Четвертой промышленных революций в формировании предпосылок сестейнового развития. Рассматриваются направления и базовый инструментарий формирования сестейновой экономики в ключевых секторах хозяйства (энергетика, транспорт, строительство, агропроизводство). Проводится сравнительный анализ особенностей «бурой» (традиционной) и «зелёной» (сестейновой) экономик. Анализируется опыт ЕС и предпосылки развития сестейновой экономики в Украине.

Для преподавателей и студентов вузов. Представляет интерес для научных работников, специалистов предприятий и органов администрации.

Навчальне видання

Мельник Леонід Григорович,

**«Зелена» економіка:
(Досвід ЄС та практика України
в світлі III та IV промислових революцій)**

Підручник

Друкується в авторській редакції

Директор видавництва Р.В. Кочубей
Головний редактор В.І. Кочубей
Набір Т. В. Горобченко та Ю. М. Завдов'євої
Художнє оформлення Ю. М. Завдов'євої
Комп'ютерне верстання та технічне редагування Ю. М. Завдов'євої

Підписано до друку 19.03.2018.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 26,9 Обл.-вид. арк. 26,1
Тираж 300 пр. Замовлення № Д18-12/03
Відділ реалізації
Тел./факс: (0542)65-75-85. Тел.: (067) 542-08-01
E-mail: info@book.sumy.ua

ТОВ «ВТД «Університетська книга»
40009, м. Суми, вул. Д. Галицького, 27
E-mail: publish@book.sumy.ua
www.book.sumy.ua, newlearning.com.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 489 від 18.06.2001

Віддруковано на обладнанні «ВТД «Університетська книга»
вул. Данила Галицького, 27, м. Суми, 40009, Україна