
Л.Г. Мельник

**Рождение
сестейновой
ЭКОНОМИКИ:**

**Опыт ЕС и практика Украины в свете
III и IV промышленных революций**

**Серия: «Методы решения экологических проблем»,
выпуск 5**

Монография



Сумы
«Университетская книга»
2018

by Leonid Melnyk

Birth of the Sustainable Economy:

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

**Series: «Methods of solving environmental problems»,
Issue 5**

Monograph



Sumy
University Book
2018

УДК 330.342.24
ББК 65.013я73
М 48

Рекомендовано к печати Ученым советом Сумского государственного университета. Протокол №9 от 9 марта 2017 года.

Рецензенты:

И. К. Быстряков, доктор экономических наук, профессор, заведующий отделом комплексной оценки и управления природными ресурсами Института экономики природопользования и устойчивого развития НАН Украины, г. Киев.

Т. И. Лепейко, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента и бизнеса Харьковского национального экономического университета им. С. Кузнеца, г. Харьков.

В. Н. Тарасевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории Национальной металлургической академии, г. Днепр.

Подготовлено в рамках гранта ЕС Жана Монне Using best EU practices for sustainable economy forming in Ukraine (UBEUP) 553185-EPP-1-2014-1-UA-EPPJMO-MODULE

Мельник, Л. Г.

М 48 Рождение сестейновой экономики: опыт ЕС и практика Украины в свете III и IV промышленных революций: монография. Сумы: Университетская книга, 2018. 432 с.

ISBN 978-966-680-842-7

Анализируется содержательная основа понятий «сестейновое развитие» и «сестейновая экономика». Исследуется роль Третьей и Четвертой промышленных революций в формировании предпосылок сестейнового развития. Изучаются 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 научных работников, специалистов предприятий и органов администрации, преподавателей и студентов вузов.

УДК 330.342.24
ББК 65.013я73

© Мельник Л. Г., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ от автора	8
FOREWORD from the author	11
ПРЕДИСЛОВИЕ от проектного менеджера программы Жана Монне	13
FOREWORD from the Jean Monnet Project Officer	14
ВВЕДЕНИЕ.....	15
Глава 1 СОДЕРЖАНИЕ И ФУНКЦИИ СЕСТЕЙНОВОЙ («ЗЕЛЁНОЙ») ЭКОНОМИКИ.....	21
1.1. Сестейновая экономика как основа перехода к сестейновому развитию.....	21
1.2. Экологическая и социальная обусловленность перехода к сестейновому развитию	24
1.3. Содержание и особенности сестейновой («зелёной») экономики	34
1.4. Воспроизводство системной сущности человека и функции сестейновой экономики	37
1.5. Ключевые направления развития сестейновой экономики	46
Глава 2 ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕСТЕЙНОВОЙ ЭКОНОМИКИ.....	51
2.1. Базовые понятия	51
2.2. Научные основы управления сестейновым развитием	57
2.3. Принципы обеспечения сестейнового развития и формирования сестейновой экономики.....	61
2.4. Механизм воспроизводства компонентов сестейновой экономики	72
2.5. Проблемы и методы управления сестейновым развитием	79
2.6. Мотивационные инструменты сестейнизации экономики	81
Глава 3 ИНДУСТРИИ 3.0 И 4.0 КАК ТРАНСФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ СЕСТЕЙНОВОЙ ЭКОНОМИКИ.....	87
3.1. Объективный характер возникновения Третьей и Четвертой промышленных революций	87
3.2. Основные задачи Третьей промышленной революции	88
3.3. Предпосылки реализации Третьей промышленной революции ...	96
3.4. Ресурсно-технологические вызовы.....	98
3.5. Экономические вызовы	100
3.6. Организационные и структурные вызовы.....	103
3.7. Контурсы Четвёртой промышленной революции.....	109

Глава 4 ФОРМИРОВАНИЕ СЕСТЕЙНОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ И НОВОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.....	117
4.1. Аддитивные технологии как основа сестейнового производства.....	117
4.2. Самовоспроизводящиеся производственные системы	123
4.3. Революция в материаловедении	127
4.4. Конвергенция и миниатюризация в производстве и потреблении	138
4.5. Дематериализация через снижение материалоёмкости	140
4.6. Инновационный вектор технологий	142
Глава 5 «ЗЕЛЁНАЯ» ЭНЕРГЕТИКА КАК ВЕДУЩЕЕ ЗВЕНО СЕСТЕЙНОВОЙ ЭКОНОМИКИ.....	145
5.1. Сестейнизация энергетики как ключевая предпосылка сестейнизации экономики	145
5.2. Истоки развития «зелёной» энергетики.....	149
5.3. Практические шаги по развитию альтернативной энергетики ...	153
5.4. Развитие альтернативной энергетики в Украине.....	163
5.5. Инновационный вектор развития «зелёной» энергетики	169
5.6. Эффективное аккумулирование энергии.....	177
5.7. Формирование инфраструктуры и сетей «зелёной» энергетики.....	180
Глава 6 СЕСТЕЙНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	185
6.1. Базовые основы «зелёных» трансформаций транспорта	185
6.2. Электрификация автодорожного транспорта.....	188
6.3. Электрификация агротехники.....	199
6.4. Электрификация авиации	202
6.5. Электрификация водного транспорта	213
6.6. Водородизация транспорта	218
6.7. Другие альтернативные источники энергии на транспорте	230
Глава 7 НОВЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА.....	235
7.1. Наземный скоростной транспорт	235
7.2. Гибриды наземного и воздушного транспорта	246
7.3. Новые виды индивидуального транспорта.....	252
7.4. Суборбитальная авиация	256
7.5. Гиперзвуковая авиация нового поколения	262
7.6. Горизонты беспилотного транспорта	264
7.7. Стратегические вопросы развития транспорта.....	280
Глава 8 ФОРМИРОВАНИЕ СЕСТЕЙНОВЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ...	289
8.1. Задачи формирования сестейновых поселений	289
8.2. Методологические подходы к формированию сестейновых поселений	291

8.3. Экологическая составляющая при формировании сестейновых поселений	292
8.4. Сестейновое поселение как основа личностного развития человека.....	297
8.5. Опыт формирования сестейнового поселения вековой давности (на примере Крестовоздвиженского трудового Братства, основанного Н.Н. Неплюевым)	307
8.6. Сестейновая экономика как основа развития сестейновых поселений	310
Г л а в а 9 СЕСТЕЙНОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО.....	314
9.1. Основы сестейнового строительства	314
9.2. Оценка сестейнового строительства	317
9.3. Формирование зелёных крыш и фасадов	319
9.4. Реалии сестейнового строительства.....	323
9.5. Сестейновое строительство экономкласса	329
9.6. Перспективы сестейнового строительства в Украине	333
9.7. Формирование сестейновых градостроительных комплексов....	341
Г л а в а 10 СЕСТЕЙНОВОЕ АГРОПРОИЗВОДСТВО	348
10.1. Понятие о сестейновом агропроизводстве	348
10.2. Предпосылки сестейнизации агропроизводства.....	349
10.3. Основы сестейнового агропроизводства	352
10.4. Индустриализированное направление сестейнизации агропроизводства	358
10.5. Органическое агропроизводство	362
10.6. Экологическая сертификация и маркировка в сфере органического земледелия	368
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	378
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	382
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	384
CONTENTS.....	429

ПРЕДИСЛОВИЕ от автора

Настоящее учебное пособие подготовлено в рамках гранта Еврокомиссии. Он носит имя Жана Монне (Jean Omer Marie Gabriel Monnet), французского государственного деятеля, который считается одним из основателей Европейского Союза.

Возможно, наиболее весомой заслугой Жана Монне является то, что он одним из первых заложил в политику европейских стран вектор их сближения и интеграции. Стоит лишний раз говорить о той обстановке недоверия, в которой жили после Второй мировой войны европейские страны. Всего лишь за тридцатилетний период они вынуждены были пережить две кровопролитные разрушительные войны, которые к тому же испепеляли соседние страны ненавистью друг к другу. В подобных условиях трудно было даже представить разговоры о каких-либо интеграционных программах между недавними врагами. Одним из первых это не побоялся сделать именно Жан Монне.

В 1946–1950 годах Монне являлся руководителем французской генеральной комиссии по планированию и разрабатывал программы модернизации французской экономики. В конце 1940-х годов между Францией и Германией возникли чрезвычайно напряженные отношения. Общественность Германии, которая в очередной раз лишилась индустриальных районов (Эльзас, Лотарингия, Саар), не могла смириться с их потерей. В стране снова стали подогреваться реваншистские настроения. Общественность Франции, к которой отошли спорные территории, считала, что их страна должна обладать ими на правах победителя.

Жан Монне предложил неожиданное решение: отложить политическое решение вопроса о принадлежности территорий, а начать совместное использование их природных ресурсов на равных. Его идея заключалась в том, чтобы привлечь в западноевропейскую горнодобывающую промышленность бывшего врага – Германию. Выход, предложенный Монне, состоял в создании международной организации, которая поставила бы под свой контроль всё европейское производство угля и стали. Тем самым, с одной стороны, обеспечивался общий рынок этих товаров, что способствовало бы хозяйственному возрождению Европы, а с другой – ни одно государство не смогло бы тайно использовать эти ресурсы для военных целей.

После получения согласия от канцлера ФРГ Конрада Адэнауэра министр иностранных дел Франции Робер Шуман озвучил идею Монне, ставшую известной позже как «план Шумана», в правительственном заявлении от 9 мая 1950 года. Монне стал первым председателем созданного при участии нескольких стран «Европейского объединения угля и стали» (ЕОУС, англ. – ECSC). Объединение начало свою работу в Люксембурге

10 августа 1952 года и стало своеобразным предшественником Европейской комиссии.

В 1955 Монне основал Действительный комитет Объединенных государств Европы. Этот комитет, поддержанный рядом политических партий и профсоюзами, стал движущей силой формирования будущего Союза европейских государств, включая создание Общего рынка, общеевропейской денежно-кредитной системы и Совета Европы. Было положено также начало выборам в Европейский Парламент на основе всеобщего избирательного права.

Успехи интеграционных процессов в Европе, тем не менее, заставляют задуматься о судьбе воспроизводственного механизма развития этих процессов в будущем. Общество способно конструировать программы своего развития лишь на основе тех стандартов, которые заложены в его памяти, т.е. в системе накопления, закрепления и воспроизведения информации. Соответственно, любые трансформации в обществе должны начинаться с корректировки алгоритмов социальной памяти.

Наиболее активными носителями социальной памяти являются сами люди. Вступив во взрослую жизнь, они реализуют те представления о жизненных идеалах, которые усвоили в детстве и юности. Именно поэтому так важно, чтобы молодежь своевременно сформировала багаж мировоззрения знаний и навыков, адекватный существующим вызовам времени.

В современных условиях перед человечеством встала одна из насущнейших проблем поиска новых подходов к решению коллективной задачи использования единого природно-ресурсного потенциала Земли. На протяжении предыдущего исторического периода эта задача решалась главным образом путем естественного отбора в пользу наиболее сильных в данных исторических условиях сообществ, этносов, стран.

Эволюционная триада: изменчивость, наследственность, отбор – является универсальным принципом, действующим на всех уровнях мироздания. Функционирует он и сегодня. В будущее природой отбираются только наиболее эффективные формы систем (в том числе и общественных), т.е. те, которые позволяют добиться минимального производства энтропии в данное время и в данном пространстве.

Рост населения планеты и убыстряющиеся темпы экономических процессов неуклонно ведут к своеобразному «сжатию» пространства и времени человеческого бытия. В этих условиях начинают изменяться формы экономических отношений и характер процессов, в которых происходит отбор общественных структур. Технический прогресс и новые формы коммуникаций формируют новые возможности существования и развития социально-экономических систем. Сегодня мы являемся свидетелями возникновения новой реальности. Синергетические эффекты от совместной экономической и социальной деятельности различных сообществ

оказываются значительно выше издержек конкурентной борьбы и потенциальных выгод, получаемых в случае возможных выигрышей в конфликтах.

Именно эту истину (своеобразный закон) открыл (возможно, сам того не подозревая) выдающийся деятель современности Жан Монне более полувека назад. Последующее развитие событий на европейском пространстве доказало и продолжает доказывать его правоту.

Тема настоящего грантового проекта затрагивает одну из наиболее острых проблем человечества, а именно: формирование предпосылок сестейнового развития. Чрезвычайно важно, чтобы к решению этой проблемы подключались те, кто сегодня занимают места в студенческих аудиториях. Именно им предстоит в скором будущем находить ответы на вопрос, в каком будущем им предстоит жить завтра. Интеграция и солидарность в сочетании с конкуренцией являются именно тем инструментарием, который может эффективно решать наиболее злободневные экономические, социальные и экологические проблемы социально-экономического развития.

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.

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 this grant 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.

ПРЕДИСЛОВИЕ

от проектного менеджера программы Жана Монне

Совсем не случайно, что в 1989 году в контексте стремительного развития процесса европейского строительства, с появлением Закона о единой Европе и единого рынка Европейская комиссия положила начало программе Жана Монне «Европейская интеграция в университетском образовании», инициированной европейскими университетами. Она работает уже много лет и стала составляющей программы Erasmus + 2014-2020. В рамках этой программы получили финансирование тысячи исследовательских и образовательных проектов, реализуемых всемирной сетью университетов и других учреждений, занимающихся исследованиями проблем европейской интеграции.

Книга «Рождение сестейновой экономики: опыт ЕС и практика Украины» публикуется в рамках модуля Жана Монне, реализованного в Сумском государственном университете в Украине в 2014-2017 годах.

В предисловии к монографии профессор Леонид Мельник обращает внимание на значительный вклад Жана Монне в процесс европейской интеграции. В книге представлено экономическое и социальное развитие объединенной Европы, инициированное более 70 лет назад одним из отцов-основателей ЕС. Монография будет полезна молодому поколению студентов ЕС и ближнего зарубежья в решении экономических социальных и экологических проблем мирового масштаба.

Следует добавить, что этот проект демонстрирует очень высокий интерес к исследованиям проблем европейской интеграции в Украине, которые сопровождает и поддерживает Исполнительное агентство, ответственное за программы Жана Монне в рамках программы Erasmus +.

Иоанна Пеш-Конопка,
Проектный менеджер программы Жана Монне



Европейская комиссия
Исполнительное агентство по образованию, аудиовизуальным средствам и культуре (EACEA)
Менеджмент программ и мероприятий от имени Европейской комиссии
Erasmus +: Высшее образование – Образовательные альянсы, поддержка Болонского процесса, программа Жана Монне

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 “Birth of the sustainable 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

ВВЕДЕНИЕ

Люди обречены жить в изменяющемся мире. Движение и изменения – неотъемлемые атрибуты существования природы. Человеческое общество постоянно вынуждено переживать свои собственные перемены. Одни из них протекают плавно, незаметно, исподволь трансформируя облик социальных структур и производственных систем в рамках существующих формаций. Другие, которые принято называть революциями, реализуются через качественные скачки, выводя общественную систему на новый уровень общественного прогресса. Именно так происходили изменения в период Первой и Второй промышленных революций. Первая – подарила человечеству машину и положила начало раскрепощению человека от физического труда. Вторая – сформировала системные основы реализации индустриального производства, гармонично увязывая направляющее интеллектуальное начало человека с силовыми функциями машины.

Сегодня человечество – на пороге ещё одного революционного скачка, который можно без преувеличения назвать беспрецедентным в его истории. Речь идёт о стартовавших практически одновременно Третьей и Четвёртой (Industry 4.0) промышленных революциях. Первая из них призвана перевести человечество на возобновимые источники энергии и аддитивные технологии на основе 3D-принтеров. Всё вместе должно обеспечить сокращение энергоёмкости и ресурсоёмкости социально-экономических систем в разы, а то и в десятки раз. Этим будет заложен фундамент для решения насущных как экологических, так и экономических проблем. У Industry 4.0 – другая задача. Она позволяет переложить реализацию производственных функций на «плечи» киберфизических систем, высвобождая самого человека для целей его социального (личностного) развития.

Упомянутые революции представляют собой крупнейшее трансформационное явление в истории человеческой цивилизации. Сегодня общество находится на пороге очередного фазового перехода, соизмеримого по своему значению с теми качественными скачками, которые ему приходилось переживать в эпохи Неолитической и Первой промышленной революций. В научных публикациях пока просматриваются лишь фрагментарные контуры указанного явления.

Можно говорить об условной детерминированности начала и окончания любой из революций. Это значит, что, во-первых, действует определенная причина, обуславливающая её возникновение, т.е. комплекс системных противоречий, которые не могут быть разрешены в условиях прежнего состояния систем. Во-вторых, существует некая объективная совокупность параметров системы, на которые для разрешения упомянутых противоречий её должна вывести революция по аттрактору развития, т.е. условной траектории трансформации системы.

Фундаментальной причиной всех социально-экономических революций, случившихся в истории Земли, было несоответствие ограниченной ёмкости природно-ресурсного потенциала базовых экосистем тем повышенным потребностям в природных благах, которые стремились реализовать социально-экономические системы.

Сегодня масштабы развития цивилизации достигли всепланетных масштабов, поэтому современным социально-экономическим революциям и решать приходится проблемы глобального экологического кризиса. Третья промышленная революция (Т.п.р.) призвана разрешить противоречие между ограниченной ёмкостью природно-ресурсного потенциала планеты и необузданными энергетическими и материальными потребностями человечества. Это предполагает как бы два взаимосвязанных и взаимозависимых измерения: *энергетическое* и *материально-вещественное*.

Ключевую проблему, лежащую в основе энергетического измерения, в несколько упрощённом виде можно сформулировать следующим образом. Количество производимой человеком энергии на Земле ограничено объективными пределами тепловой ёмкости планеты. Превышение этих пределов угрожает разрушением энергетической системы Земли. Подобные процессы, в частности, обуславливают явление, которое выражается таким ёмким понятием, как *изменение климата* планеты.

С учётом указанного ограничения удовлетворение энергетических потребностей растущего населения Земли может обеспечиваться только двумя путями. Первый – связан с получением энергии без увеличения её общего количества, образующегося на поверхности планеты, т.е. за счёт не производства дополнительного количества энергии, а перераспределения того, которое поступает на Землю из космоса, в частности, от Солнца. Это обуславливает переход на *возобновимые источники энергии*. Второй путь основан на значительном снижении энергоёмкости процессов жизнеобеспечения человека. Это предполагает существенное *повышение энергетической эффективности* процессов жизнедеятельности человека. В общей сложности существует объективная необходимость суммарно снизить энергоёмкость процессов жизнедеятельности человека не на проценты, а в разы (!). Как убедимся дальше, обе задачи успешно решаются в ходе Т.п.р. Разработка и совершенствование соответствующих методов решения этих задач и формируют в совокупности два важнейших вида её инноваций.

Материально-ресурсная проблема является не менее сложной. На сегодня производственный комплекс использует только незначительную часть добываемых природных ресурсов. Львиная доля извлекаемых из недр земли материальных компонентов (по некоторым оценкам, от 90% до 95%) возвращается в природу, однако уже в значительно более токсичном и неупорядоченном состоянии, обуславливая процессы разрушения и загрязнения природных систем. Выход – в переходе от субстративного к

аддитивному методу производства. Первый основан на отсечении всего лишнего в ходе производственного процесса (от англ. *subtract* – отнять), второй наоборот – на добавлении (от англ. *add* – добавить) лишь необходимого, что практически устраняет неизбежность отходов. Последнее обеспечивается широким внедрением 3D-принтеров. Это и есть ещё одна важнейшая инновация Т.п.р. Нетрудно оценить, что потребность в сырье и материалах при таком подходе снижается в разы, а с учётом эффектов мультипликации по стадиям производства – и на порядки. Ведь отпадает необходимость функционирования (с его экономическими и экологическими издержками) значительного количества перерабатывающих предприятий, а также мощностей, которые производят для них соответствующее оборудование.

Однако этим экологический эффект материально-ресурсных инноваций Т.п.р. не исчерпывается. Формируемый технологический инструментарий позволяет ограничить используемые в производстве материалы теми веществами, которые органически воспринимаются экосистемами планеты. В частности, «чернила» (так называются материалы, с которыми работают 3D-принтеры) всё больше формируются на основе кремния и целлюлозы, т.е. материалов, преобладающих в природе.

Сегодня уже отчетливо просматриваются контуры той экономики, формированием которой должна завершиться Т.п.р., и в рамках которой будут заложены основы киберфизических систем. На создание последних как раз устремлен ход Четвёртой промышленной революции (Ч.п.р.). Условно такая экономика может быть названа *сестейновой*, так как обеспечивает достижение целей сестейнового (*sustainable*) развития. Её также можно назвать «зелёной», так как она основана на использовании возобновимых («зелёных») природных ресурсов и «зелёных» (экологически ориентированных) технологий.

Схематично черты названной экономики можно сформулировать следующим образом:

- использование возобновимых ресурсов;
- замкнутые циклы использования ресурсов;
- материальные компоненты гармонично вписываются в экосистемы;
- стабильный объем индустриального метаболизма;
- дематериализация метаболизма (в разы!);
- эффективное аккумулирование энергии;
- режим постоянной самооптимизации (самонастройки) технических систем;
- режим постоянного самосовершенствования;
- непревышение экологических порогов;

- сохранение биоразнообразия и экосистем;
- приоритет воспроизводства личностной основы человека.

Трансформация любой системы происходит через количественное и качественное изменение трёх ключевых групп системообразующих факторов: *материально-энергетических* (определяют силовые функции воспроизводства системы); *информационных* (формируют информационную программу функционирования и изменения системы) и *синергетических* (обуславливают реализацию внутрисистемных и внешнесистемных связей, обеспечивая превращение комплекса отдельных элементов системы в единое целое). Задача революции – сформировать предпосылки для качественного изменения содержания и форм упомянутых групп факторов. Этот сложный процесс происходит в пространстве и времени. В нём активно участвует память системы, отбирая для своего будущего состояния решения, наиболее адекватные целям и задачам преобразования системы. В данном конкретном случае речь идёт об упомянутых выше целях и задачах формирования *сестейновой* («зелёной») экономики.

Работая над книгой, автор ставил перед собой задачу не только обозначить ключевые звенья и узлы того явления, которое в представлении людей связывается с характерными чертами сестейновой («зелёной») экономики. Ещё одной задачей было показать особенности эволюционного процесса формирования базовых компонентов экономической системы, включая характеристику истоков и возможных траекторий развития системы в будущем. Отсюда в книге появилась такая рубрика, как «Страницы истории» при описании процессов трансформации отдельных составляющих формируемой экономики (видов энергии, транспорта, технологий, материальных и информационных активов, связей).

Говоря о характере происходящих процессов, автор не может не отметить колоссальный динамизм происходящих изменений. Иной раз складывается впечатление, что нам сегодня приходится жить в эпицентре своеобразного социально-технологического взрыва, реализующего фазовый переход человечества на новый цивилизационный уровень развития глобальной социально-экономической системы. Цифры и факты, приводимые автором для иллюстрации процессов и явлений, происходящих в экономике, устаревают с «молниеносной» быстротой. Автор понимает, что на момент выхода книги значительная часть используемых данных фактажа неизбежно устареет, даже если перед сдачей книги в печать приводимый фактаж представлял собой сведения всего лишь недельной давности.

И хотя это, увы, снижает информационную ценность книги, такое состояние дел не может не радовать автора. Следовательно, человечество активно движется к тотальной сестейнизации (в том числе экологизации) своих базовых устоев и способа жизни. Отдельно автора радуют темпы изменений украинской экономики, которая успела «впрыгнуть в послед-

ний вагон поезда», отбывающего в «зелёное» и социально ориентированное будущее.

Автор очень надеется на соучастие читателей книги в формировании виртуальных контуров грядущей сестейновой экономики. Хочется верить, что на основе представленного в книге методологического аппарата читатели смогут дополнить её свежими фактами и обогатить собственными идеями.

Следует отметить, что исследования, положенные в основу данной монографии, возникли не на пустом месте. Им предшествовала работа, связанная с изучением проблем экологической экономики и сестейнового развития научной школы, которую представляет автор. Издание настоящей монографии является уже восемнадцатой публикацией, по данному направлению на кафедре экономики и бизнес-администрирования Сумского государственного университета в рамках международных проектов. Этому предшествовали публикации:

- учебника на русском и английском языках «Экономика природопользования» (Экономика, 1998; Environmental, 1998);
- учебного пособия на русском и английском языках «Окружающая среда и здоровье» (Окружающая, 1998; Environment, 1998);
- учебника на украинском языке «Основы экологии. Экологическая экономика и управление природопользованием» (Основы, 2005);
- цикла учебных материалов, посвящённых сестейновому развитию на украинском языке «Основы сестейнового развития» (Основы, 2005; Основы, 2006; Основы – практикум, 2006; Мельник, 2006);
- четырёх выпусков серийной монографии «Методы решения экологических проблем» (Методы, 2001; Методы, 2005; Методы, 2010; Методы, 2015);
- учебника на русском и английском языках «Социально-экономический потенциал устойчивого развития» (Социально-экономический, 2007; Social, 2008);
- практикума с тем же названием (Социально-экономический – Практикум, 2007);
- коллективной монографии на украинском языке «Методы оценки экологических потерь» (Методы, 2004) с её краткими версиями на русском (Экологические, 2003) и на английском (Environmental, 2004) языках;
- учебника на русском языке «Устойчивое развитие: теория, методология, практика» (Устойчивое, 2009);
- двух выпусков серийной монографии на русском языке, посвящённых исследованию проблемам информационного общества «Социально-экономические проблемы информационного общества» (Социально-экономические, 2005; Социально-экономические, 2010).

Автор выражает надежду, что данная монография поможет углубить представление о происходящих процессах перехода социально-экономической системы к *сестейновой* («зелёной») экономике, что позволит приблизить её становление.

Книга может представлять интерес для научных сотрудников, а также преподавателей и студентов высших учебных заведений. Она также может быть полезной специалистам производственных предприятий, правительственных структур и органов местной организации.

Слова признательности. Автор благодарен коллегам, которые приняли участие в подборе информации к книге и апробации подготовленных материалов. Особую признательность автор выражает Т. В. Горобченко и Ю. Н. Завдovieвой, которые проделали огромный объем работы по техническому редактированию книги и подготовке её к печати.

Глава 1

СОДЕРЖАНИЕ И ФУНКЦИИ СЕСТЕЙНОВОЙ («ЗЕЛЁНОЙ») ЭКОНОМИКИ

1.1. Сестейновая экономика как основа перехода к сестейновому развитию

В 1966 году американский экономист Коннет Боулдинг опубликовал статью «Экономика будущего космического корабля Земля» (Boulding, 1997). В общем виде ключевая идея автора сводится к следующему. Рост населения Земли, истощение природных ресурсов и ассимиляционного потенциала планеты обусловили исчерпание возможностей «открытой экономики», основанной на условно неограниченных ресурсах и неограниченном потенциале планеты перерабатывать отходы цивилизации. Подобную экономику учёный назвал «ковбойской» по ассоциации с бескрайними равнинами прерии и относительно беззаботным, потребительским образом жизни Ковбоя, который имеет неограниченные возможности выпаса коров на новой кормовой базе.

Экологические условия вынуждают переходить к новым принципам «замкнутой экономики» (её автор называет «экономикой космонавтов»). В ней, как и в космическом корабле, все источники ресурсов и все резервуары для отходов ограничены с точки зрения как притока, так и оттока. В силу этого человеку предстоит формировать свою деятельность на основе циклических систем воспроизводства необходимых средств жизнеобеспечения.

Основной оценкой успеха такой экономики будут не количественные показатели производства и потребления продукции, или, иначе говоря, не объёмы вещественно-энергетических потоков, переводимых из ресурсов в отходы (как это происходит сейчас). Используемая ныне системой показателей характеризует лишь пропускную способность производственных мощностей. Ведущим станет иной показатель – качество и сложность всеобщего капитала (total capital stock), включая физическое и мыслительное состояние человека (the state of the human bodies and minds) (рис. 1.1).

Четверть века спустя в 1992 г. в Рио-де-Жанейро на конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР-92) была принята концепция сестейнового развития, в которой фактически были отражены идеи К. Боулдинга о его рециркуляционной «экономике космонавтов».

Согласно определению, которое было принято в 1992 году на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР-92), *сестейновое*

развитие – это такое развитие, при котором удовлетворение потребностей настоящего времени происходит так, чтобы не ставить под угрозу возможность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности (Программа, 1993).

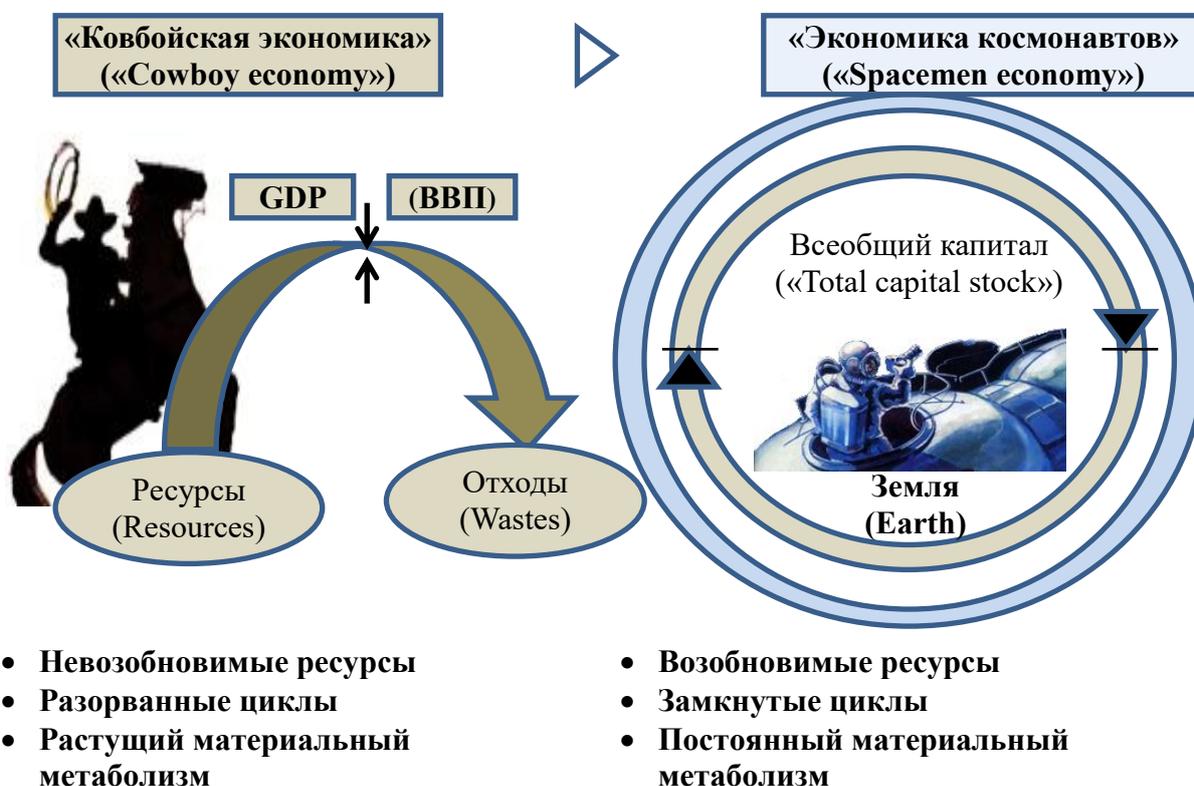


Рисунок 1.1 – От «ковбойской экономики» к «экономике космонавтов» (составлен автором)

Однако, чтобы обеспечить достижение поставленной цели, должна быть построена экономика совершенно нового типа. По форме она может быть названа *сестейной* (так как способствует достижению целей *сестейного* развития), а по содержанию она должна повторять контуры «экономики космонавтов» (в чём мы убедимся дальше). Сестейная экономика должна быть основана на использовании возобновимых ресурсов, построена на замкнутых циклах и близких к постоянным объемам индустриального метаболизма.

Страницы истории

- Впервые понятие «экоразвитие» (ecodevelopment) было сформулировано Морисом Стронгом (Maurice Strong) – Генеральным секретарем Первой Всемирной конференции по окружающей среде в Стокгольме в 1972 году. Под **экоразвитием** понималось экологически ориентированное социально-экономическое развитие, при котором рост благосостояния лю-

дей не сопровождается ухудшением среды обитания и деградацией природных систем (United, 1978).

- В 1983 г. по инициативе генерального секретаря ООН была создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР – World Commission on Environment and Development). Ее возглавила премьер-министр Норвегии Г.Х. Брундтланд (Gro Harlem Brundtland).

- В 1987 г. был опубликован отчет МКОСР под названием «Наше общее будущее» – Our Common Future (русский перевод 1989 г.). Этот документ резко обострил вопрос о необходимости поиска модели развития цивилизации (Our, 1987).

- Комиссия заявила, что экономика должна удовлетворять нужды людей, но ее рост должен вписываться в пределы экологических возможностей планеты. Прозвучал призыв к «новой эре экономического развития, безопасного для окружающей среды».

- Со времени опубликования и одобрения Генеральной Ассамблеей ООН доклада комиссии Брундтланд в международный обиход вошло понятие **сестейновое развитие** (*sustainable development*), обычно переводимое на русский язык как «устойчивое развитие». Под ним понимают такую модель социально-экономического развития, при которой *достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без того, чтобы будущие поколения были лишены такой возможности из-за истощения природных ресурсов и деградации окружающей среды*. Именно это понятие стало основой определения, представленного на Рио-конференции.

Следует отметить, что это понятие принципиально отличается от понятия «экоразвитие». Оно значительно сложнее и объемней. В частности, условно говоря, кроме экологического измерения, на котором основано понятие «экоразвитие», в нём представлено ещё несколько измерений, в том числе социальное, экономическое, этическое.

- В 2002 г. в Йоханнесбурге прошел второй всемирный саммит по вопросам сестейнового развития. На саммите были подведены некоторые итоги пути, который человечество прошло за десять лет со времени первого саммита. На конференции была предпринята попытка конвертировать теоретические цели сестейнового развития в практические действия по решению конкретных экономических, социальных и экологических проблем (Рио-де-Жанейро, 2002; Boon, 2004).

- В 2012 г. в Рио-де-Жанейро состоялся третий Всемирный саммит по вопросам сестейнового развития (СР). На саммите «Рио +20» уделялось внимание углублению практического решения проблем СР, в частности, широко обсуждались перспективы формирования «зелёной» экономики, в рамках которой бы достигались цели СР (Рио +20, 2012). В силу этого она может быть также названа *сестейновой экономикой*.

- В 2015 г. в Нью-Йорке главы 193 стран приняли новый документ «Цели сестейнового развития» (Sustainable Development Goals), известный ещё под названием «Глобальных целей». В документе сформулированы 17 важнейших стратегических целей сестейнового развития на период до

2030 г. (здесь формулировка целей дана в упрощённом виде): 1) преодоление нищеты; 2) ликвидация голода; 3) хорошее здоровье и благополучие; 4) качественное образование; 5) гендерное равенство; 6) чистая вода и санитария; 7) недорогостоящая и чистая энергия; 8) обеспечение сестейнового экономического роста и достойной работы; 9) создание жизнеоблагодатной инфраструктуры; 10) снижение неравенства в странах; 11) создание сестейновых поселений; 12) обеспечение моделей сестейнового потребления и производства; 13) реализация мер по изменению климата; 14) сохранение морских экосистем; 15) обеспечение сохранности экосистем суши; 16) обеспечение мира, правосудия и эффективных общественных институтов; 17) усиление партнерства в интересах сестейнового развития. Указанные цели призваны заменить ранее существовавшие «Цели устойчивого развития тысячелетия» (Millennian Development Goals) (World, 2015).

- В 2015 г. в Париже также состоялся саммит по климату. Его участники (представители 196 стран) утвердили новое рамочное соглашение ООН, определяющее нормы выбросов парниковых газов после 2020 года и меры по предотвращению изменения климата. На саммите была согласована базовая цель – не допустить глобального увеличения температуры больше чем на 2°C (Paris, 2015).

Формирование *сестейновой экономики*, основанной на принципиально новом типе технологии и экономических отношений, носит закономерный характер. С одной стороны, это обусловлено необходимостью перехода к сестейновому развитию, позволяющему преодолеть угрозу глобальной экологической катастрофы и обеспечить переход к приоритетам социального (личностного) развития человека. С другой стороны, достигнутый научный и технический уровень общества на современном этапе создаёт предпосылки к решению поставленных задач.

Формирование сестейновой экономики на данном этапе цивилизационного развития становится возможным благодаря тому, что Третья промышленная революция закладывает предпосылки для перехода на значительно более эффективные технологические решения производства и потребления продукции.

1.2. Экологическая и социальная обусловленность перехода к сестейновому развитию

Объективные предпосылки перехода к сестейновому развитию имеют как бы два взаимосвязанных измерения, которые условно могут быть названы *ресурсным* и *энергетическим*.

Ресурсное измерение. Ресурсная проблема обусловлена существенным превышением допустимой материальной нагрузки на экосистемы, поддерживающие, стабильность физических условий жизни на Земле.

На сегодня производственный комплекс использует только незначительную часть добываемых природных ресурсов. Львиная доля извлекаемых из недр земли материальных компонентов (по некоторым оценкам, от 90% до 95%) возвращается в природу, однако уже в значительно более токсичном и неупорядоченном состоянии, обуславливая процессы разрушения и загрязнения природных систем.

О том, насколько объективно обоснованный характер носит беспокойность мировой общественности проблемами глобального экологического кризиса и изменений климата, можно привести многочисленные примеры. Мы проиллюстрируем это на примере индикатора «экологического следа» (footprint) и показателями экологических порогов (по Н. Ф. Реймерсу).

Показатель «экологического следа» характеризует размер усреднённой площади нашей планеты (в глобальных гектарах) в расчете на одного жителя (или производство единицы продукции) для обеспечения необходимыми природными ресурсами и утилизации (поглощения, захоронения, очистки) образующихся отходов. По данным доклада некоммерческой организации Global Footprint Network и Всемирного фонда дикой природы (WWF) за 2014 год, уже на протяжении последних 40 лет потребление человечеством природных ресурсов превосходит способности Земли к их воспроизводству. По оценкам указанных организаций, для воспроизводства всех ресурсов, потребляемых человеком, ежегодно требуется почти *полторы* планеты Земля. Если быть точным, сегодня среднее значение «экологического следа» в расчёте на одного жителя планеты приближается к 2,6 глобальным гектарам при ёмкости биопотенциала планеты в 1,7 га на одного жителя (Global Footprint, 2016). Это значит, что превышение допустимого предела нагрузки на экосистемы планеты составляет более 50%. При такой гипертрофированной нагрузке экосистемы не только начинают хуже выполнять свои функции по воспроизводству природных ресурсов и очистке загрязнений, но и сами по себе начинают разрушаться под воздействием экодеструктивного пресса, что, в свою очередь, ведёт к дальнейшему замедлению их функциональной деятельности.

Очень тревожит тот факт, что темпы деградации экосистем планеты постоянно растут. В августе 2017 г. уже упомянутые организации WWF и Global Footprint Network опубликовали отчет, в котором констатировали, что 2 августа 2017 г. человечество превысило расходование ресурсов, которые планета способна воспроизвести за год. Иначе говоря, за 7 месяцев человечество использовало столько воды, воздуха, животных и растительных ресурсов, сколько оно должно было использовать (потратить) за 12 месяцев. Указанный показатель рассчитывается с 1986 г. Пересечение этой красной черты происходит с каждым годом все раньше. В частности, в 1993 году это произошло 21 октября, в 2003 году – 22 сентября, а в 2015 г. – 13 августа (Человечество, 2017).

Кстати, Украина занимает пятьдесят первое место среди 121 страны по показателю «экологического следа», имея его значение равное 3,19 га. Это меньше, чем в России (4,40 га), ЕС (4,72 га) и США (7,19 га) (Мировая, 2012).

Выход из подобного экологического тупика заключается в изменении технологической основы существующего производства и переходе от субтрактивных к аддитивным технологиям.

Первые основаны на отсечении всего лишнего в ходе производственного процесса (от англ. subtract – отнять), вторые наоборот – на добавлении (от англ. add – добавить) лишь необходимого, что практически устраняет неизбежность отходов. Реализация аддитивных технологий обеспечивается широким внедрением 3D-принтеров. Это и есть одна из важнейших инноваций Третьей промышленной революции (Т.п.р.). Нетрудно оценить, что потребность в сырье и материалах при таком подходе снижается в разы, а с учётом эффектов мультипликации по стадиям производства (где устраняется необходимость самого наличия значительного количества перерабатывающих предприятий), то и на порядки.

Однако этим экологический эффект материально-ресурсных инноваций Т.п.р. не исчерпывается. Формируемый технологический инструментарий позволяет ограничить используемые в производстве материалы теми веществами, которые органически воспринимаются экосистемами планеты. В частности, «чернила» (так называются материалы, с которыми работают 3D-принтеры) всё больше создаются на основе кремния и целлюлозы, т.е. материалов, преобладающих в природе.

Энергетическое измерение. Проблемы, относящиеся к энергетическому измерению, берут свои истоки в ресурсном измерении. Они являются закономерным следствием именно превышения допустимых пределов воздействия на природные системы.

В своё время советским учёным Н. Ф. Реймерсом были сформулированы экологические пороги нагрузки на природные системы (рис. 1.2).

По мнению Н. Ф. Реймерса, экологическая нагрузка на биосферу планеты ещё в конце 1980-х приближалась к опасным порогам саморазрушения энергетической системы планеты (порог выхода из стационарного состояния – 0,1–1,5% от нормы; порог деградации (деструкции) – десятые доли и проценты от нормы). С тех пор положение ещё больше усугубилось.

Таким образом, ключевую проблему, лежащую в основе энергетического измерения, в несколько упрощённом виде можно сформулировать следующим образом. Производство энергии на Земле достигло предела, за которым следует разрушение энергетической системы Земли. Следствием,

в частности, является то, что формулируется таким ёмким понятием, как *изменение климата* планеты.

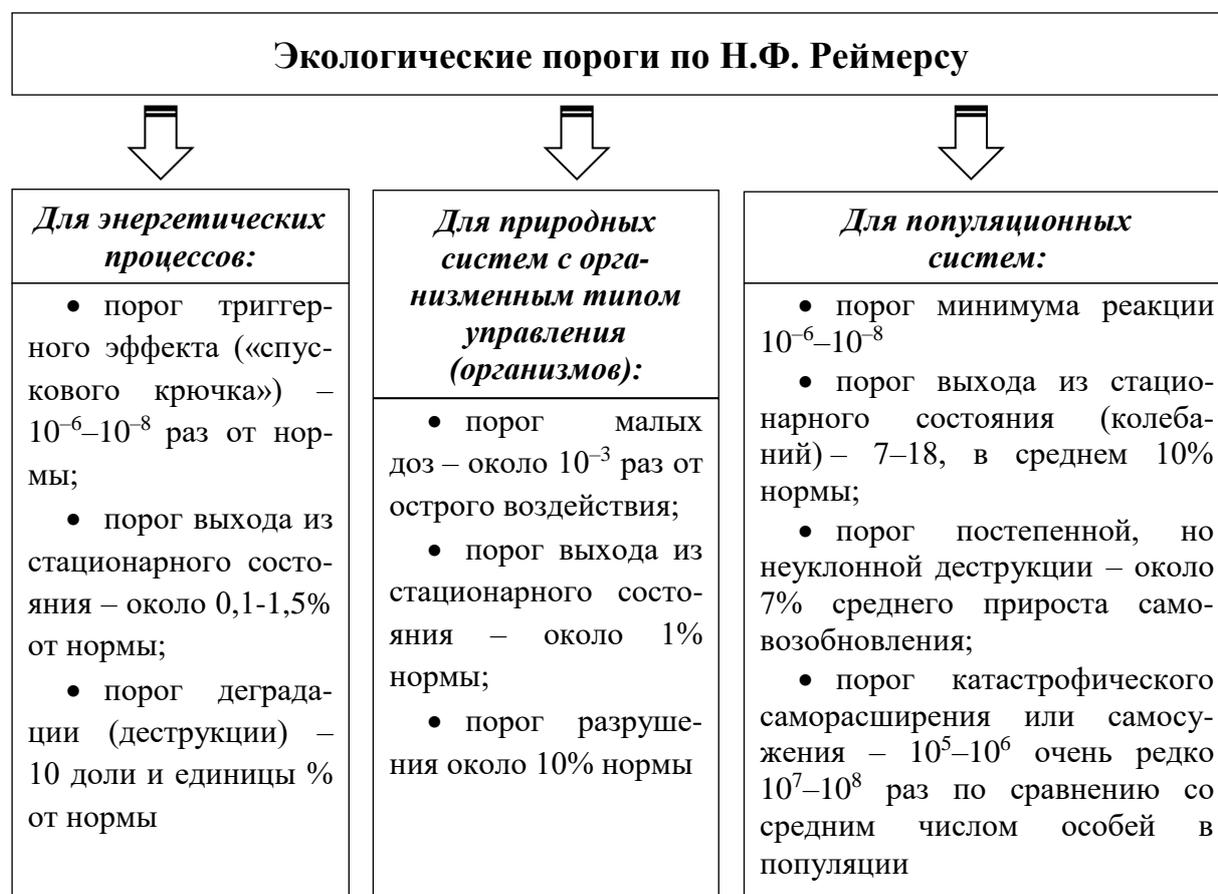


Рисунок 1.2 – Экологические пороги по Н. Ф. Реймерсу (Реймерс, 1990)

С учётом указанного ограничения удовлетворение энергетических потребностей растущего населения Земли может обеспечиваться только двумя путями. Первый – связан с получением энергии без увеличения её общего количества, образующегося на поверхности планеты (т.е. за счёт не производства дополнительного количества энергии, а перераспределения того, которое поступает на Землю из космоса, в частности, от Солнца). Второй путь основан на значительном снижении энергоёмкости процессов жизнеобеспечения человека. Первый путь обуславливает переход на *возобновимые источники энергии*, второй – предполагает существенное *повышение энергетической эффективности* (т.е. снижение энергоёмкости) процессов жизнедеятельности человека. В общей сложности существует объективная необходимость суммарно снизить энергоёмкость процессов жизнедеятельности человека не на проценты, а в разы (!) Как убедимся дальше, обе задачи успешно решаются в ходе Т.п.р. ради достижения

состояния сестейновости (в частности, устойчивости) природы и общества. Так, за счёт перехода на возобновимые источники энергии значительно сокращается общая (по всему топливно-энергетическому комплексу) материалоёмкость производства единицы энергии. Существенный вклад в повышение эффективности потребления энергии вносят конвергенция и миниатюризация изделий, а также дематериализация транспортных потоков.

Сестейновость (*sustainability*) – это упорядочение (*rearrangement*) технических, научных, экологических, экономических и социальных ресурсов таким образом, чтобы результирующая система была способна поддерживаться в состоянии равновесия во времени и пространстве (Хенс и др., 2007).

Концепция *сестейнового развития* фактически предполагает поддержание в динамичном равновесном состоянии сложившегося системного целого: человек – природа – общество.

Эта задача чрезвычайной сложности. Ведь речь идёт о приведении в сбалансированное состояние уровней гомеостазов (то есть относительно узких интервалов изменения параметров) трёх ключевых взаимосвязанных систем:

- *организма человека* (фактически – миллиардов людей, живущих на Земле);
- *биосферы* (фактически – триллионов особей, составляющих экосистемы планеты);
- *экономики* (фактически – сотен миллионов экономических субъектов, обеспечивающих функционирование экономических систем мира).

Задача эта бесконечно сложна ещё и в силу динамизма рассматриваемой системной триады. Любое её состояние должно воспроизводиться заново ежемоментно в каждой точке пространства.

Чтобы упомянутое триединое системное целое: «человек (в смысле человеческая популяция) – биосфера – экономика» сохраняло свою устойчивость, необходимо поддержание (точнее, *самоподдержание*) *устойчивости* каждой из упомянутых систем. Биологическая природа человека в значительной степени ограничивает условия среды, в которых он может физически существовать, поддерживая уровень своего гомеостаза. Любое значительное отклонение в ту или иную сторону температуры, давления, солнечной радиации и сотен других параметров среды, от которых зависят условия жизни и деятельности человека, будет для него фатальным. Чтобы поддерживать существующие на Земле природные условия, биосфера, в свою очередь, должна сохранять (самоподдерживать) параметры своего гомеостаза, а следовательно, количественный состав своих экосистем и качественные характеристики протекающих в них процессов (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Условная схема взаимосвязей между поддержанием трех ключевых систем: 1 – биологической природы человека; 2 – биосферы; 3 – социально-экономической системы (составлен автором)

Биосфера обеспечивает условия существования биологической природы человека и развития его личностной (социальной) сущности. Она также служит средой для функционирования социально-экономической системы (источник ресурсов и среда утилизации отходов). Современный человек существует именно в индустриализированном социальном мире. Несущая способность биосферы и ее составных экосистем может без ущерба для себя «выдержать» ограниченное количество населения планеты, точнее – той экологической нагрузки, которую оказывает производственная система, работающая, чтобы прокормить и создать условия жизни для данного количества людей, живущих на планете.

Если не изменяются технологический уровень производства и удельная экологическая нагрузка от обслуживания одного жителя планеты остается прежней, то любое увеличение населения автоматически усиливает нагрузку на природные системы Земли. Упомянутая экологическая нагрузка измеряется, в частности, показателями природоёмкости, материалоёмкости, энергоёмкости, «экологического следа» и др.). После того, как антропогенная нагрузка переходит определенную критическую границу,

экосистемы, не выдерживая такого воздействия и не успевая самовоспроизводиться, начинают разрушаться (как это схематически показано на рис. 1.4). Это, кстати, мы наблюдаем сейчас – как на локальном, так и на глобальном уровнях.



Рисунок 1.4 – Условная иллюстрация изменения взаимосвязей между поддержанием трех ключевых систем планеты при превышении критического уровня экологической нагрузки; увеличение последней обусловлено в т.ч. ростом населения (составлен автором)

Таким образом, если мы стремимся сохранить несущую способность биосферы и хотим, чтобы ее экосистемы не утрачивали ключевых свойств своих самовоспроизводственных потенциалов, нужно добиться одного из двух:

1) либо остановить рост населения планеты, стабилизировав его в пределах, которые способна обеспечить жизненными ресурсами биосфера планеты;

2) либо научиться так качественно трансформировать производственный комплекс (а заодно, и потребности населения), чтобы удельная экологическая нагрузка (в расчете на одного жителя), оказываемая на природу

планеты, снижалась хотя бы с такой же скоростью (лучше – быстрее), с какой растёт население Земли.

Однако физическая *устойчивость* указанной системы (человек – биосфера – экономика) – лишь предпосылка достижения того, что на Саммите в Рио в 1992 году названо *сестейновым развитием*. Ведь такое развитие предполагает не только физическое выживание человеческой цивилизации, но и её неуклонный *социальный прогресс*. Без него цивилизация может превратиться в некое подобие муравейника (по меткому выражению А. Зиновьева, в *человеиник*), обитатели которого смогут выжить, законсервировав (т.е. фактически остановив) уровень своего социального развития.

Парадоксом является то, что человек сам же разрушает существующий гомеостаз биосферы. Происходит это по двум причинам: во-первых, *из-за роста населения планеты* (новым жителям нужны новые природные блага, которых на Земле остаётся не задействованными всё меньше), а во-вторых, в силу *качественного изменения потребностей людей*. Перестраивая свою жизнь, человек изменяет и природу.

Согласно ряду прогнозов (Капица, 2010), стабилизация населения (*демографический переход*) Земли может наступить в пределах 2050 года.

Констатируя неоспоримый факт негативного, разрушительного воздействия производственного комплекса на природу, нельзя не признать вместе с тем значительную стимулирующую роль этого явления для прогрессивного развития человека. Представим себе, что человечество постоянно находилось бы в гармонии с природой, не создавая экологических кризисов, не обуславливая возникновение соответствующих противоречий и необходимости их разрешения. Фактически это бы означало прекращение развития человека и преобразование истории социального развития человека в историю биологического существования популяции людей.

Значит, пагубный с экологической точки зрения рост населения играет на самом деле важную роль в качестве движущей силы социального прогресса. Это, кстати, заставляет задуматься и о роли роста населения на планете. В условиях стабилизации численности населения Земли человечеству придется отыскивать другие формы мотиваторов для обеспечения своего прогрессивного социального развития.

Ещё раз повторим: в условиях, когда процессы воздействия человека на природу достигли глобальных масштабов, в его арсенале осталось только два возможных пути сохранить устойчивость природных условий на планете (а значит, и самого себя). Первый – ограничить рост населения Земли. Второй – научиться изменять процессы общественного производства и потребления продукции в сторону уменьшения их негативного воздействия на природу. Это можно сделать, лишь резко снизив природоёмкость (материалоёмкость, энергоёмкость) систем жизнеобеспечения чело-

века; причём скорость этого снижения должна обгонять темпы роста населения или хотя бы им соответствовать (Вайцеккер и др., 2013; Сотник, 2012).

С учётом причинно-следственных связей можно выделить три уровня целей сестейнового развития: *генеральная цель* – сохранение человека как биологического вида и прогрессивное личностное развитие человечества; *обеспечивающие цели* – сохранение условий, в которых может существовать и развиваться человечество; *поддерживающие цели* – сохранение биосферы и локальных экосистем, которые поддерживают условия существования человечества (рис. 1.5).

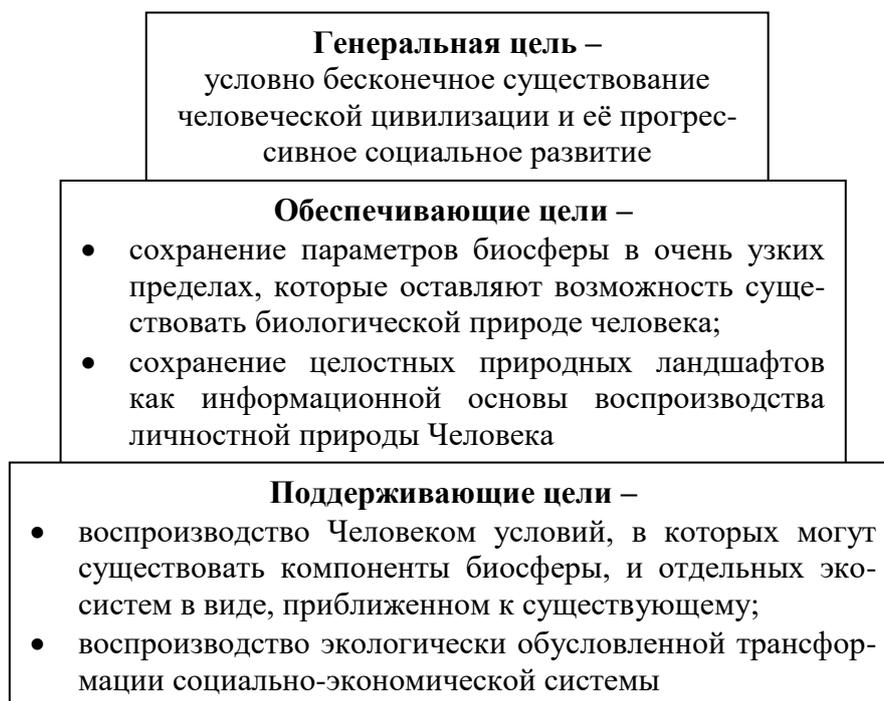


Рисунок 1.5 – Взаимосвязь целей сестейнового развития (составлен автором)

Ещё раз подчеркнём, что *генеральная цель* имеет два уровня измерения или распадается на два уровня подцелей: 1) *необходимый* – физическое выживание человека биологического; 2) *достаточный* – личностное развитие человека социального. Оба уровня чрезвычайно важны, хотя это не всегда сразу можно осознать.

Обеспечивающие цели, исходя из вышесказанного, имеют два уровня ориентиров:

1) сохранение в достаточно узких границах параметров биосферы, в которых способна существовать биологическая природа человека (т.е. в которых человеческий организм может поддерживать уровень своего гомеостаза); среди этих параметров следует выделить ключевые характери-

стики климата, физические параметры (температура, электромагнитные факторы, космические излучения и пр.), состав атмосферы и воды, состав почв для производства продукции сельского хозяйства;

2) сохранение целостных естественных ландшафтов, информационный контакт с которыми жизненно необходим для воспроизводства личностных свойств социального Человека.

Поддерживающие цели предусматривают создание (поддержание) условий, в которых могут существовать биосфера и ее составные экосистемы. Именно они и поддерживают (воспроизводят) жизненно важные параметры существования человека как биологического существа и личности.

Достижение этой цели – важная задача, которую должен взять на себя человек. Она решается посредством *консервирования* (сохранения в неизменном виде или восстановления нарушенных свойств) отдельных ландшафтов дикой природы (создание заповедников) либо минимизации антропогенного воздействия на экосистемы (создание заказников и природных парков), а также ограничения пределов вмешательства человека в природу (разработка и соблюдение экологических стандартов, нормирование условий жизни и деятельности и пр.).

Но это только часть проблемы. Другая часть связана с перестройкой человеком своей технологической основы. Дело в том, что, если численность населения Земли будет продолжать расти и дальше (как это, в частности, происходит сейчас), никакие экологические стандарты и ограничения не спасут экосистемы от губительного для них техногенного воздействия. Технологические системы должны совершенствоваться так, чтобы их относительная *экодеструктивность* снижалась по мере роста населения (по величине экологических последствий в расчёте на одного жителя планеты). Причём, эта экологически обусловленная трансформация производства должна воспроизводиться постоянно. Иными словами, должно постоянно воспроизводиться повышение эффективности (в том числе, *экоэффективности*) функционирования социально-экономической системы.

К сказанному следует добавить, что постановка задачи, в рамках которой реализация целей сестейнового развития достигалась бы одновременно с устойчивостью как социально-экономической системы, так и биосферы, среди специалистов получила название *сильной устойчивости*.

В том случае, если предполагается достижение относительной устойчивости лишь социально-экономической системы, говорят о *слабой устойчивости*. Видимо, такой выбор терминологии является не случайным, ибо без обеспечения устойчивости природной среды не может быть надолго достигнута и устойчивость социально-экономической системы.

Названные проблемы и призвана решить формирующаяся в ходе Третьей промышленной революции сестейновая («зелёная») экономика.

1.3. Содержание и особенности сестейновой («зелёной») экономики

Сестейновая («зелёная») экономика – это хозяйственная система, обеспечивающая достижение целей сестейнового развития.

Теория «зелёной» экономики базируется на трёх аксиомах (Бобылёв, 2012; Вернадский, 2003; Дейлі, 2002; Коммонер, 1974):

- невозможно бесконечно расширять сферу влияния в ограниченном пространстве;
- невозможно требовать удовлетворения бесконечно растущих материальных потребностей в условиях ограниченности материальных ресурсов;
- всё на поверхности Земли является взаимосвязанным.

Исходя из существующих природно-экологических реалий, накладывающих, в конечном счёте, ограничения на развитие производительных сил и соответствующие параметры вещественно-энергетического метаболизма человеческой цивилизации в условиях Земли (Global Footprint, 2016), закладываются основные контуры экономики, которую призвана сформировать Т.п.р. Такая экономика условно может быть названа «сестейновой», или «зелёной». Её основные характеристики показаны на рис. 1.6.

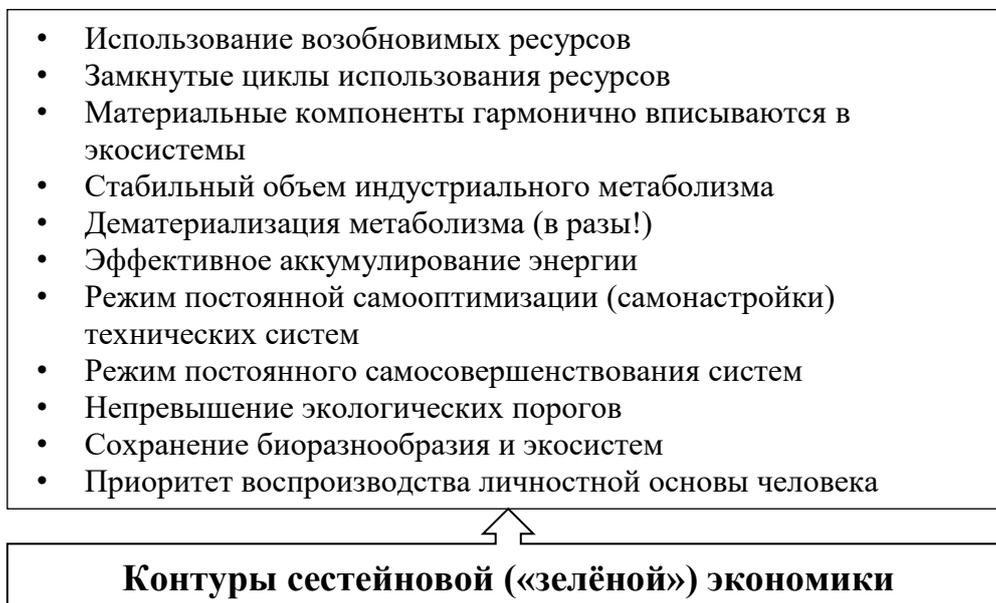


Рисунок 1.6 – Основные характеристики сестейновой («зелёной») экономики (составлен автором)

Сравнительный анализ особенностей традиционной и сестейновой экономик позволяет лучше понять экологическую специфику последней (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика особенностей традиционной и сестейновой экономик (составлена автором)

Характеристика	Вид экономики		Пример
	традиционная	сестейновая	
1	2	3	4
Основной вид ресурсов и источников энергии	Невозобновимый	Возобновимый	В Украине значительные возможности энергетики связаны с развитием солнечной, ветровой и биогазовой энергетик. В ЕС планируется к 2020 г. довести долю возобновимых источников энергии (солнечные, ветровые, биогазовые источники) – до 20%
Основная база развития	Усиление материально-энергетических факторов	Совершенствование информационных и синергетических (коммуникационных) факторов	В ЕС развивается проект формирования ЭнерНета – общеевропейской информационно-энергетической сети
Основная задача производства	Тиражирование изделий и услуг	Генерирование конструкторских и технологических идей	С появлением 3D-принтеров задача материального тиражирования изделий отходит на второй план
Целевая эколого-экономическая политика	Экономические цели с экологическими ограничениями	Экологические цели с экономическими ограничениями	В национальных и местных планах развития стран на ведущие позиции выходит не производство материальных благ, а формирование здоровой среды обитания
Тип природопользования	Потребление компонентов природной среды	Использование функций интегрального природно-ресурсного потенциала	Из 50 функций леса единственная функция – производство древесины – при полной вырубке леса делает невозможной использование остальных 49 функций. Актуальным является переход на выборочную вырубку
Тип природопреобразования	Трансформация природных субстанций; использование техногенных процессов	Использование естественных субстанций, процессов и воспроизводственных циклов	Замена полеводства органическим земледелием, использование строительных блоков из соломы; биогазовая энергетика
Тип формирования селитебной территории	Индустриально-центричный: в центре – промышленный объект, жилая среда – на периферии	Природоцентричный: в центре – природный объект (лес, озеро, парк), промышленная среда – на периферии	Проекты развития производств программного продукта по принципу: жить на природе – работать в городе

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4
Приоритетный тип потребления	Материальные блага для обеспечения биологической природы человека	Информационные блага для развития личностного начала человека	Увеличение доли информационных благ в семейных бюджетах в странах ЕС
Степень унификации потребностей	Конвергенция (унификация) потребностей	Дивергенция (увеличение степени многообразия) потребностей	Многообразие потребностей способствует сохранению культурного многообразия и многообразия экосистем
Приоритетный тип транспортирования	Транспортирование материальных масс и энергии	Передача информации	Уже сегодня в полиграфии на большие расстояния передаются не материальные продукты, а информация с последующим тиражированием на местах. С развитием принтеров 3D такой же принцип будет использоваться в материальном производстве

Характеристики «зелёной» экономики во многом воспроизводят контуры «экономики космонавтов», о которой мы упоминали в начале главы. В этом не трудно убедиться, сопоставив данные рисунков 1.6 и 1.7.

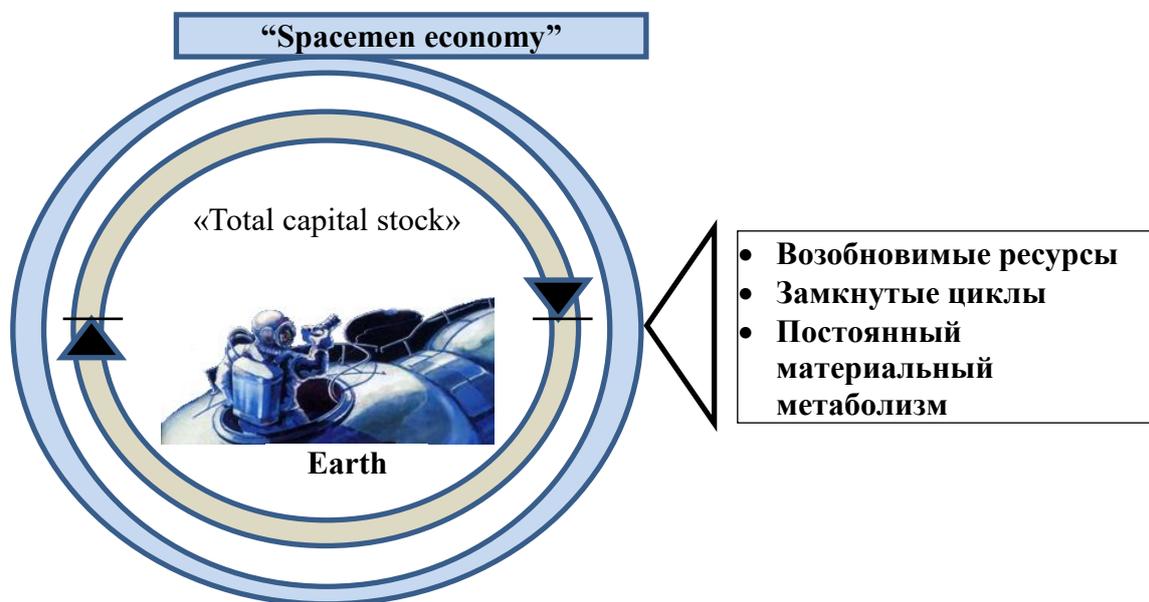


Рисунок 1.7 – «Экономика космонавтов» (составлен автором)

Уместно привести сформулированные Г. Дейли принципы обеспечения базовых начал сестейной экономики (Дейлі, 2002):

- темпы использования **невозобновимых** природных ресурсов не должны превышать **темпы замещения** невозобновимых ресурсов возобновимыми;
- темпы использования **возобновимых** природных ресурсов не должны превышать **темпов их воспроизводства** природными системами;
- пределы **нарушения/загрязнения** природных систем не должны превышать **ёмкости ассимиляционного/восстановительного потенциала** (несущей способности).

Как видим, ключевые свойства сестейновой экономики призваны вывести её на новый, гораздо более высокий уровень эколого-экономической эффективности. Это позволит ей выполнять свои функции с минимальным воздействием на природные системы.

1.4. Воспроизводство системной сущности человека и функции сестейновой экономики

Человек как ключевой фактор экономической системы. Основной движущей силой любой социально-экономической системы является развитие людей. *Человек экономической системы* выполняет в ней следующие функции:

- *проектировщика* (средств производства, конструкционных материалов, технологий, систем энергообеспечения, потребительских благ, среды обитания человека, коммуникаций и пр.);
- *производителя* (всего вышеперечисленного);
- *организатора* (процессов проектирования, производства и потребления продукции);
- *коммуникатора* (субъекта, определяющего реализацию отношений в обществе);
- *потребителя* (материальных и информационных благ).

Нельзя понять направлений развития человека, не уяснив природу его сущностных начал.

Каждый человек представляет собой единую систему, образуемую триадой его сущностных начал: «био», «социо», «трудо». «Био» формируется материальной природой человека и реализуется посредством физиологических процессов метаболизма, протекающих в его организме. «Социо» представляет собой нематериальное, информационное начало, реализующее его личностную сущность. «Трудо» функционирует на основе способности человека осуществлять работу за счет интеграции силовых качеств человека «био» и личностных свойств человека «социо». Различие сущностных начал человека обуславливает формирование трех различных

групп потребностей, которые значительно отличаются друг от друга, а во многом даже являются взаимопротиворечивыми.

С момента формирования общества и возникновения личностных начал в человеке происходит формирование двух взаимосвязанных системных сущностей.

Человек продолжает оставаться одним из представителей мира животных, с присущим ему обменом веществ, терморегуляцией, движениями. Иными словами, он остается *организмом*, которому для существования постоянно нужно поддерживать физиологические функции.

С другой стороны, в человеке возникает и начинает развиваться *личностная сущность*, т.е. некий нематериальный *информационный фантом*, который потребляет и производит исключительно информацию. По всей вероятности, именно эту человеческую сущность имеют в виду, когда говорят о «душе» человека. Личность человека может сформироваться только в обществе, т.е. взаимодействуя с другими подобными личностями. Таким образом, личностную сущность человека можно еще назвать *человеком социальным, или «социо»*.

Человек «био». Вышедший из животного мира «Человек разумный» по сей день остается одним из его представителей, хотя и находится на особом положении.

Необходимую систему условий внешней среды и внутренней природы человека, при которой обеспечивается его устойчивое существование как биологического вида, следует считать *экологическим фактором* жизнеобеспечения человека. Создавая необходимые условия, природа выполняет по отношению к человеку свои физиологические функции, обеспечивает гармонию человеческого организма с окружающей природной средой. Со временем человек научился в определенных пределах искусственно создавать условия своего существования, кондиционируя их под свои потребности. Для этого он поставил между собой и природой техногенную среду, в которой он собственно и обитает, потребляя не менее техногенизированную, т.е. произведенную индивидуальными системами продукцию (в качестве пищи, питьевой воды и потребительских товаров, включая услуги).

Сам человек как биологическое существо мало изменился по сравнению со своими предками. Граница жизнеустойчивости человека по-прежнему лежит в узких интервалах условий природной среды.

«*Лезвие бритвы*» – так назвал свой роман известный писатель и ученый И. Ефремов. Но эти же слова названия романа являются и своеобразной формулой природных условий существования человека.

Потребности человека «био». В самом общем виде физиологические потребности человека могут быть объединены в несколько групп:

- *пространство* для существования;
- физико-химические и биологические *свойства среды*, включая космические факторы;
- *воздух* для дыхания;
- *ресурсы пищи и питьевой воды*;
- возможности для *двигательной активности*;
- *информация*, включая наличие положительных и отрицательных эмоций.

Физиологические потребности человека являются, кроме всего, очень значимым *экономическим фактором*. Прежде всего потому, что удовлетворение физиологических потребностей в современных условиях достигается, главным образом, за счет общественного производства, требующего их исследования, учета, материальной реализации и, конечно же, значительных финансовых затрат. Товары, обеспечивающие удовлетворение физиологических потребностей, составляют значительную часть современного мирового рынка изделий и услуг, хотя могут быть и значительно потеснены со временем товарами личностного (информационного) спроса.

Кроме того, следует отметить, что удовлетворение физиологических потребностей человека, гарантируя воспроизводство его физического здоровья, является основой обеспечения эффективной трудоспособности человека. Это, в конечном счете, является одним из ключевых факторов функционирования экономической системы.

Человек «социо». Личность – это живущий в биологическом теле-информационный фантом, потребляющий и производящий только *информацию*.

С учетом понятийной основы, сформировавшейся в литературе, **Человек «социо»**, или *личность*, может быть определен как устойчивая система социально значимых черт, характеризующих индивида как субъекта общественных отношений и сознательной деятельности (Философский, 1983).

В основе формирования личности лежит способность человека воспринимать и отражать (перерабатывать, усваивать и закреплять) информацию из окружающей среды. Неразрывными частями единого процесса отражения действительности являются *ощущение, восприятие, память, воображение, мышление* (Столяренко, 1999).

Из широкого спектра социально значимых черт, которые характеризуют каждую человеческую личность, можно выделить несколько наиболее существенных групп параметров:

- *способности воспринимать, закреплять и перерабатывать информацию*; именно от этого зависит целый ряд индивидуальных особенно-

стей, таких, как скорость реакции, способность запоминать и систематизировать различные виды информации, умение планировать, анализировать и контролировать; эти качества чрезвычайно важны в научной деятельности и в управлении коллективами;

- *возможности образного мышления*, т.е. способность создавать абстрактные модели реального мира; с этим связано чувство гармонии, пространственное видение, восприятие эстетического и пр.; все эти качества незаменимы при формировании содержательной основы в различных видах искусств, а также в тех видах производственной деятельности, которые связаны с конструированием, архитектурой и пр.;

- *способности информационного воздействия* на окружающих – например, посредством словесно-логического выражения, пр. (бывают востребованы в педагогике, театральном искусстве, медиа-сфере, рекламе) либо, наоборот, *восприимчивостью на воздействие* со стороны других (внушаемость);

- *психологическая устойчивость*, т.е. умение сохранять способность к интеллектуальной деятельности в различных психологических и информационных условиях; от этих качеств, в частности, зависят такие личностные характеристики, как воля, оптимизм, склонность к лидерству и пр.;

- *способности контролировать* (интенсифицировать или подавлять) свои *биологические инстинкты*; определяют такие качества, как выдержка, смелость, воля, выносливость, работоспособность;

- *наличие или отсутствие группового самосознания*, т.е. все те нравственные качества, которые в итоге формируют этику общественных отношений (патриотизм, чувство долга, альтруизм, коммуникабельность, отзывчивость и пр.);

- *способности физического управления телом* или различными его частями; эти качества оказываются востребованными для исполнительского выражения форм в двигательных видах искусств, спорте, пр.

В конечном счете, перечисленные качества и формируют личностные характеристики каждого индивида, которые передаются обычно такими категориями, как *ум, характер, воля, выдержка, оптимизм, эмоциональность, эстетическое чувство, выразительное мастерство, талант, педагогические способности, патриотизм, способность к самопожертвованию и пр.*

Потребности человека. Формирование основ информационного общества, к которому приближается человечество, требует глубокого понимания природы информационного человека, т.е. человека личностного. Ведь в грядущем информационном обществе именно личностному человеку придется сыграть главную роль в экономической системе, где личностная («социо»), т.е. информационная, сущность человека будет основ-

ным конструктором, производителем и потребителем товаров и услуг, которые по этой причине тоже будут преимущественно информационными.

Сформулировать весь *спектр личностных потребностей* человека настолько же сложно, как определить смысл жизни человека социального. Он не только различен для каждого человека, но и постоянно изменяется с течением времени даже для одного и того же индивида.

Потребности человека «социо» чрезвычайно многообразны. Их очень трудно систематизировать. Это: и *познание мира* – открытие его законов и тайн; и *творчество*, дающее возможность создавать абстрактные образы, отражающие явления природы (что мы называем искусством); и *максимальная реализация собственных физических и интеллектуальных способностей*; и *содействие общественному прогрессу*; и *жажда власти* над другими людьми; и *любовь*; и просто *получение радости от осознания гармонии с природой* и многое другое.

По всей вероятности, в самом первом приближении личностные потребности человека (т.е. те, которые, в конечном счете, формируют человека «социо») можно условно объединить в следующие группы:

- *обеспечение психологического и социального благополучия, духовного здоровья* (развитие чувства оптимизма, стабильности, радости жизни, собственной социальной необходимости);
- *возможность информационного познания мира* (в т.ч. реализация инстинктов познания);
- *возможность художественного развития* (развитие творческих способностей, удовлетворение эстетических потребностей, развитие чувства красоты и гармонии);
- *импульс творчества* (источник вдохновения);
- *условия нравственного воспитания и совершенствования*; именно это формирует соотношение между потребностями для себя и для других людей (чувство патриотизма, склонность к самопожертвованию и самоограничению, чувство долга, способность к сочувствию и пр.).

Факторы формирования личностных потребностей человека. Личностные качества человека «социо» формируются под воздействием трех групп факторов:

во-первых, *физиологических характеристик индивида*, которые он получил в наследство от своих родителей; именно так закладываются основные черты характера человека, его психологическая основа, особенно психических реакций;

во-вторых, *влияния общества*; именно воспитание и образование, которые получает человек в семье, школе, через общественные институты, определяют во многом его жизненный путь; это влияние идет как бы по двум каналам: нематериальному – через контакты с другими личностями

(именно такое воздействие оказывает на человека общение с учителями, актерами, тренерами, наставниками, сверстниками), и материальному – посредством материальных объектов общественной жизни (инженерных и архитектурных объектов, книг, художественных произведений и пр.);

в-третьих, *природных условий*, т.е. возможностей информационного общения человека с природными ландшафтами.

Упомянутые две системные сущности («био» и «социо») еще не достаточно полно характеризуют содержание Человека. Третьей системной составляющей является *человек трудовой, или экономический* (человек «трудо»).

Человек «трудо» – устойчивая система социально значимых черт, характеризующих индивида как субъекта трудовой (производственной) деятельности.

Процесс труда, с точки зрения его содержания, есть взаимодействие человека с орудиями и предметами труда. В этом процессе происходит последовательное воспроизводство трудовых циклов, каждый из которых завершается изготовлением определенного продукта (Экономическая, 1980).

В трудовом процессе осуществляются следующие функции:

- *логическая*, связанная с определением цели и подготовкой процесса труда;
- *исполнительская* – приведение в действие средств труда (которые зависят от состояния производительных сил) и непосредственное воздействие на предметы труда;
- *контролирующая* – наблюдение за технологическим процессом, ходом намеченной программы;
- *регулирующая* – корректировка, уточнение заданной программы.

Каждая из этих функций в той или иной степени может присутствовать в труде отдельного работающего, но прежде всего это свойственно совокупному труду. В зависимости от преобладания тех или иных функций в трудовой деятельности человека определяется сложность труда, складывается отдельное соотношение функций умственного и физического труда, позволяющее относить тот или иной вид деятельности человека к преимущественно умственному или физическому труду (Экономическая, 1980).

Человек «трудо» осуществляет свою деятельность в двух сферах общественного производства: материальной и интеллектуальной. Каждая из производственных сфер требует приложения как физического, так и умственного труда. Соответственно здесь реализуются физиологические возможности «био-человека» и интеллектуальные способности человека «социо». Следовательно, «трудо» является условной сущностью, синтетически вбирающей в себя качества «био» и «социо».

Потребности человека «трудо». По отношению к экономической системе человек реализует себя в двух ролях:

- *производителя;*
- *потребителя.*

Как потребитель человек выступает носителем потребностей той триады подсистем («био-трудо-социо»), которая заключена в нем самом (рис. 1.8).

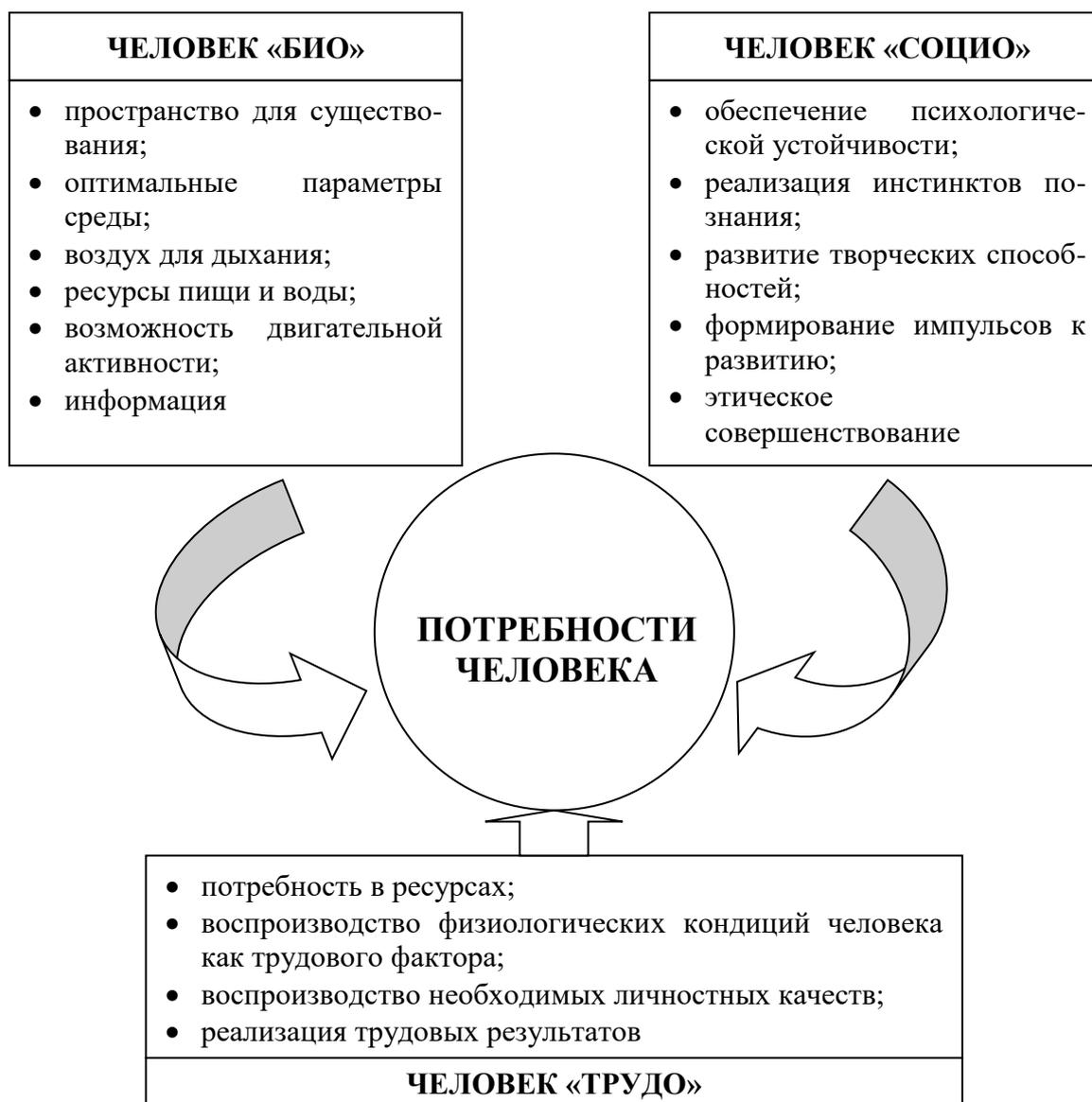


Рисунок 1.8 – Потребности человека как триединой системы (составлен автором)

Потребности людей являются необходимым компонентом экономической системы. Для её непрерывного функционирования необходимо, чтобы потребности людей воспроизводились постоянно.

Потребности человека «трудо» как *производителя* определяются тремя основными группами факторов:

- потребностями в *ресурсах* (материальных, энергетических, утилизационных; последнее определяется наличием достаточных природных «контейнеров» для отходов и ассимиляционного потенциала природы);
- условиями для воспроизводства *физиологических кондиций* человека как трудового ресурса;
- условиями для воспроизводства *личностных качеств* человека как трудового ресурса.

Как видим, вторая и третья группы факторов связывают потребности человека «трудо» с потребностями человека «био» и человека «социо». Забегая наперед, скажем, что это создает основания, чтобы увязать физиологические и личностные потребности человека с экономическими оценками.

Сравнительный анализ потребностей различных сущностных начал человека. Личностные потребности «трудо» в значительной степени отличаются от личностных потребностей человека «социо», а в чем-то и противоречат последним. Особенно хорошо это можно проследить на потребностях «трудо» и «социо-человека» по отношению к природной среде. Такая ситуация обусловлена принципиально различными установками человека «трудо» и «социо».

«Трудо-человек» вынужден постоянно ориентироваться на достижение конечного производственного результата и повышение эффективности труда. Это закономерно обуславливает его стремление к снижению затрат, стандартизации и упрощению производственных процессов (устранению лишних элементов), стандартизации используемых предметов и орудий.

«Социо-человеку» для своего развития необходим контакт, наоборот, с целостными, сложными, нестандартными, многообразными природными системами. Это обуславливает принципиальное различие в поведенческих установках «трудо-человека» и «социо-человека» (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Сравнительная схема поведенческих установок-стремлений «трудо-человека» и «социо-человека» (составлена автором)

Человек «трудо»	Человек «социо»
К конечному	К бесконечному (в конечном)
К дискретности	К целостности
К анализу	К синтезу
К упрощению	К усложнению
К стандартизации (унификации)	К оригинальности (неповторимости)
К полезности отдельных компонентов природы	К ценности целостных природных систем
К однозначности	К многозначности
К специализации	К универсальности
К однофункциональности	К многофункциональности

Безусловно, приведенное разделение человеческих сущностей на «био», «трудо», «социо» носит в значительной мере условный характер. Так как указанная триада вынуждена существовать в едином теле, порой сложно выделить характерные черты каждой из данных сущностей. Своим разумом и волей человек стремится к тому, чтобы цели функционирования каждой из частей его сущностной триады совпадали или были близки к этому. В этом случае можно считать, что наступает гармония различных начал в человеке, а сам он переживает душевный комфорт.

Проведенный анализ чрезвычайно важен для формирования представлений о роли человека в экономической системе. Здесь человек может выступать в нескольких взаимосвязанных ролях, в числе важнейших из которых условно можно назвать роли: *конструктора, производителя и потребителя*.

Экономическая система удовлетворяет потребности всех трех условных составляющих сущностной триады человека. Однако структура этих совокупных потребностей постоянно изменяется. При этом можно отметить тенденцию постепенного увеличения доли социальных (личностных) потребностей человека. В частности, современному производству оказывается все проще (в смысле, с меньшими затратами) накормить и создать условия для проживания человека «био» и все труднее удовлетворить растущие потребности человека «социо».

Информационные потребности человека «социо» призваны трансформировать всю систему ценностных ориентиров, формируя своеобразный общественный заказ. Его основное назначение – удовлетворение запросов, необходимых для развития личностных качеств человека. На смену физиологическим потребностям человека «био» (потребности в пище, воде, условиях обитания и пр.) и технократическим интересам человека «трудо» (жажда наживы, карьерный рост, престиж и пр.) приходят потребности человека «социо»: физическое совершенствование человека, его интеллектуальное развитие, реализация творческих способностей, получение знаний, отдых и удовольствие.

Человек-потребитель информационной экономики принципиально отличается от *человека-потребителя* предшествующих эпох. Главным является то, что все перечисленные компоненты личностных потребностей человека становятся самоцелью существования, а не средством получения в последующем материальных благ. Кстати, и последние обещают постепенно превращаться из первоцели в средство получения информационных благ. (Так, как сегодня автомобиль превращается из средства поездки на огород для выращивания и сбора урожая в средство для поездки в лес или на море для отдыха и воспроизводства духовных сил).

Человек-производитель все больше переходит от воздействия на материальные предметы труда (изменение форм, размеров, свойств) к воздействию на информацию. Даже в случае изготовления материальных изделий задача человека-производителя все больше будет смещаться от трансформации материальной субстанции (эта функция будет перекладываться на машины) к формированию информационных программ комбинирования и взаимодействия в пространстве и времени материальных производственных активов.

Человек-конструктор проектирует контуры той среды, где будет жить и работать человек, а также тех продуктов, которые он будет потреблять. По всей вероятности, можно ожидать две ключевые его трансформации в деятельности:

- *сфера потребления*: переход от проектирования отдельных товаров и услуг к формированию жизнеблагодатных комплексов (создающих условия для комфортного существования человека «био», максимального развития человека «социо» и творческой реализации человека «трудо»);
- *сфера производства*: переход от создания чуждых природе (по своему составу и свойствам) предметов труда и «разорванных» производственных циклов к формированию родственных природе предметов труда, производство и использование которых организовано по замкнутым циклам.

Описанные направления предполагаемых изменений, конечно же, весьма схематично характеризуют лишь некоторые отдельные черты сложного многогранного явления под названием *переход к сестейновой экономике*.

1.5. Ключевые направления развития сестейновой экономики

Приведенные выше предпосылки достижения сестейновости развития предполагают наличие у хозяйственных систем ряда важных характеристик, необходимых, чтобы системы имели возможности изменяться во времени для своей сестейнизации. Эти характеристики одновременно указывают на те направления, по которым должна продвигаться сама сестейнизация. В числе основных из них назовем:

- *ресурсовозобновимость* – принципиальной основой сестейновой экономики должны стать возобновимые ресурсы;
- *направленность на дематериализацию* – предполагает кардинальное снижение материалоемкости, энергоёмкости и природоёмкости;

- *трансформационность* – означает способность к постоянному продвижению в сторону совершенствования через прогрессивные трансформации;
- *инновационность* – предполагает восприимчивость к быстрому внедрению прогрессивных инноваций;
- *натурализованность* – направленность на приближение формы используемых материалов, видов энергии и технологических процессов к тем, что существуют в природе;
- *социальная ориентированность* – предполагает переход от приоритета экономических целей к приоритету целей социального развития человека;
- *информационная направленность* – ориентация на информатизацию сфер производства и потребления продукции;
- *направленность на этизацию и гуманизацию экономики* – ориентация на реализацию этических принципов сестейновой справедливости;
- *синергетизация* – предполагает усиление процессов объединения отдельных экономических субъектов в целостные системы («системы систем»), многие из которых обретают масштабы региональных, континентальных или глобальных сетей;
- *децентрализация* – означает увеличение степени свободы отдельных экономических субъектов в принятии решений и реализации деятельности по принципу: «центр везде, периферия – нигде»;
- *самоорганизуемость* – предполагает повышение степени самоорганизации систем по принципу: «думай глобально – действуй локально».

Влияя друг на друга, указанные характеристики формируют сложную многофакторную систему функциональных свойств социально-экономической системы, способной осуществить переход к сестейновому развитию. При этом каждая из характеристик выступает одновременно и как цель реализации определенного направления, и как средство реализации других характеристик (направлений). В частности, *дематериализация* общественного производства может быть достигнута только через *ресурсовозобновимость*, постоянную *прогрессивную трансформацию* хозяйственных систем, их *инновационное* обновление, натурализацию и воспроизводство других перечисленных характеристик, включая *социальную ориентированность*. В то же время сама *дематериализация* производства и потребления продукции (обеспечивающая существенное удешевление и экологизацию процессов удовлетворения потребностей), в свою очередь, выступает в качестве необходимого средства перехода к *социально ориентированному* развитию.

Развитие любых систем предполагает увеличение степени именно их *упорядоченности*. В свою очередь, упорядоченность систем формируется по четырем основным направлениям, которые условно могут быть названы: *материально-энергетическим, информационным, синергетическим и интегральным*. Первые три обусловлены воздействием на соответствующую группу факторов формирования системы, а четвертое направление связано с интегральным процессом воспроизводства всех трех групп факторов, т.е. обусловлено воздействием на весь воспроизводственный феномен формирования системы. *Воспроизводственный феномен*, который реализует в каждой природной системной сущности (от элементарной частицы до биосферы) свойство воспроизводить триединство указанных природных начал, и есть тем феноменом, через который проявляется способность к их самоорганизации.

На рис. 1.9 показаны условная схема реализации триединства природных начал и виды процессов самоорганизации.

Памятуя о триалектичности механизма формирования систем, можно сформулировать четыре ключевых направления сестейнизации экономики:

- 1) трансформация материально-энергетической составляющей;
- 2) совершенствование информационного алгоритма (программы) формирования экономических систем;
- 3) совершенствование синергетической компоненты (коммуникации, связи, отношения, инфраструктура);
- 4) повышение уровня самоорганизации экономических систем.

В качестве конкретных примеров реализации указанных направлений можно привести факты конкретных мер, предпринимаемых в странах ЕС.

Европарламент обязал все страны ЕС довести к 2020 г. уровень использования возобновимых источников энергии (ВИЭ) до 20% в общей генерации электроэнергии (сегодня она уже приближается к указанной величине). К 2040 г. долю ВИЭ предполагается довести до 40%. В частности, в марте 2017 г. доля ВИЭ в отдельных странах ЕС уже составляла более 40% (Федосенко, 2017 б). Например, в Германии отдельные периоды (как правило, это нерабочие дни, в частности, такими оказались некоторые праздничные дни мая и декабря 2016 и 2017 годов) доля ВИЭ даже превышает 85% суточного потребления энергии (Кулеш, 2017 в).

Около 90% всех солнечных панелей в Германии расположены на крышах домов. В Европе – около 200 млн зданий, и одна из целей программы в ближайшие 40 лет – оснастить такими мини-электростанциями каждое из зданий. Данные меры предполагается сочетать с энергосбережением. В планах – 80%-е сокращение потребности в электроэнергии (Перелет, 2017).

Согласно решению Еврокомиссии, с 2019 г. все общественные здания в Европе должны удовлетворять принципу nZEB (nearly Zero-Energy building – здания с около нулевым энергопотреблением), а с 2021 г. –

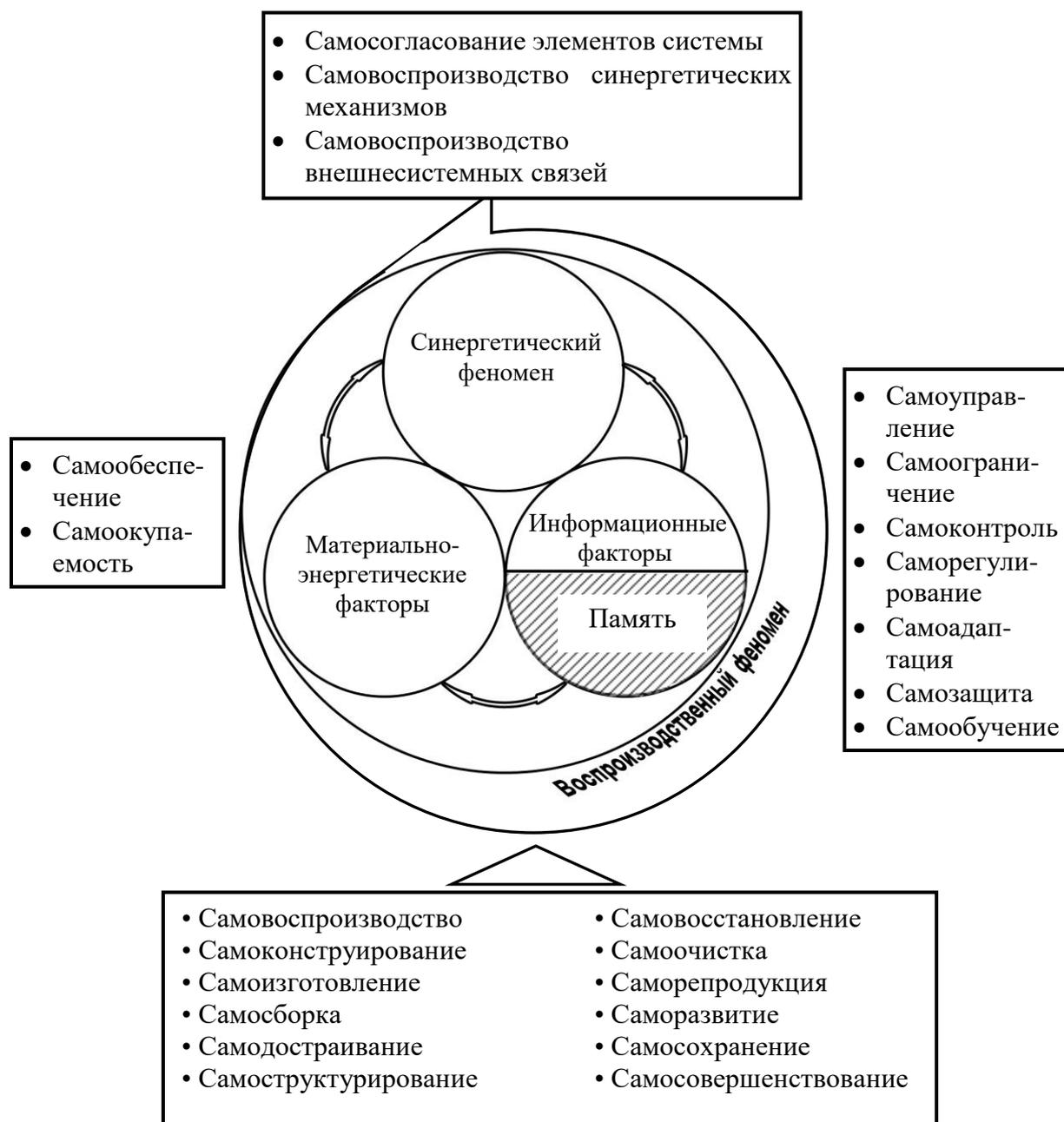


Рисунок 1.9 – Направления самоорганизации систем (составлен автором)

таким требованиям должны удовлетворять все новые здания. При этом многие здания переводятся на замкнутые схемы использования воды. Все дома превращаются в мини-электростанции для «сбора» солнечной, ветровой, тепловой (подземной) и биогазовой энергии. Сам же дом превращается в «умную» автоматизированную систему, управляющую в оптимальном режиме инженерными устройствами (Перелет, 2017). Уже сегодня в Германии многоэтажки покрывают до 50% собственных энергопотребностей благодаря установленным на крышах солнечным панелям (Яковлева, 2017а).

- Предполагается создать единую в масштабах всех стран Евросоюза информационно-энергетическую систему (ЭнерНет – EnerNet), обеспечивающую *сбор/покупку* (от отдельных источников – мини-электростанций), *передачу, хранение, преобразование и использование/продажу* электрической энергии в наиболее эффективном режиме. Предусматривается взаимный обмен энергопотоками между отдельными регионами (в частности, днем южные европейские страны будут поставлять северным – энергию, собранную солнечными батареями, ветрогенераторами и биогазовыми установками, а ночью – северные страны будут поставлять энергию, генерированную на гидроаккумулирующих станциях) (Третья, 2012).

Одним из существенных компонентов реализации сестейновой экономики является формирование сестейнового спроса – т.е. спроса на товары (изделия и услуги), способствующие достижению целей устойчивого развития. Здесь речь идёт, прежде всего, об информационных товарах, создающих условия для развития личностного начала человека (услуги образования и здравоохранения, изделия и услуги культуры и искусства, туризм, научная деятельность и пр.). Их доля в структуре потребительского спроса должна неуклонно возрастать. Это в значительной степени будет способствовать и снижению экологической нагрузки на природную среду. Ведь при их производстве доля информации в качестве исходного ресурса, как правило, значительно превышает долю материалов и энергии.

Глава 2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕСТЕЙНОВОЙ ЭКОНОМИКИ

2.1. Базовые понятия

Явление *развития* неразрывно связано с понятием *системы*. Если что-то и способно развиваться, то оно обязательно является системой. Всё в мире: от мельчайших частиц до мегакосмических образований – является системами, в свою очередь состоящими из систем.

Система – любая совокупность элементов (подсистем), объединенных между собой в единое целое процессами взаимодействия (материально-информационного обмена) для реализации общей функции (достижения общей цели).

Краткое античное определение системы: *целое, больше суммы его частей* (Реймерс, 1990).

Развиваться могут не любые системы, а только *самоорганизующиеся*. Такие способны сами контролировать свою деятельность, обеспечивая необходимые для обмена с внешней средой внутренние параметры своего состояния.

В свою очередь, для того, чтобы система была самоорганизуема, она должна обладать двумя необходимыми качествами. Во-первых, она должна быть *открытой*, а во-вторых – *стационарной*.

Открытость системы обусловлена самим фактом необходимости извлечения системой энергии из внешней среды. Любые процессы самоорганизации системы (контроль за параметрами внешней среды, передвижение, перестройка внутреннего состояния и т.п.) не могут осуществляться без затрат энергии. Пополнять запасы израсходованной энергии (как, например, это делают биологические организмы) система может только извне. Для этого она должна быть *открытой* для обмена веществом, энергией и информацией с внешней средой. В частности, из внешней среды система извлекает необходимые материальные и информационные ресурсы. Туда же, в среду, она удаляет отходы своей жизнедеятельности.

Открытость системы – лишь необходимая предпосылка обеспечения её жизнедеятельности. В качестве достаточной предпосылки выступает *эффективный обмен* веществом, энергией и информацией, во-первых, между системой и внешней средой, а во-вторых, между отдельными частями самой системы. В ходе внешнего обмена система подпитывается из внешней среды энергией и энергосодержащими веществами, а также удаляет туда отходы своей жизнедеятельности. В ходе внутреннего обмена происходит обработка материально-информационных потоков, извлечение

из них необходимой для существования системы энергии, а также преобразование получаемых веществ и энергии в перестройку (развитие) самой системы.

Указанные процессы *обмена* принято называть **метаболизмом** (от греч. «метаболе» – перемена, превращение).

В качестве средства поддержания метаболизма в наиболее эффективном режиме, выступает *стационарность*. **Стационарность** является другим важнейшим качеством самоорганизующихся систем. *Стационарностью* называется способность сохранять состояние системы в относительно узком устойчивом интервале её параметров. Его принято называть *гомеостазом*.

Гомеостаз (ис) (от греч. «гомоиос» – подобный, одинаковый и «статис» – неподвижность, состояние) – устойчивая разница физико-химических потенциалов (уровней высот, давления, температуры, электромагнитных параметров, химических характеристик и пр.) между системой и внешней средой, а также между отдельными частями самой системы, при которой возможно устойчивое поддержание обменных процессов (метаболизма) системы.

Таким образом, *стационарностью* можно считать способность *системы поддерживать гомеостаз*.

В основе формирования любой системы лежат три природных начала:

- **материально-энергетическое** (или просто – **материальное**) – *движет*; оно даёт возможность системе и её отдельным частям (подсистемам) совершать движение и выполнять работу, а это значит – изменяться и развиваться;

- **информационное** – *направляет*; оно обеспечивает направленность движения в пространстве и времени, а это значит, формирует информационный алгоритм взаимодействия между собой отдельных частей системы и программу её развития в целом;

- **синергетическое** – *объединяет*; оно обеспечивает реальные действия отдельных частей системы для объединения их в единое целое.

Проявлять себя природные начала могут только сообща – взаимодействуя друг с другом. Скажем, *энергетический потенциал* требует направляющего воздействия *информационного начала*. Без него он способен производить только «броуновское движение» – бессистемное шараханье объекта в разные стороны. С другой стороны, направлять и объединять можно только что-то материальное, обладающее энергетическим потенциалом.

И наконец, разве могут *материально-энергетическое* и *информационное* начала быть реализованы без *синергетического* начала? Чтобы система смогла произвести внутри или вне себя хоть какую-то работу, её отдельные части должны действовать согласованно, взаимодействуя друг с другом.

Проявляя себя подобным образом, природные начала когда-то сформировали и продолжают воспроизводить различные виды систем – системные сущности природы: *элементарные частицы, атомы, молекулы, клетки, организмы, общественные образования (семьи, предприятия, страны)*. Из них состоит Мироздание, природа нашей планеты и человеческая цивилизация. Каждый такой вид систем представлен множеством отдельных его единиц. Скажем, если мы говорим об *электроне*, то следует иметь ввиду бесконечное множество этих частиц во Вселенной. Если речь идёт о каком-то биологическом виде, например, *лягушке* или *комаре*, то подразумеваются миллиарды отдельных биологических особей на планете.

Каждая такая единица может существовать не иначе, как воспроизводя в себе три упомянутых начала: *материально-энергетическое, информационное и синергетическое*. В этом смысле каждая единица сущностей природы представляет собой как бы Божественную Троицу в миниатюре.

Как гласит энциклопедия «Христианство», Бог Отец – первопричина всему и первичная потенция творения мира (*т.е. реализует материальное начало Мироздания*). Бог Сын – средоточие мысли, из-за чего он ещё именуется Словом, Логосом, Замыслом (*реализует информационное, направляющее начало*). Его основное свойство – предвечное и постоянное рождение от Бога Отца (*как информация формируется за счёт разницы энергетических потенциалов*). Бог Дух Святой предвечно исходит от Бога Отца и, соединяясь с Богом Сыном, реализует творческую Божественную способность формирования предметов и явлений природы (*реализует синергетический потенциал*) (Христианство, т.3, 1995).

Воспроизводственный феномен обеспечивает воспроизводство (устойчивое повторение) во времени в каждой природной сущности ее отличительных признаков (свойств) (рис. 2.1).

В Японии одной из двух основных религий является *синто*. Сами японцы говорят, что это очень простая языческая религия. Однако мудрость её заключается в том, что в ней – «семь миллионов богов»: каждое дерево, кустик или животное – это бог. Постигая основы системных знаний о природе, начинаешь понимать, почему это так. Ведь каждая природная система как бы несёт в себе начала Божественной Троицы, которые ежемоментно воспроизводятся в ней. Триалектически взаимодействуя друг с другом, упомянутые начала формируют единый целостный потенциал, воспроизводящий данную природную сущность – воспроизводственный феномен.

На основании сказанного можно сделать вывод, что природа любой из систем, которые окружают нас (скажем, молекулы, растения или предприятия), *триалектична*. С одной стороны, это – *материальная сущность*, с



Рисунок 2.1 – Сущностные основы возникновения и развития системы
(составлен автором)

другой – *информационная программа*, с третьей – продукт *согласованного взаимодействия* отдельных систем (подсистем) природы.

Как *материальный объект*, система способна накапливать и расходовать энергию, выполнять работу.

Как *информационная программа*, она самоорганизуется себя, воспринимая и перерабатывая информацию внешней среды, производя собственную; при этом она управляет процессами своего формирования, функционирования и развития.

Как *синергетический* продукт, система формируется в процессе взаимодействия, а значит, взаимной подгонки и корректировки поведения, во-первых, её собственных подсистем, а во-вторых, данной системы с другими подобными ей системами под условия их надсистемного уровня.

Так, птицы корректируют свой полет под траекторию полета стаи, в которой они летят. А каждый объект на нашей планете, по выражению А. Л. Чижевского, несет информацию обо всем космосе, реагируя на процессы, происходящие вне Земли (Чижевский, 1973).

Невозможно сказать, что в системе важнее: материальное, информационное или синергетическое, так как одно неотделимо от другого. Если бы не было материального, системе не из чего было бы себя формировать.

Если бы не было информационного, системы вообще не могли бы возникнуть, а существовал бы аморфный однородный хаос. Именно информационная программа каждой системы, во-первых, формирует упорядоченный механизм её функционирования, а во-вторых, делает её уникальной, отличимой от других систем.

Например, формируя себя из одинаковых атомов и молекул, все живые существа, тем не менее, отличаются друг от друга. На нашей планете нет двух совершенно идентичных биологических существ. Впрочем, вполне возможно, что принцип неповторяемости касается не только живой природы. Может быть, нам только кажется, что атомы и молекулы одинаковы. Существует гипотеза физиков, что все частицы, атомы, молекулы – как и сущности живой природы: растения и животные – также уникальны, т.е. неповторимы (Физический, 1995). Тогда мы имеем дело с бесконечным информационным многообразием не только в мире живой природы, но и на уровне микромира.

Если бы не было *синергетического* (т.е. конкретного взаимодействия между собой отдельных частей), ни одна система как единое целое так и не образовалась бы, хотя существовали бы для неё все необходимые предпосылки, в частности, строительные блоки и чертёж их взаимной увязки. Это – как в футболе: мало набрать игроков высокого класса и нарисовать им тактические схемы – нужно, чтобы игроки научились воплощать их в жизнь, взаимодействуя друг с другом. Иногда на это уходят месяцы, а то и годы напряжённых тренировок.

И формировать, и разрушать систему можно, воздействуя на каждую из упомянутых составляющих, а также на весь триединый механизм воспроизводства системы в целом. Сказанное можно проиллюстрировать на примерах различного вида систем.

Экосистема. Улучшению состояния экосистемы могут способствовать действия по направлениям:

- *материального* количественного наращивания растений и животных в экосистеме;
- *информационного* улучшения состояния экосистемы (улучшение качественного состояния биологических видов, оптимизация видовой структуры экосистемы);
- *синергетического* совершенствования (видовых и межвидовых коммуникаций);
- совершенствования целостного *механизма самоорганизации* экосистемы.

Экосистема будет *деградировать* и постепенно *разрушаться*, если перечисленные действия будут осуществляться как бы с обратным знаком. То есть: 1) будут уничтожаться растения и животные; 2) будет ухудшаться

качественное состояние биологических видов из-за болезней или по другим причинам, будут нарушаться оптимальные пропорции видового состава экосистемы; 3) будут блокироваться видовые и межвидовые коммуникации; 4) нарушится механизм самовоспроизводства экосистемы.

Предприятие создаётся посредством формирования его главных основ:

- *материальной* (основного и оборотного капиталов);
- *информационной*, обеспечивает алгоритмы (технологии), по которым предприятие осуществляет свою производственную и торговую деятельность, а также управляет ими;
- *синергетической*, обеспечивает реализацию связей внутри и вне предприятия;
- *целостного потенциала* воспроизводства трёх перечисленных основ.

Предприятие будет *деградировать*, если процессы будут идти в обратном порядке: 1) износ основного капитала будет недоамортизироваться, будут снижаться оборотный капитал и интенсивность его оборота; 2) информационные алгоритмы оперативной деятельности и управления на предприятии будут неадекватны во времени и пространстве; 3) ухудшится взаимодействие звеньев на внутри- и внешнехозяйственных уровнях; 4) будет блокироваться самовоспроизводственный механизм предприятия.

В свете сказанного становится понятным глубинный смысл парадокса античного определения системы: «целое, больше суммы, его частей», приведенного в начале главы. Он означает, что у целостной системы есть определённые компоненты, отсутствующие у её материальных частей, из которых складывается сумма. Такими компонентами, дополняющими сумму до системного целого, являются информационная и синергетическая составляющие.

В качестве примера можно привести самолёт. Груда деталей, на которые разобрана конструкция самолёта и представляет собой сумму материальных частей системы. Если их собрать в нужном порядке в соответствии с *информационным алгоритмом*, то собранная конструкция уже будет больше бессистемной кучи деталей на *информационную компоненту* системы. Взлететь же эта конструкция сможет только, если отдельные её части начнут проявлять *согласованное (синергетическое) поведение*. Такая система будет больше собранной конструкции на *синергетическую* составляющую.

За миллионы лет эволюции природа смогла достичь в каждом из своих творений идеальное сочетание природных начал. Технологическим системам, создаваемым человечеством, увы, пока далеко до такого совершенства. Одной из этих причин, которая отчётливо проявилась на «излёте» индустриального общества, является несовершенство информационной и

синергетической основ технических и организационных систем. Накопленный человечеством колоссальный энергетический потенциал оказывается практически избыточным, непродуктивно рассеиваясь из-за чрезвычайно низких КПД технических систем и ужасающе высоких потерь на «стыках» (в трансакциях) – между звеньями экономической системы.

Логика эволюции человечества в его продвижении к информационному обществу обнаруживает тенденцию совершенствования именно узких «узких мест», т.е. *информационного алгоритма* управления процессами производства и потребления продукции (в том числе, системы постановки целей, технологического обеспечения, мотивации и др.), а также *синергетической основы* (в том числе связей, коммуникаций, отношений и пр.) функционирования экономических систем.

2.2. Научные основы управления сестейновым развитием

Изложенные в предыдущем параграфе научные основы формирования открытых стационарных систем позволяют глубже понять проблемы сестейнового развития и подойти к осознанию путей его достижения.

В английском языке, откуда пришло сочетание «сестейновое (устойчивое) развитие», прилагательное *sustainable* образуется от слова *sustain*, т.е. *опора*; значит, *сестейновое развитие* может быть переведено и как поддерживаемое развитие. Казалось бы, чем может поддерживаться социально-экономическое развитие, как не природным потенциалом, обеспечивающим человека ресурсами и очищающим его жизненную среду обитания?



Человек зависит от природы – это аксиома. Но это лишь часть истины. В современных условиях и сама природа уже в значительной степени оказывается зависимой от деятельности человека. Следовательно, её состояние, в свою очередь, можно считать таким, которое поддерживается

человеком. Поэтому сестейновое развитие – это не только *поддерживаемое*, но и *поддерживающее* развитие (англоязычный термин sustainable допускает и такую трактовку).

Значение предложенного определения заключается ещё и в том, что оно переводит решение проблемы устойчивого развития из внешней технократичной сферы во внутреннюю, личностную. Ведь технические параметры управления природными системами (критерии, нормативы, балансы) разрабатываются техническими специалистами и могут быть легко скорректированы, если по каким-либо причинам покажутся неудобными разработчикам. Гораздо сложнее убедить совесть морально зрелого человека, думающего о своих потомках. Поэтому в качестве базовой опоры сестейнового развития выбраны нравственные устои каждого человека, его ответственность за то, что он передаст своим потомкам.

Важно понять и глубинную фундаментальную суть формирования самих систем, в частности, триединство их *материальных* (вещественно-энергетических), *информационных* и *синергетических* (системообразующих) начал. Скорее всего, именно в триединой сущности воспроизводственного механизма систем нужно искать ключи к выходу из тупиковых лабиринтов экологической несостоятельности и неэффективности индустриализированной экономики.

Человек не способен в полной мере постичь таинства природных сущностей (растений, животных, экосистем). Каждая природная сущность (растение, животное, экосистема, биосфера) представляет собой единство трех природных начал (материальной основы, информации и синергетического, то есть объединяющего феномена), которое *природная сущность* постоянно воспроизводит во времени и пространстве. Это, так сказать, ноу-хау, которым владеет лишь она.

Человек может понять лишь общие контуры этого воспроизводственного механизма, но не может в полной мере познать глубины всех процессов осуществления этого воспроизводства. Следовательно, человек не в состоянии и полностью контролировать эти процессы. Но в таком случае и не нужно пытаться это делать. Необходимо лишь контролировать (создавать) условия, в которых могут воспроизводить себя природные сущности. Именно так действует человек, консервируя территории с определенным режимом эксплуатации природных объектов: заповедники, заказники, естественные парки.

К сожалению, эти правила человек забывает, бездумно и бездушно эксплуатируя естественные экосистемы, препятствуя действию триединого механизма воспроизводства природных сущностей, в частности экосистем, и повторяя три принципиальные ошибки:

- негативно воздействуя на *материальную основу* естественной системы – посредством превышения критических границ извлечения матери-

альной основы (примерами являются вырубка лесов, отстрел и вылов животных и пр.);

- нарушая *информационную основу* – избыточно извлекая естественную или привнося инородную информацию;
- блокируя *синергетическую основу* – в результате нарушения условий проявления эффектов объединения отдельных особей в популяции или отдельных видов в единые экосистемы (причиной, в частности, может быть нарушение коммуникационных путей).

Каждая из отмеченных ошибок может оказаться фатальной для экосистемы. И если материальное воздействие на компоненты экосистем (например, истребление определенного количества биологических особей) уже воспринимается как достаточно объективный и существенный фактор экологической опасности, то другие два вида экологического влияния, к сожалению, пока ещё не получили адекватной оценки.

Мы вплотную подошли к одному очень важному моменту. Существует четвёртое таинство природы, которое человек не может постичь до конца, но которое он непременно должен учитывать, принимая управленческие решения. Речь идёт о воспроизводственном феномене. Всё, что существует в природе: и каждый отдельный организм, и экосистемы, и, наконец, вся биосфера в целом – должно воспроизводиться ежемоментно в каждом уголке пространства, где они находятся. Даже минутная остановка этого «вечного двигателя», который способен работать лишь в естественном автоматическом режиме, будет роковой для соответствующей природной сущности. Если речь идёт о биосфере Земли, то это будет означать прекращение существования всего живого на Земле вместе с человеком.

Искусство управлять всегда означает умение действовать с учётом определённых запретов. Это означает: не нарушать что-то или не мешать чему-то. Искусство сестейнового управления социально-экономическим развитием (то есть такого управления, которое обеспечивает состояние устойчивых, равновесных изменений) – это прежде всего искусство сохранения воспроизводственных механизмов природы (в том числе, и действующих в организме каждого человека), которые с неотвратимой закономерностью заставляют снова и снова повторяться воспроизводству в каждой естественной сущности триединой системы, природных начал: материальной субстанции, информационной основы и синергетического феномена. Выдающийся советский учёный Н. Ф. Реймерс назвал подобное управление «мягким».

Известным ученым Н. Ф. Реймерсом дана трактовка более 250 закономерностей (законов, теорем, принципов, правил и пр.), которые так или иначе связаны с обеспечением *сестейнового (устойчивого) развития*.

Ключом к пониманию упомянутого цикла обобщений служат слова его автора: «...Тысячелетиями все активные действия человечества были направлены вовне – на преобразование природы. Внутренние процессы шли как саморегуляция, а предложения об улучшении социальных механизмов были утопичны, прежде всего, из-за желания управлять жестко, технократически-авторитарно. Человечество не создавало механизма, который бы позволил ему «вписаться» в природу, а наоборот, делало все, чтобы «подняться» над нею, «победить» её. Став великаном, человек увидел, что это губительно для него если не сейчас, то в уже видимой перспективе. И если люди экологически не поумнеют, они обречены. Глубоко пессимистичный, но необходимый вывод. Одновременно он и оптимистичен, ибо перспектива все же есть» (Реймерс, 1994).

Вот лишь несколько примеров сформулированных Н.Ф. Реймерсом закономерностей.

«Правило социально-экологического равновесия: Общество развивается до тех пор, пока сохраняет равновесие между своим давлением на среду и восстановлением этой среды – природно-естественным и искусственным».

Закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов: все природные ресурсы и естественные условия Земли конечны. Это возникает либо в силу прямой исчерпаемости, либо в результате возмущения среды обитания, делающей непригодной для сложившегося хозяйства и жизни человека.

Правило (неизбежных) цепных реакций «жесткого» управления природой: «жесткое», как правило, технократическое управление природными процессами чревато цепными природными реакциями, значительная часть которых оказывается экологически, социально и экономически неприемлемой в длительном интервале времени.

Правило «мягкого» управления природой: «мягкое» управление природными процессами, системное направление их в необходимое русло с учётом законов природы в конечном итоге эффективнее грубых техногенных вмешательств» (Реймерс, 1994).

Вырваться из замкнутого круга эколого-экономического несовершенства промышленного производства можно лишь через качественный скачок эффективности экономических систем, их дематериализацию (снижение материалоемкости и энергоёмкости) и системную интеграцию.

Человек занимает ведущее положение в концепции устойчивого развития. Собственно, ради его физического и духовного спасения она и создана. Но самому же человеку и предстоит воплощать эту концепцию в жизнь, трансформировав производство, экономические отношения, жизнеобеспечивающие системы и весь образ жизни. Чтобы все это изменить, человеку нужно, прежде всего, измениться самому. Парадокс заключается в том, что сохранение стабильности физической (т. е. материальной) природы человека (а это значит, природного гомеостаза его организма) можно

обеспечить лишь ценой чрезвычайно быстрого изменения информационной (личностной) сущности человека. Это, в конечном счёте, означает и формирование новых принципов отношения к природе.

2.3. Принципы обеспечения сестейнового развития и формирования сестейновой экономики

Чтобы читателю было легче вникнуть в содержание принципов сестейнового развития и обеспечивающей его сестейновой экономики, попытаемся систематизировать их, смоделировав на ситуационном примере.

Однажды мореплаватель перед дальним путешествием спросил у мудреца, что нужно для успешного плавания? На что тот произнес пять слов: *пространство, время, устойчивость, цель и ветер*.

Развитие любой социально-экономической системы в чём-то напоминает путешествие мореплавателей в открытом море, где путешественников в каждую минуту поджидают опасности, и где чрезвычайно возрастает значение знаний и мастерства каждого из членов экипажа, слаженность их действий, способности синхронизировать общие действия и выполнять команды, а также искусства руководителей. В таких условиях ценой ошибки может стать повреждение или полная потеря корабля. А ставкой в этой игре является жизнь людей.

Любая социально-экономическая система для своего долгосрочного устойчивого развития нуждается в пяти определяющих условиях:

- 1) организации в *пространстве*;
- 2) организации во *времени*;
- 3) обеспечении *устойчивости* или равновесия отдельных элементов;
- 4) *направленности* развития;
- 5) наличии *движущей силы*.

В соответствии с этими направлениями могут быть сформулированы пять групп принципов организации общества для обеспечения в нём основ сестейнового развития (рис. 2.2). Остановимся на них подробнее.

Принципы организации в пространстве. Эта группа принципов, которые условно могут быть также названы *принципами «экологической республики»*, обеспечивают организацию социально-экономической системы в пределах ныне живущих поколений.

Почему именно республики? Все мы жители «космического корабля Земля» с единой системой жизнеобеспечения. Это значит, что независимо от уровня благоустройства наших квартир, степени обеспечения наших городов, темпов развития экономики наших регионов и стран мы связаны



Рисунок 2.2 – Группы принципов реализации устойчивого развития (составлен автором)

тесными узами с биосферой, в которой протекает наша жизнь. Все химические элементы периодической системы, которые использует в своей деятельности Человек, находятся в постоянном кругообороте, проникая во все компоненты среды, не «признавая» границ государств, континентов, административных районов. Глобальная взаимосвязь процессов, явлений и следствий эксплуатации естественной среды сегодня уже не требует доказательств.

Любой совместный фонд требует разработки общих правил, обязательных для участников (Добрянська Л. О. та ін., 2012; Мартыненко, 2011;

Остром, 2012; Скрипчук, 2012). Свобода каждого отдельного водителя на оживленной дороге тем полнее, чем выше его мастерство и меньше возможностей нарушать правила движения у других водителей, едущих по той же дороге.

Мы неслучайно привели соображения о свободе водителей в пути, где постоянно изменяются условия, скорость движения, дистанция между автомобилями разных классов, разной величины, с разным мастерством водителей. Дело в том, что социально-экономические сообщества нашей цивилизации не просто существуют по соседству – они находятся в постоянном движении: изменяются естественные условия, экономическая конъюнктура, торговые партнеры, темпы развития, прирост населения и т.п.

В рамках группы принципов «экологической республики» можно сформулировать ряд отдельных принципов, содержание которых приведено в табл. 2.1. Следует обратить внимание на одну особенность. Принципы «экологической республики» призваны объединить две, казалось бы, несовместимые вещи: с одной стороны, жесткий контроль и ограничения в конкретных деталях «движения», с другой – свободу самоорганизации развития. При этом субъекты развития сами добровольно (на демократических началах) вырабатывают экологические правила совместного использования природных факторов планеты и делегируют ими же созданным органам полномочия по контролю за соблюдением данных правил.

Таблица 2.1 – Принципы общественной организации в пространстве (принципы «экологической республики») (составлена автором)

Название принципа	Содержание
1	2
1. Экологической конституционности	Для осуществления организации и координации экологически ориентированной деятельности во взаимоотношениях между социальными субъектами должны быть созданы законодательные и распорядительные органы, единые правила поведения и нормативная база (стандарты)
2. Единства информационного инструментария	При осуществлении общей деятельности (обмен специалистами, информацией, товарами и услугами) между сопряженными субъектами (странами, регионами, городами) должно выдерживаться единство информационного инструментария (эколого-экономических и технических понятий, сроков, стандартов)
3. «Общего одеяла»	Общая и индивидуальная деятельность экономических субъектов (стран, регионов) должна предусматривать механизм сохранения естественных объектов общего использования (ресурсов окружающей среды)

1	2
4. Неэкспортирования экологических проблем	Любые экологические проблемы должны решаться в границах территории данного экономического субъекта. Если это невозможно, тогда их решение должно согласовываться вместе с сопряженным субъектом (сопряженными субъектами). Если и это невозможно, решение проблемы должно выноситься на надсистемный организационный уровень
5. Экологической эквивалентности	В процессах вещественно-энергетических обменов (включая торговый обмен) социально-экономические субъекты (предприятия, территории) должны компенсировать друг другу не только производственные расходы, но и издержки экологического характера (убытки, дополнительные затраты, упущенную выгоду)
6. Экологической индивидуальности	Отношения между субъектами (напр., существующие соглашения) должны обеспечивать каждому субъекту возможность сохранять специфические особенности местных экосистем
7. Добровольности	Присоединение субъектов к любым соглашениям (договорам, контрактам) в области окружающей среды должно осуществляться на добровольной основе
8. Экологической честности	Субъекты в отношениях между собой не должны использовать экологические поводы для достижения политических, экономических или других выгод в ущерб другим участникам отношений
9. Либерализация торговли	Правительства стран не должны препятствовать развитию экспортно-импортных связей экономических субъектов своих стран, если они не наносят вреда национальным интересам (включая социальные и экологические последствия)

Принципы организации во времени. Данная группа принципов обеспечивает организацию социально-экономических систем во времени. Условно принципы, относящиеся к данной группе, могут быть объединены названием: принципы «*триединства времен*».

О какой триаде или триадах времени идет речь в названии данной группы принципов? Прежде всего, имеются в виду периоды, которые условно можно назвать «сегодня», «завтра», «далекое будущее». «Сегодня» – это время, которое охватывает нынешние интересы живущих поколений, то есть те, что могут волновать их в текущем периоде (1–5 лет). «Завтра» – это будущее, которое находится в границах временной достижимости ныне живущих поколений (возможно, от 5 до 50 лет). «Далекое будущее» – это время, которое простирается в бесконечность, то есть лежит за «горизонтом» жизни нынешних поколений. В конце концов, рассмотренные принципы сводятся к *триединству текущих, тактических и стратегических* целей человечества.

Рассматриваемая группа принципов (табл. 2.2) затрагивает два ключевых аспекта: во-первых, соотношение интересов поколений дальнего будущего и поколений, живущих в настоящее время на Земле; во-вторых, соотношение текущих и перспективных интересов ныне живущих поколений.

Таблица 2.2 – Принципы организации во времени (принципы «триединства времен») (составлена автором)

Принцип	Содержание
1	2
1. Экологической «матрешки»	«Всеохватывающим» (<i>обязательным</i>) должно быть принято условие сохранения возможности развития для поколений в «далеком будущем»; следующей группой приоритетов (<i>необходимые условия</i>) должно быть обеспечение экологического потенциала для поколений «ближайшего будущего»; внутри этих условий существующие поколения должны находить оптимальное сочетание (<i>условия целесообразности</i>) своих текущих и тактических интересов
2. Ненакопления экологических проблем	Предполагает недопустимость оставления следующим поколениям созданных и нерешенных экологических проблем (например, истощения почв, накопления в почвах и водоемах вредных веществ, захоронения радиоактивных отходов либо веществ, которые не разлагаются, и т.п.)
3. Экологических резервов	Предусматривает создание (сохранение) своеобразных неприкосновенных запасов природных ресурсов или страховых экологических фондов для будущих поколений на случай непредвиденных катаклизмов в границах данного или нескольких сообществ (стран, регионов)
4. Ограниченности экологических полномочий	Представители любого поколения не должны принимать решений относительно эксплуатации естественных ресурсов или изменения природной среды, необратимые последствия которых могут выходить за пределы периода активной деятельности данного поколения
5. Транзита информации	Должна быть гарантирована передача через поколения, которые живут сегодня, экологической и социальной информации от поколений прошлого к поколениям будущего
6. Прогнозирования последствий	Принятию решений относительно любых экономических и социальных действий должно предшествовать прогнозирование социальных, экологических и экономических последствий от возможной реализации принятых решений
7. Учета явлений коэволюции	Планирование и организация деятельности человека должны осуществляться с учетом коэволюции различных природных и антропогенных систем, а также их компонентов; в частности, различие темпов развития разных биологических видов может при-

1	2
	водить к тому, что формы сосуществования человека с определенными природными системами, которые в настоящее время являются абсолютно приемлемыми, в будущем могут приобретать антагонистические к человеку опасные формы
8. Предупреждения вреда	Все отрицательные последствия, которые могут быть спрогнозированы, должны быть предупреждены (или, по крайней мере, уменьшены) на проектной стадии; это может быть выражено формулой «предупредить легче и дешевле, чем исправлять»

В данной группе принципов должна быть учтена и еще одна триада времени – прошлого, настоящего, будущего. Развитие любой системы невозможно без сохранения и накопления ее *памяти*. Для социальных систем чрезвычайно важна историческая информация о прошлом системы. Она оказывает существенное влияние на текущее состояние и выбор траектории развития системы в будущем.

К сказанному уместно добавить, что любой биологический вид экосистемы Земли, кажущийся сегодня совершенно бесполезным, может обеспечить в будущем выживаемость землян, раскрыв им одну из информационных тайн бионики либо превратившись в жизненно важный фармацевтический ресурс.

Принципы экологической устойчивости. Данную группу принципов можно было бы условно назвать принципами «вечного колодца». Именно колодец является своеобразной моделью сочетания двух процессов – потребления ресурса и его воспроизводства. Бесконечно черпать воду из колодца можно лишь в том случае, если темпы вычерпывания воды будут такими, что вода будет успевать пополняться за счет природных источников.

Способность системы к *развитию* зависит от двух, казалось бы, весьма противоположных факторов – устойчивости системы и её способности *выходить* из этого устойчивого состояния. В том случае, если система в целом находится в равновесии и выходит из него постоянно лишь в определенном направлении, будет достигаться условие динамического равновесия – наиболее благоприятное состояние для *сестейнового развития*.

Прежде всего, этому должны соответствовать три группы факторов, которые обуславливают общественное развитие: *природная среда, производительные силы и производственные отношения*. Относительно них рассмотрим и три подгруппы принципов экологической устойчивости. Очевидно, они должны строиться таким образом:

- равновесие в природе обеспечивается экологизированными производительными силами;
- последние обеспечиваются экологизированными производственными отношениями.

Обсуждение именно этих аспектов доминировало на Саммите РИО+20. В частности, эти вопросы рассматривались в контексте развития «зелёной экономики», «зелёных рабочих мест», сестейнового сельского хозяйства, социально-экологической ответственности бизнеса (Итоги, 2012). Рассмотрим упомянутые принципы последовательно (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Взаимосвязь групп принципов экологической устойчивости (составлен автором)

В подгруппу принципов «Непревышение экологических порогов» могут быть объединены принципы, которые определяют условия устойчивости природной среды (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Принципы экологической устойчивости (принципы «вечного колодца») (составлена автором)

Название принципа	Содержание
1	2
Принципы непревышения экологических порогов	
1. Нормирования экологических нагрузок	Одним из элементов регулирования природопользования должны стать экологические стандарты, нормирующие (лимитирующие) границы влияния на природные системы значений экологических нагрузок, которые соответствуют способности естественных систем к самовоспроизводству (несущая способность экосистем)
2. Учета реакции природы	Дозирование нагрузки на экосистемы должно учитывать реакцию естественных систем (обратные связи) на подобное влияние
3. «Узкого звена»	Оценка допустимых экологических нагрузок при воздействии на несколько элементов экосистемы (биологических видов) определяется «узким звеном», т.е. наиболее уязвимым элементом
4. Замыкающего эффекта	Границы возможного (допустимого) воздействия на экосистемы должны определяться с учетом общего (суммарного) эффекта всех эколого-деструктивных факторов
5. Естественных индикаторов	Наравне с физическими и химическими параметрами естественной среды, которые нормируются для целей контроля за экологическим влиянием на экосистемы, необходимо также учитывать реакцию (поведение) объектов живой природы как экологических индикаторов («природа знает лучше»)
Принципы единства природопользования и природовоспроизводства	
6. Использования возобновимого	Скорость использования возобновимых ресурсов не должна превышать скорости их самовосстановления (формулировка Г. Дейли – Daly, 2004).
7. Компенсации невозобновимого	Скорость использования невозобновимых ресурсов не должна превышать скорости, с которой для замещения невозобновимого ресурса разрабатываются заменители на основе других, возобновимых ресурсов (формулировка Г. Дейли)
8. Нарушения – в пределах восстановимого	Скорость возникновения загрязнений не должна превышать скорости, с которой они могут быть ассимилированы (очищены) окружающей средой (формулировка Г. Дейли)
9. Единства деструкции и восстановления	Любой субъект экономических процессов должен максимально воспроизвести количественно и качественно свойства затронутых им компонентов природной среды
10. «Замкнутой цепи»	Отдельные звенья и стадии производства и потребления продукции должны быть интегрированы в единую замкнутую циркуляционную систему

Продолжение таблицы 2.3

1	2
11. Взаимодействия с природой	Материально-энергетически-информационные контакты экономической системы с природой должны соответствовать специфике материально-энергетически-информационных процессов, которые протекают в природе
<i>Принципы единства экономических и экологических целей</i>	
12. Экономизации экологических факторов	Показатели, которые характеризуют влияние экономики на окружающую среду, должны иметь, кроме натуральных, также стоимостные оценки настолько, насколько возможно их получить
13. Экологизации экономических факторов	Основные экономические показатели и оценки экономических результатов деятельности общества должны дополняться оценками экологических последствий, связанных с их достижением
14. Экономической ответственности за экологические эффекты	Экономические издержки, обусловленные отрицательным воздействием на окружающую среду, должны компенсироваться тем экономическим субъектом (государство, предприятие, потребитель), который в данных общественных условиях несет ответственность за экологические последствия; в свою очередь, в зависимости от конкретных обстоятельств могут применяться субпринципы определения адресности ответчика: «загрязнитель платит» (ответчик – предприятие-производитель); «потребитель платит» (ответственность через систему цен возлагается на потребителей); «все общество платит» (ответственность возлагается на общество через систему налогообложения)
15. Интернализации экстерналий	Эколого-экономические последствия деятельности каждого предприятия, которые воспринимаются другими экономическими субъектами, через систему экономических рычагов должны переводиться в форму издержек, воспринимаемую системой экономических интересов предприятия, которое привело к возникновению этих последствий
16. Экологического совершенствования	Воспроизводственные процессы в экономике должны быть построены так, чтобы с каждым воспроизводственным циклом менее экологически совершенные и эффективные экономические факторы (производственные системы, виды потребления, экономические отношения) заменялись бы более совершенными и эффективными
17. Сочетания целей и средств	Экологические интересы должны закладываться при формировании целей развития, а экономические – при выборе средств их достижения

Основная задача равновесного природопользования на современном этапе состоит, как видим, в том, чтобы нагрузка на естественную среду была близкой к гипотетической границе самовоспроизводства природы. При этом будет достигаться оптимальная, то есть наиболее устойчивая и

экономически эффективная скорость развития экономики. Иными словами, будет наблюдаться то, что в английском языке называется одним словом – *sustainability*. Подробнее можно прочитать в работах (Акимова и др., 2009; Бобылёв и др., 2011; Бобылёв и др., 2012; Дейли, 2009; Дейли, 2002; Лон, 2007, Устинова, 2011).

Важную роль призван сыграть принцип *нормирования экологических нагрузок*. Экологические нормативы (стандарты), ограничивая экологическую нагрузку на среду (выбросы и концентрации вредных веществ; степень физического влияния на компоненты естественной среды и др.), должны гарантировать непревышение экологических порогов. В свою очередь, экологические нормативы (стандарты) должны служить базой для оценки необходимых количественных и качественных характеристик товаров и услуг. Н. Ф. Реймерс вполне конкретно сформулировал ориентировочные значения экологических порогов (приведённых в предыдущей главе) (Реймерс, 1990).

Необходимо отметить, что задача определения естественных порогов чрезвычайно трудна, если учесть масштабы антропогенного воздействия на природу.

В настоящее время человечество выбросило в биосферу более 10 млн чужеродных ей химических веществ антропогенного происхождения. Примерно 70 тыс. из них используются повседневно (включая фармацевтические средства и пестициды), и около тысячи новых химических веществ ежегодно появляется на рынке. Впечатляет не только номенклатура вредных ингредиентов, но и их объёмы. За год в мире производится 300–400 млн т опасных отходов. Кроме того, в огромных количествах в окружающую среду преднамеренно вводятся пестициды (Международный, 2017; The international, 1996).

Принципы «экологических целей». Правильная целевая ориентация является чрезвычайно важным условием достижения устойчивого развития. Группу принципов, которые формируют экологическую направленность процессов развития, условно можно назвать *принципами «экологических целей»* (табл. 2.4).

Принципы «экологической мотивации». Так условно может быть названа группа принципов, призванных придать системе внутренне присущую ей движущую силу, которая бы обеспечила импульсы саморазвития системы (табл. 2.5).

Рассматривая данную проблему, чрезвычайно важно остановиться на двух ключевых моментах:

- 1) воспроизводстве мотивации самого *социально-экономического развития*;
- 2) воспроизводстве мотивации его *экологической обусловленности*.

Таблица 2.4 – Принципы «экологических целей» (составлена автором)

Название принципа	Содержание
1	2
1. «Экономики космонавтов»	Предусматривает изменение ориентации национальных экономик от количественных показателей возрастания (увеличения производства и потребления материальных товаров) к показателям <i>качества жизни</i>
2. Жизнеблагодатного комплекса	Декларирует необходимость перехода экономической системы от производства отдельных материальных благ (изделий и услуг) к формированию <i>жизнеблагодатных комплексов</i>
3. Гуманизации среды	При формировании среды существования человек должен перейти от приоритетности материальных благ и экономических интересов (в том числе минимизации затрат) к приоритетности информационных благ и экологических целей (качества жизни)
4. Демократизации выбора	Выбор экологических и экономических целей местных обществ (коммун, территорий) должен базироваться на желании жителей региона
5. Информатизации потребления	Структура общественного потребления должна развиваться путем оптимизации (для стран, которые развиваются) и минимизации (для развитых стран) материально-энергетической компоненты и расширения потребления информационных товаров (социальных, культурных, экологических)
6. «Отступающего горизонта»	Процесс формирования экологических целей должен находиться в постоянном развитии (одни цели должны заменяться другими) по принципу «программа – не документ, а процесс»

Таблица 2.5 – Принципы «экологической мотивации» (составлена автором)

Название принципа	Содержание
1	2
<i>Принципы импульсов развития</i>	
1. Саморазвивающихся структур	Иерархическая организация общества должна строиться на относительно <i>автономных</i> (с достаточной степенью свободы принятия и реализации решений) <i>самоуправляемых</i> и <i>самофинансируемых</i> структурах (коммунах, муниципалитетах, обществах, фирмах)
2. Общественного многообразия	В обществе должна существовать <i>разность потенциалов</i> между компонентами системы по разным параметрам, обеспечивающим социальное и экологическое многообразие (характеристики культурного, языкового, религиозного, экономического, производственного укладов)
3. Приоритетности позитивной мотивации	В обществе должен поддерживаться баланс позитивной (стимулирующей) и отрицательной (ограничивающей) мотивации при приоритете первой

1	2
Принципы экологизации	
4. «Знать – хотеть – уметь»	Необходимо постоянное воспроизводство в обществе трех взаимосвязанных подсистем: <i>информационного возбуждения, мотивационного воздействия и технической реализации</i>
5. Экологизации инструментов мотивации	Существующие в экономике мотивационные инструменты должны быть скорректированы для целей экологизации экономики
6. Превентивности	Действие используемых мотивационных инструментов должно быть направлено не столько на исправление допущенных экологических ошибок, сколько на их <i>предупреждение</i> в будущем

Первая подгруппа принципов, которые формируют обусловленность мотивации социально-экономического развития, условно может быть названа принципами «*импульсов развития*». В их задачу входит создание основных предпосылок, обеспечивающих:

- во-первых, структуризацию системы на *саморазвивающиеся сообщества*, наличие определенного расхождения (*диверсификации*) потенциалов между компонентами систем по разным информационным параметрам (показателям культурного, экономического, технического укладов), при сближении (*конвергенции*) их *экономических* потенциалов и создании предпосылок *конкуренции* (соперничества) отдельных структурных подразделений, которые способствуют активизации *бифуркационных механизмов* развития;
- во-вторых, формирование в обществе приоритетности *позитивной мотивации*, способствующей осуществлению трансформационных преобразований.

Вторым чрезвычайно важным моментом реализации рассмотренной группы принципов является воспроизведение мотивов *экологической обусловленности* (*экологизации*) социально-экономического развития. Подгруппа принципов, которые соответствуют этой задаче, условно может быть названа «принципами экологизации».

2.4. Механизм воспроизводства компонентов сестейновой экономики

Успех в управлении процессами формирования *сестейновой экономики* во многом зависит от того, насколько человек научится эффективно трансформировать свои экономические системы в направлении их постоянного совершенствования и снижения природоёмкости производства

условного продукта, необходимого для жизнеобеспечения одного человека. Далее данный процесс трансформации экономики в интересах устойчивого развития мы будем условно называть *экологизацией*.

Экологизация – это процесс формирования целостной системы, обусловливающей постоянное воспроизводство процессов трансформации в целях сестейнового развития основных производственных факторов (в том числе материальной основы, технических средств и людей), а также методов управления ими.

Уместно еще раз подчеркнуть условный характер термина «экологизация». Процессы перехода к *сестейновому развитию* значительно шире собственно экологического совершенствования, понимаемого как снижение технократической нагрузки на природные системы. Они охватывают широкий спектр явлений изменения качества социально-экономических систем, включая их гуманизацию, дематериализацию, этизацию и пр. Все они и должны включаться в упомянутые трансформационные процессы.

В английском языке используется широкий ряд более адекватных терминов: «greening» («зеленение»), «sustainable transforming» «sustainable sound transforming» (трансформирование, ориентированное на устойчивое развитие). Все они могут быть адекватно выражены русскоязычным термином *сестейнизация*.

В этой связи следует отметить, что для англоязычного понятия «sustainable» (означающего: имеющий отношение к устойчивому развитию) вообще не существует адекватных аналогов в русском или украинском языке. Это важно для адекватного перевода значительного количества соответствующих терминов (особенно с учетом той русскоязычной и украиноязычной терминологии, которая до сих пор используется). Не говоря уже о том, что существующие сегодня русскоязычные и украиноязычные базовые термины («устойчивый», «сталый», «стойкий») практически не позволяют формировать адекватных прилагательных и глагольных существительных (типа «сестейнизация»). Не станем же мы переводить сочетание «sustainable transport» или «sustainable goods» как «устойчивый транспорт» и «устойчивые товары» (ведь это предполагает прежде всего как нерепеволачивающиеся вещи – а они и не должны быть иными, за редким исключением). Думается, что более удачным является калькирование англоязычного термина «sustainable» – как «сестейновый» (напр., транспорт, стиль жизни, пр.), «сестейновое» (напр., поселение), или «сестейновые» (товары). Термин непривычный, зато точный – однозначно передающий изначальный смысл.

Цепочка последовательных процессов разрушения природы, накапливаясь, ведет к потребителю. Потребитель является единственным звеном в производственно-потребительском цикле, на выходе которого существуют только отходы. Очень трудно точно дать интегральную оценку экодеструктивным процессам всей цепочки производства и потребления про-

дукции. Однако, если учесть, что их основу составляют энергоёмкие процессы, то структура потребительского спроса на природу может быть в первом приближении оценена по *энергоёмкости* отдельных составляющих процессов потребления. Существуют и другие подходы оценки уровня экологичности, например, по *ущербоёмкости* производственных процессов, количеству *экологически неблагоприятных звеньев* в общем цикле производства и потребления продукции и др.

Звенья воспроизводственного механизма. Процесс *сестейнизации* производства должен представлять систему, постоянно воспроизводящую основные взаимосвязанные и взаимообуславливающие системные элементы (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Схема воспроизводственного механизма сестейнизации экономики (составлен автором)

К основным компонентам воспроизводственного механизма сестейнизации народнохозяйственного комплекса могут быть отнесены:

- воспроизводство сестейнового *спроса*;
- воспроизводство сестейнового предложения;

- воспроизводство сестейновых *человеческих факторов*;
- воспроизводство *мотивов* сестейнизации.

Указанный воспроизводственный механизм может реализовываться только под влиянием постоянного действия экономических инструментов (рычагов), которые будут способствовать сестейново направленной трансформации составляющих экономической системы и процессов, которые в ней происходят. Остановимся более подробно на компонентах указанной системы.

Управление процессами сестейнизации экономики предполагает формирование основных компонентов управляемой системы, т.е. тех объектов или субъектов экономической системы, на которые направлено *управленческое воздействие*, а также мотивационных механизмов, при помощи которых оно осуществляется.

В каждом конкретном случае механизм реализации *задач* сестейнизации предполагает формирование четырех таких взаимосвязанных системных компонентов, которые, условно говоря, составляют «квадрат» управленческого механизма сестейнизацией (см. рис. 2.5): *целевых установок*; объектов сестейнизации; субъектов сестейнизации; инструментов сестейнизации (перехода к сестейновому развитию).



Рисунок 2.5 – Схема механизма реализации задач сестейнизации (составлен автором)

В частности, в качестве цели сестейнизации может быть сформулировано *устранение* или *снижение* действия одного или нескольких экодеструктивных факторов. Это может быть предотвращение попадания в компоненты окружающей природной среды либо продуктовые цепи того или иного вредного вещества, уменьшение процессов, ведущих к нарушению ландшафтов и пр.

Конкретизация целей сестейнизации позволяет сформулировать частные задачи трансформации народнохозяйственного комплекса, к которым могут быть отнесены:

- реструктуризация экономики, отраслей и регионов;
- перепрофилирование предприятий;
- устранение (снижение) потребности в экологически неблагоприятных видах продукции или услугах;
- замена экологически неблагоприятных техпроцессов;
- снижение ресурсоёмкости продукции и т.д.

Направления сестейнизации. Анализ наиболее острых узлов экодеструктивного воздействия в производственно-потребительском цикле позволяет сформулировать основные *направления* формирования задач сестейнизации национальной экономики (рис. 2.6) (Oosterhuis et al, 1996).



Рисунок 2.6 – Схема концептуальных направлений формирования задач сестейнизации (экологизации) (составлен автором)

Объекты сестейнизации. Под объектами *сестейнизации* подразумеваются объекты экодеструктивного влияния, которые предполагается трансформировать для достижения целей сестейнизации. В свою очередь, под объектами экодеструктивного воздействия следует понимать процессы производства и потребления продукции либо сами продукты (изделия, услуги, выполняемая работа), применение (использование) которых создает причины нарушения природной среды.

Субъекты сестейнизации. Анализ потенциально возможных *субъектов* сестейнизации позволяет выделить несколько групп «целевых лиц» процесса сестейнизации, т.е. предприятий, организаций и физических лиц, воздействуя на которые, можно достигать целей сестейнизации. По отношению к рассматриваемой проблеме сестейнизации они условно могут быть названы: *первичными* (несут ответственность за процессы экологической деструкции, т.е. являются производителями и потребителями продук-

ции), *вторичными* (оказывают влияние не первичных субъектов; это, в частности, министерства и ведомства, в состав которых входят предприятия); *обслуживающими* (формируют правовое и мотивационное поле деятельности; это, в частности, правительственные и региональные органы управления) и *содействующими* субъектами (в частности, это – неправительственные организации, СМИ, пр.).

Стратегии сестейнизации. На основе отобранных направлений могут быть предложены три базовые и три промежуточные стратегии для определения объектов сестейнизации (экологизации) (рис. 2.7).

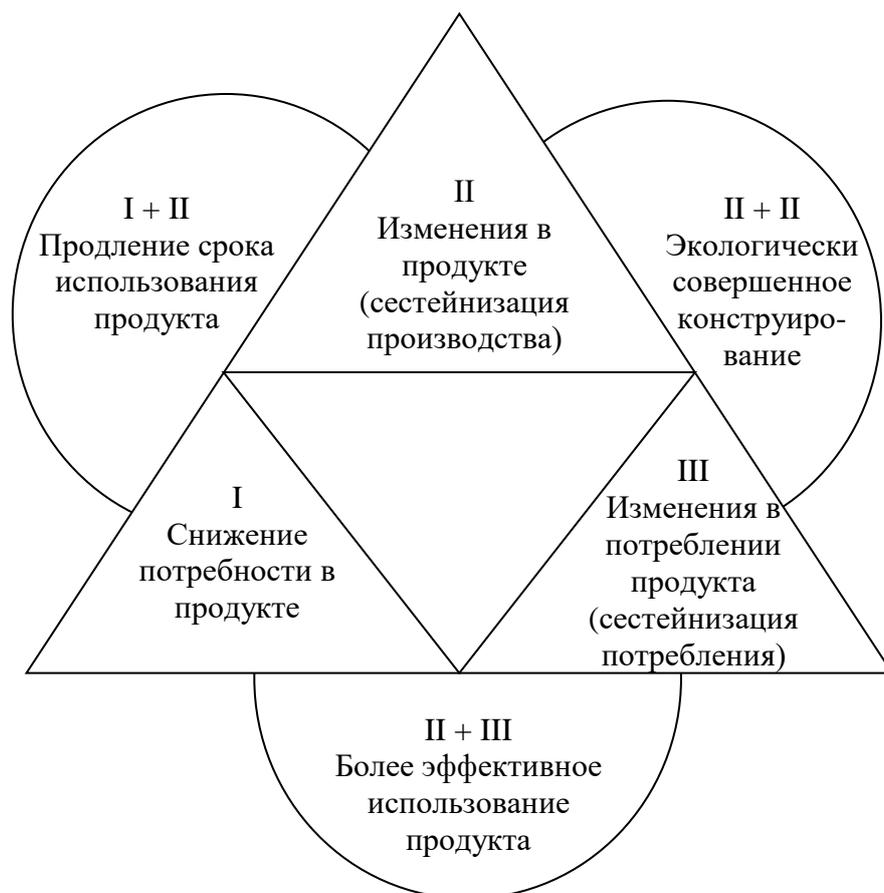
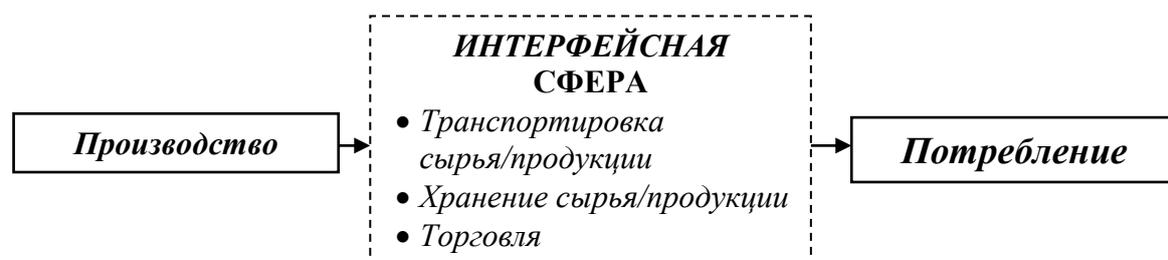


Рисунок 2.7 – Инновационные стратегии воздействия на объекты сестейнизации (экологизации) (составлен автором)

Стратегии воздействия на сферы хозяйствования. Как известно, в рыночных условиях механизмы регулирования экономических отношений между хозяйствующими субъектами реализуются через взаимодействие спроса и предложения. Воздействие на эти два компонента рынка и сферу, связывающую их, является исходной предпосылкой формирования ключевых стратегических схем управления процессами сестейнизации. В литературе по проблемам экологизации (Oosterhuis et al, 1996) называются

обычно три ключевые стратегии воздействия на экономические субъекты с целью реализации экологизации экономики:

- 1) *воздействие на предложение (производство);*
- 2) *воздействие на спрос (потребление);*
- 3) *воздействие на интерфейсную среду, т.е. взаимосвязи между производителями и потребителями.* Схематично это показано на рис. 2.8.



ЭКОДЕСТРУКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ



- Обусловленные производителем
 - Обусловленные интерфейсной сферой
 - Обусловленные потребителем

Рисунок 2.8 – Схема реализации стратегий воздействия на субъекты с целью сестейнизации экономики (составлен автором)

Как видим, явление сестейнизации хозяйственной системы имеет ряд отличительных особенностей. Во-первых, оно очень динамично и в случае успешной реализации должно представлять собой не разовую меру и даже не комплекс мер, а постоянный процесс воспроизводства трансформаций экономики. Во-вторых, эти изменения должны затрагивать не отдельные

звенья, но целостную систему хозяйственного механизма. В-третьих, движущей силой упомянутых процессов должны быть не только стимулирующие сигналы, следующие с верхних эшелонов власти, но и мотивационные импульсы сестейнового самосовершенствования, внутренне присущие экономическим субъектам различных управленческих уровней.

2.5. Проблемы и методы управления сестейновым развитием

Искусство сестейнового управления упомянутыми в подразделе 1.2 тремя системами (а именно: биологической природой человека, биосферой и социально-экономической системой) заключается в том, чтобы поддерживать относительно неизменным состояние первых двух систем и с необходимой скоростью изменять состояние третьей системы. Материалоёмкость и энергоёмкость обеспечения жизнеспособности человечества (в расчете на одного человека) должны уменьшаться, по крайней мере, такими же темпами, с какими растет население планеты (рис. 2.9).

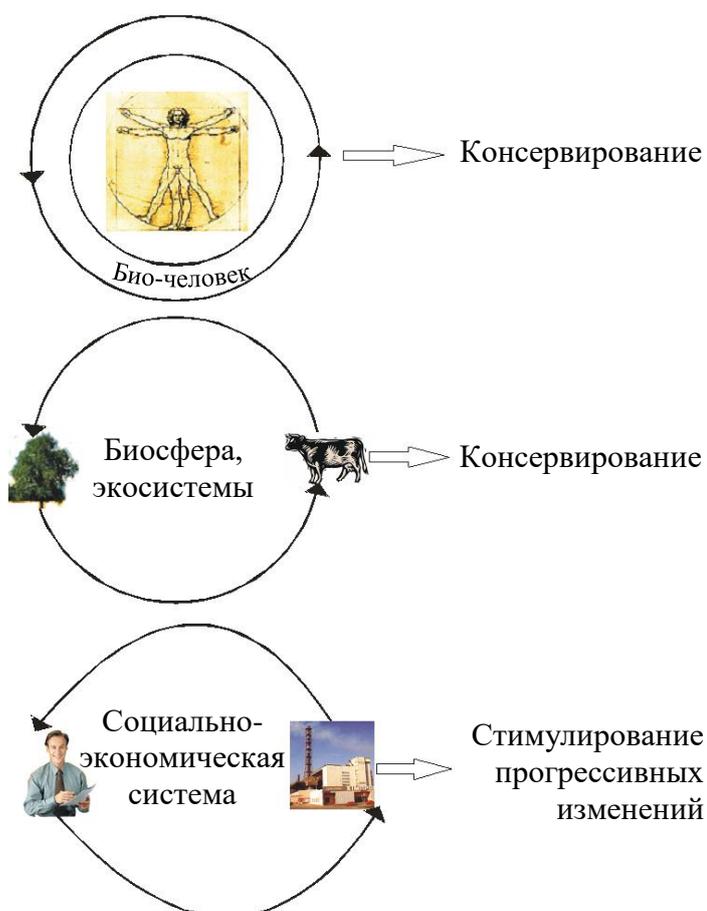


Рисунок 2.9 – Подходы к управлению базовыми системами при обеспечении сестейнового развития (составлен автором)

Уместно напомнить, что управление состоянием открытой стационарной системы может осуществляться на основе двух видов механизмов обратной связи – *отрицательного* и *положительного*. При помощи отрицательных механизмов обратной связи система пытается сохранить свое прежнее состояние, поэтому она действует в направлении, обратном воздействию (изменениям) внешней среды, то есть так, чтобы компенсировать (или погасить) это воздействие. При помощи положительных механизмов обратной связи система трансформирует свое состояние в том же направлении, в котором ее заставляют действовать изменения внешней среды (Веклич, 2009; Жарова, 2012).

Методы сдерживания. Опираясь на вышеизложенное, можно сказать, что объективная необходимость применения человеком механизмов отрицательной обратной связи возникает относительно тех систем, уровень *гомеостаза* которых не может быть изменен (если не теоретически, то, по крайней мере, практически) в пределах пространственно-временных параметров, определяющих существование на Земле биосферы и человеческой цивилизации.

К таким системам относятся: 1) биосфера планеты и ее составные экосистемы; 2) биологическая природа самого человека. Человек может существовать только в очень узком интервале физико-химических параметров среды, в которых он был сформирован природой. Отклонение этих параметров в ту или иную сторону угрожает гибелью человеческой цивилизации. Сохранение этого узкого интервала параметров среды должно обеспечиваться механизмами отрицательной обратной связи (*ограничения, регламентирование, стандарты, запреты, сдерживание, санкции* и т.п.).

Ограничения, связанные с необходимостью сохранения гомеостаза биосферы и составных экосистем, в отличие от ограничений, которые обеспечивают гомеостаз биологической природы человека, имеют относительный характер. Изменение условий естественной среды и гомеостаза биосферы будет иметь фатальный характер не для самой биосферы – за несколько миллиардов лет она пережила множество изменений, в частности, была свидетелем существования около 4 млрд биологических видов, которые на сегодня уже исчезли. Сохранение существующих естественных условий и гомеостаза планетных экосистем необходимо именно для Человека.

Это обуславливает использование механизмов отрицательной обратной связи, направленное на *консервирование* естественных территорий (заповедников, заказников, природных парков) и применение ограничений экологического воздействия на компоненты естественной среды.

Методы стимулирования. Подход, направленный на активизацию *прогрессивных* трансформаций, в отличие от предыдущего подхода не

ограничивает, а наоборот, стимулирует изменения. При условии, конечно, что они будут способствовать уменьшению экодеструктивного давления на окружающую среду. Такой подход базируется на применении механизмов *положительной* обратной связи.

Именно данный подход обусловил тот процесс, который превратил Человека из сугубо биологического существа в социальную (информационную, личностную) сущность, которой он является сегодня.

Формы методов, направленных на прогрессивные изменения, строятся на различного рода льготах (в налогообложении, кредитной политике, ценообразовании, субсидировании и пр.), призванных стимулировать развитие «зелёной» экономики, инноваций экологического назначения, ресурсосбережений – одним словом, всего того, что способствует переходу к устойчивому развитию. Этому же подчиняется государственная поддержка, формирование общественного мнения, деятельность неправительственных организаций и пр.

В совокупности методы управления, основанные на отрицательной и положительной мотивации, обеспечивают осуществление не отдельных мер экологической направленности, а формирование хозяйственного механизма, постоянно воспроизводящего взаимосвязанные и взаимообусловленные системные блоки, приближающие экономику к *сестейновому развитию*.

2.6. Мотивационные инструменты сестейнизации экономики

Под мотивационным инструментарием сестейнизации экономики следует понимать систему административных, экономических и социально-психологических инструментов, обеспечивающих воздействие на отдельных людей и коллективы для достижения целей сестейнизации. Основные направления формирования мотивационных инструментов, используемых в практике развитых стран, представлены в табл. 2.6.

Осуществление последовательных инновационных процессов сестейнизации социально-экономического развития возможно только в том случае, если экономике страны и ее структурным подразделениям удастся сформировать воспроизводственные механизмы, обеспечивающие движущую силу протекающих процессов. В данном случае использованная терминология («воспроизводственный механизм», а не, скажем, комплекс мероприятий) подчеркивает необходимое и жизненно важное условие – существование непрерывно повторяющихся и постоянно обновляющихся экономических предпосылок, обеспечивающих наличие импульсов и дви-

жущих мотивов, адекватных изменяющейся социальной и экономической ситуации в стране.

Таблица 2.6 – Классификация мотивационных инструментов сестейнизации (составлена автором на основе Environmental, 1998)

№ п/п	Категория	Содержание	Примеры
1	2	3	4
1	Инструменты прямого регулирования	Ограничивают и регламентируют поведение на рынке с точки зрения сестейновой политики	Запреты, процедуры признания и регистрации; экологические стандарты, гарантии, квоты ресурсов; квоты отходности; экологическая регламентация рекламы; ограничения; обязательства потребителя и пр.
2	Экономические инструменты	Действуют на рынке, устанавливая экономические стимулы, которые должны содействовать сестейново ориентированным (экологически качественным) продуктам и выступать против экодеструктивных продуктов	Экологические налоги и тарифы на продукцию; финансовое содействие; рыночные лицензии; платежи, передача форм собственности
3	Инструменты обязательного информирования	Обязывают производителя информировать потребителя об определенной экологической характеристике продукции	Обязательное наличие экологической маркировки, декларирование содержания
4	Инструменты добровольного информирования	Предполагают информирование на добровольной основе об экологических характеристиках продукции	Публикация экологических отчетов, экомаркировка продукции, экологические знаки качества
5	Добровольные соглашения по сестейновым (в частности экологическим) позициям	Устанавливаются между экономическими субъектами, разграниченными различными полями интересов (обычно это правительство, торговля, промышленность). Направлены на гарантию определенных экологических и/или социальных условий. Могут иметь более или менее узаконенный обязательный характер	Подписанные соглашения, самообязательства
6	Инструменты экологической защиты потребителя	Охватывают меры потребительских союзов, консультативных центров; предполагают потребительские санкции	Экономические и моральные санкции, общественное давление

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4
7	Нетрадиционные институциональные соглашения	Увеличивают сферу ответственности фирм, устанавливая новые отношения между производителями и потребителями, по поводу ответственности за экологические последствия, а также, соответственно, расширяют само понятие «продукции»	Эколизинг, распределение экологической ответственности и экологических издержек, формирование совместных экологических и социальных фондов
8	Нетрадиционные формы сотрудничества	Устанавливают связь между различными, часто соперничающими лицами с целью достижения двусторонней выгоды	Сотрудничество между производителями и экологическими организациями, между торговлей и экологическими организациями

Сегодня в странах ЕС для стимулирования процессов сестейнизации экономики используют три ведущих вида инструментов:

- **административно-командные инструменты** («жесткое право») – приказы и директивы, запрещения, ограничения по объему выбросов в атмосферу или процедуры лицензирования;
- **экономические инструменты** (ориентированные на рынок законы) – «зелёное» налогообложение, экологические платежи, сертификаты (торговые разрешения) или правила ответственности, «зелёные» субсидии и схемы продвижения, а также отказ от тех субсидий, которые наносят ущерб окружающей среде (в частности, отказ от дотирования цен на ископаемые виды топлива);
- **добровольные инструменты** («мягкое право») – информация, системы управления, периодический обмен опытом или добровольные соглашения между государственными структурами и ассоциациями частных предпринимателей («зелёные» договоры или союзы).

Примеры инструментов «жесткого права»:

- Регламент 2007/715/EU от 20 июня 2007 г. о разрешении на использование различных по токсичности выхлопа видов легкового пассажирского и грузового транспорта (Евро 5 и Евро 6) и о доступе к информации по ремонту и профилактике транспортных средств.
- Директива 2010/30/EU от 19 мая 2010 г. об указании на этикетке и в общей информации о продукте характеристик потребления энергии и других энергозависимых ресурсов.
- Директива 2010/31/EU от 19 мая 2010 г. об энергопотреблении зданий предусматривает: страны-члены ЕС должны обеспечить, чтобы после 31 декабря 2018 года все новые здания, занимаемые государствен-

ными структурами (или находящиеся в их владении), должны быть близкими к «нулевому потреблению энергии», а после 31 декабря 2020 г. этому требованию должны соответствовать все вводимые в строй здания.

Инструменты «мягкого права»:

- информационные материалы по «зелёной» экономике/«зелёному» бизнесу (интернет-ресурс); пример наиболее успешной практики: сайт Infocenter Environment/Economy (IZU)
- «зелёные» рекомендации; пример наиболее успешной практики – www.izu.bayern.de «Branchenleitfinden», где даны экологические советы для бизнеса: для гостиниц, предприятий общественного питания, автомобильных и транспортных предприятий, песчаных карьеров, типографий и др.;
- образцы систем управления (природопользованием) «зелёного» бизнеса; примеры наиболее успешных практик: схемы эко-менеджмента и аудита (EMAS), системы управления природопользованием ISO 14001;
- образцы систем управления энергопользованием ISO 50001;
- образцы добровольных соглашений («зелёные» договора или союзы) между государством и деловыми структурами; пример наиболее успешной практики: Природоохранный пакт Баварии (Umweltpakt Bayern) (правительство Баварии и представители баварской экономики добровольно взяли на себя обязательства по охране окружающей среды; Umweltpakt Bayern стал примером акций подобного рода для других федеральных земель).

В странах ЕС широко применяются меры экономического стимулирования развития сестейновой («зелёной») экономики. Стратегия ЕС до 2020 года предусматривает интеграцию элементов «зелёной» экономики в стратегии по экономике и занятости. Концепция «зелёной» экономики увязывается евроинститутами с реализацией Дорожной карты по переходу к конкурентоспособной низкоуглеродной экономике ЕС до 2050 года.

Примеры экономических стимулов

- *Налоги на энергию.* В ЕС 27 налогов на энергию составляют практически 72% всех эконалогов, что в денежном выражении означает 220 млрд евро, или 1,8% ВВП. В основе экологизации налоговых систем лежит идея двойного выигрыша – потенциального стимулирования занятости и поддержки конкурентоспособности национальных производителей. В настоящее время экологические налоги занимают существенное место в налоговых системах большинства стран ЕС.
- *Льготные налоги на возобновимую энергетику.* Закон о возобновимых источниках энергии призван расширить создание энергетических установок на базе альтернативной энергетики. Цель – увеличить долю возобновимых источников энергии в потреблении энергии и непрерывно наращивать ее в дальнейшем.
- *Программа повышения энергоэффективности зданий.*
- *Расширение экорынка.* Годовой оборот экоиндустрии ЕС составляет более 300 млрд евро (2,5% ВВП), около 3,4 млн человек (1,5% всех

трудоустроенных) непосредственно заняты в этой сфере. Четверть всех инвестиций – это инвестиции в чистые технологии.

- *Другие инструменты.* Германия, Испания и ряд других стран ввели в практику новые тарифы на подачу в сети электроэнергии от ВИЭ частных производителей. В Финляндии, Греции, Великобритании используют гранты, налоговые стимулы и даже специальные предписания, которые призваны побудить стимулирование производства и использования экологически безопасных источников энергии.

Диверсификация инструментов. Разнообразие организаций и ведомств, участвующих в продвижении и развитии «зелёной» экономики, является следствием широкого спектра форм реализации концепции «зелёной» экономики на национальном уровне, а также того факта, что она охватывает целый ряд отраслей и приоритетов. Как правило, министерства окружающей среды осуществляют общее руководство, располагая общей информацией по вопросам «зелёной» экономики и ресурсоэффективности, а также отвечают за интеграцию различных приоритетов в рамках данных концепций. Однако масштаб и сферы ответственности этих министерств могут существенно различаться от страны к стране, что отражает более широкие национальные приоритеты и сложившееся разграничение полномочий между ведомствами.

Цифры и факты по европейским странам

ГЕРМАНИЯ

- Эконалоговая реформа приносит в бюджет страны ежегодно более 20 млрд евро «зелёных налогов».

- Приняты Национальная программа по эффективности использования ресурсов, а также Национальная исследовательская стратегия по биоэкономике. Действует Программа экотехнологий Министерства исследований и технологий.

ФРАНЦИЯ

- Реализуются меры в области климата и окружающей среды, включенные в пакет стимулирования, в соответствии с приоритетными областями, установленными рамочной программой «Grenelle Environnement». Целью последней является выработка нового национального подхода к сестейновому развитию и создание национальной «дорожной карты» в области окружающей среды в интересах экологии, сестейнового развития и регулирования землепользования.

- «Зелёные» инвестиции составляют 18,3 процента (6,1 млрд долл. США) от общей стоимости плана оживления экономики (34 млрд долл. США).

- В портфеле «зелёных» расходов стимулирующего пакета Франции преобладают инвестиции в энергетику, а именно в обновление существующих электростанций, инфраструктуру электросетей и возобновимую энергетику.

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Страна имеет третий по величине рынок экологически чистых продуктов в Европе после Германии и Италии.

- Первой ввела налог на захоронение и складирование отходов, а за счет полученных от этого средств снизила ставку отчислений в фонды обязательного социального страхования.

- Задекларировано развитие экономики с низким уровнем выброса CO₂ и «зелёными технологиями» как стратегия национального развития. В частности, обнародованы «зелёные» проекты, нацеленные на создание 100 тыс. рабочих мест при строительстве школ, больниц и железных дорог.

- Создан Банк «зелёных» инвестиций (Green Investment Bank), на который в бюджете страны предусмотрен 1 млрд фунтов стерлингов. Задача – активизация научных исследований и технологических инноваций, которые призваны помочь стране достичь одну из главных целей – осуществлять борьбу с изменениями климата и создать рабочие места в области экологического производства.

Экономический кризис, который болезненно пережили большинство стран ЕС, привел к пересмотру позиций ЕК в области развития. Учитывая экономическую рецессию во многих странах, являющихся членами Европейского Союза, было предложено «пересмотреть позиции обрабатывающей промышленности». Доля промышленного сектора в экономике Евросоюза будет увеличена на 20% к 2020 году. В настоящее время удельный вес промышленности – около 15 процентов. Грядет Третья промышленная революция. Она началась вместе с внедрения цифровых средств связи и аддитивных производств (3D printing). Интернет изменил мир, ожидания людей, темпы и масштабы перемещением информации. Но источники энергии остались теми же. Теперь осуществляется переход на ресурсосберегающую и энергопроизводящую экономику знаний, объемное печатное производство, ВИЭ. Дома превращаются в производственные энергоединицы в распределенной горизонтальной «интеллектуальной» энергосети. Снижается роль ископаемого топлива. Происходит переход к удовлетворению индивидуальных запросов вместо массового ширпотреба.

Глава 3

ИНДУСТРИИ 3.0 И 4.0 КАК ТРАНСФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ СЕСТЕЙНОВОЙ ЭКОНОМИКИ

3.1. Объективный характер возникновения Третьей и Четвёртой промышленных революций

Переход к сестейновой экономике предполагает неизбежные радикальные преобразования общества. Именно эту задачу суждено решить Третьей и Четвёртой промышленным революциям (Т.п.р. и Ч.п.р.), в которые сейчас стремительно входит человеческое общество. Их ещё называют: Industry 3.0 и Industry 4.0.

Происходящие трансформации обещают затронуть не только технологическую основу. По мнению учёных, должен состояться беспрецедентный *фазовый переход*, сопоставимый по масштабам и значению разве что с неолитической революцией. Ожидается, что изменятся все стороны существования человеческой цивилизации, включая средства производства, экономические отношения, стиль жизни человека, его базовые потребности и занятия, а также много других атрибутов его жизни. В ряде публикаций (Агамирзян, 2013; Mindell, 2002; Rifkin, 2013; Rifkin, 2015; Schwab, 2016) рассмотрены отдельные стороны трансформационных процессов в ходе Т.п.р. и Ч.п.р.

Экономика является той ключевой сферой общества, которая обеспечивает реализацию процессов изготовления и потребления продукции. Поэтому она в полной мере зависит от базовых технологий производства материальных ресурсов и энергии.

Т.п.р. родилась как реакция производственной системы на экологические проблемы, которые не в состоянии решить существующая социально-экономическая формация. Видимо, невозможно дать простое определение Т.п.р. как любому сложному, многомерному явлению. С учётом этого Т.п.р. может быть определена через формулирование её базовых отличительных особенностей.

Третья промышленная революция – это явление радикальной качественной трансформации социально-экономических систем, характеризующееся: *переходом на возобновимые источники энергии и сырья, массовым внедрением аддитивных технологий и сетевых производственных систем, цифровой основой фиксации и передачи информации, формированием горизонтальных производственно-потребительских структур и соответствующих им солидарных форм экономических отношений.*

Четвёртая промышленная революция – это явление внедрения киберфизических систем в процессы производства и потребления продукции, при котором возникают полностью автоматизированные сети, действующие без непосредственного участия человека (Schwab, 2016; Industry, 2016).

Суть приведенных определений становится понятной только при более детальном рассмотрении содержания образующих их компонентов.

3.2. Основные задачи Третьей промышленной революции

Как мы уже отмечали, для качественных преобразований экономической системы должно быть готово состояние компонентов триады системформирующих групп факторов. Это значит, что каждая из названных групп факторов (материально-энергетических, информационных и синергетических) должна соответствовать целям и задачам трансформационного скачка согласованно с двумя другими группами. И в новом состоянии все три группы факторов должны соответствовать друг другу. При этом на различных этапах социально-экономического развития ведущую роль своеобразного «локомотива» преобразований обычно играет одна из трёх названных групп факторов.

Первая промышленная революция и зарождение индустриальной формации. В ходе Первой промышленной революции (называемой также Великой индустриальной), сроки которой обычно датируются ориентировочно 1770–1860-е гг., лидирующая роль в трансформационных процессах принадлежала *материально-энергетической* группе факторов. Основным можно считать то, что было положено начало переходу от ручного труда к машинному.

В числе ключевых явлений Первой промышленной революции называются (Промышленная, 2016):

- внедрение *пряделных машин* Ричард Аркрайта (Richard Arkwright) (1769), облегчивших ручной труд в процессах прядения нити из хлопка;
- использование *парового двигателя* Джеймс Уатта (James Wätt) (1775) в машинах для откачки воды в шахтах, а также в тех производствах (напр., мельницах), где недоступным было использование гидравлической энергии;
- внедрение в металлургии изобретённого Генри Кортон (Henry Cort) *процесса пудлингования* (1783–1784), который позволил заменить древесный уголь на каменноугольный кокс, использовавшийся в качестве энергоносителя в чёрной металлургии при производстве перепельного и ковкого чугуна.

Как видим, ключевые «прорывы» Первой промышленной революции, прямо или косвенно были связаны с решением именно энергетических проблем. Один из них решал проблему дефицита рабочей силы (физического труда), возникшую вследствие депопуляции в Европе из-за нескольких волн эпидемий (Щедровицкий, 2014). Другой – напрямую был связан с необходимостью усиления мощности орудий труда, что достигалось через внедрение в производство изобретённой паровой машины и её «накачку» энергоносителями (древесиной, углём). Третий – решал проблему дефицита энергоносителей, возникшую из-за вырубки лесов в Европе. Указанная промышленная революция решала и другие проблемы модернизации именно материальной основы. На смену древесине в качестве основного строительного и конструкционного материала пришёл металл, дававший возможность резко повысить прочность производимых изделий, а стало быть, и поднять пределы выдерживаемых ими силовых нагрузок. Благодаря этому, значительно расширились функциональные возможности промышленного производства, строительства, сферы потребления.

Существовала ещё одна причина, обусловившая возникновение достаточных предпосылок для начала промышленной революции. Ко второй половине XVIII века в Европе (прежде всего в Англии, благодаря потенциалу её колоний) произошло накопление критической массы капитала. Именно он сыграл роль квазиэнергетического ресурса, обеспечившего происходящие технико-экономические трансформации необходимым финансовым «топливом».

Таким образом, можно констатировать, что и *предпосылки необходимости* (смены ресурсной парадигмы), вызванные дефицитом рабочей силы и энергоресурсов (древесины), и *предпосылки достаточности*, обусловленные формированием экономических возможностей, носили материально-энергетический характер. Именно материальные факторы формировали импульсы к трансформации (приведению в соответствие) двух других групп факторов – информационных и синергетических.

В частности, пришли в движение компоненты, формирующие содержание *информационных факторов*. Стали востребованы наука и технические изобретения отдельных умельцев, которые тормозились до того неподготовленностью общества.

Достаточно упомянуть, что историческому изобретению Джеймса Уатта предшествовали десятилетия труда и десятки аналогичных изобретений других умельцев (наиболее известны запатентованные двигатели Томаса Севери (Thomas Savery), 1698 и Томаса Ньюкомена (Thomas Newcomen), 1712, а кроме того, эксперименты различных исследователей, изучавших связанные с этим термодинамические процессы (в частности, Дени Папена (Denis Papin), начало 1700-х годов) (Промышленная, 2016).

Был дан толчок также развитию *синергетических факторов*. Возросший производственный потенциал фабрик требовал расширения радиуса: с одной стороны, поставок исходных ресурсов, с другой – торговли готовой продукцией. Это обусловило развитие транспортных средств и коммуникаций (железных дорог, каналов). Стимулировалось также развитие более быстрых средств связи (в частности, телеграфа).

Вторая промышленная революция и развитие индустриального общества. «Раскочегаренный» паровой машиной экспресс Первой промышленной революции постепенно набирал обороты, «въезжая» в XIX век. И здесь выяснилось, что для его дальнейшего продвижения вперед нужны не только достаточное количество энергоносителей, но и «топливо» иного рода, способное упорядочить функционирование этого энергетического монстра. Увеличившийся в размерах, обретший энергетическую мощь, но неуклюжий в своей координации индустриально-фабричный монстр стал задыхаться без новых информационных идей. Они стали жизненно необходимыми для совершенствования производственного оборудования, повышения точности его работы, улучшения качества выпускаемой продукции, соединения в единое системное целое расплывающихся на большие расстояния производственных мощностей, источников сырья и потребительских сетей. Материально-энергетические факторы стали уступать пальму первенства *факторам информационной группы*.

Во Второй промышленной революции (старт которой был дан с 1860-х гг.) движущей силой трансформаций становится именно *информация*. Развитие экономики начинает базироваться преимущественно на научных достижениях, а не просто на удачных изобретениях. Совершенствуются процессы получения металлов и металлообработки, развивается машиностроение. Производственные процессы начинают формироваться на основе рукотворных химических и физических явлений (синтез уже используемых в производстве и вновь создаваемых веществ, новые технологии производства изделий, новые принципы двигателей и видов транспорта, электрификация производственных процессов, пр.) (Вторая промышленная, 2016).

Безусловно, развитие информационной основы оказывало воздействие на материально-энергетическую и синергетическую группу факторов. Создавались новые способы получения и использования энергии, новые материалы, двигатели, транспортные средства. Совершенствовались коммуникации (создавались сети транспортных магистралей, линии связи и пр.).

Иницилируя развитие двух других групп факторов (материальных и синергетических), мощный толчок получили и сами *информационные факторы*. Переживали подъем фундаментальная и прикладная наука. Государство и отдельные корпорации стали вкладывать в это значительные

средства. Возникли новые средства фиксации, обработки, передачи и воспроизводства информации (полиграфия, телефон, радио, фотография, кино, видео, телевидение, компьютер, факс, ксерокс, принтер).

Но самое главное – новые условия производства потребовали новых знаний, мировоззрения, интеллектуальных навыков работы, причём для большинства работающих исполнителей. Профессия под условным названием «белый воротничок» (а это – инженерно-технические работники, служащие, секретари, менеджеры и пр.) превратилась в массовую. Возникла потребность в обеспечении всеобщей грамотности, использовании новых методов управления, применении специфических приёмов воздействия на работающих, их организацию и мотивирование труда.

Таким образом, можно утверждать, что Вторая промышленная революция создала не только металлорежущие станки, поточное производство, электричество, телефон, радио, компьютер, автомобиль и авиацию. Её порождением стал также новый «человек-труд» – участник производственного процесса, массовый работник, в деятельности которого навыки *умственного* труда стали приоритетными. Только такой исполнитель мог ориентироваться в беспрецедентно усложнившихся информационных условиях промышленного производства.

Только такой исполнитель может разрабатывать и выдерживать стандарты, необходимые для того, чтобы создавались изделия, состоящие из сотен деталей, производимых тысячами рабочих в разных уголках Земли.

Только такой работник в состоянии контролировать десятки параметров производственных процессов, протекающих в запредельных физико-химических режимах (температур, давлений, электромагнитных характеристик, радиации, химической агрессивности или биологической активности).

Только такой исполнитель может управлять коллективами работников, в руках которых сконцентрировано подобное энергетическое могущество. Только такой исполнитель в состоянии справляться с задачами самоорганизации, самообучения и саморазвития, необходимость которых диктуется колоссальной скоростью изменения условий социально-экономической среды.

Одновременно происходили качественные структурные преобразования общества. В промышленно развитых странах критическое большинство населения стало принадлежать к этим самым интеллектуализированным исполнителям, которые в большинстве своём оставались нанятыми работниками. Но именно они со своими потребностями и финансовыми возможностями превратились в массовых потребителей (а значит, и заказчиков) производимой продукции, определяя спрос на неё.

Под воздействием процесса интеллектуализации потребителей облик этой продукции постоянно изменялся. В нём росло содержание информа-

ционных факторов, росла их наукоёмкость и информативность (ёмкость информации). Современные бытовые приборы, средства связи, жилища, индивидуальный транспорт становятся всё более «умными», вбирая в себя управляющие электронные средства и даже элементы компьютерной техники. То же самое можно сказать и о ещё об одной части товаров, поступающих на рынок, – *средствах производства*. Не в меньшей степени информатизируется и *сфера услуг*. Это затрагивает как сами услуги (образование, литературу, искусство, шоу, туризм), так и средства их производства.

Есть ещё одна важная особенность функционирования экономики в индустриальном обществе. В условиях стихийного формирования спроса на различные (физиологические, личностные и трудовые) потребности человека и бессистемности участия рынка в личностном развитии человека *массовый* интеллектуализированный покупатель стал формировать такие же массовые модели потребления и стили жизни, к которым должны были стремиться («подтягиваться») другие представители общества (не считая немногочисленной части населения со сверхдоходами). Таким образом, на определённом этапе развития общества данные рыночные механизмы формируют мощные стимулы развития экономики (в том числе и путём её интенсивной информатизации). Вместе с тем нельзя не признать, что подобные механизмы создают значительные возможности и для недобросовестных манипуляций спросом на различные виды товаров, в результате чего у значительной части населения формируется спрос на удовлетворение потребностей в изделиях и услугах (косметике, пищевых добавках, лекарствах, одежде, увлечениях и пр.), которые не только не способствуют личностному развитию человека, но часто и препятствуют этому или даже вредят здоровью человека.

Подводя итоги сказанному, можно констатировать, что *предпосылки необходимости* в ходе трансформационных процессов Второй промышленной революции обусловлены потребностями интеллектуализированного «человека-труда», превратившегося в то же самое время в массового покупателя на рынке. Его стремительно возрастающие доходы в качестве капитала (своеобразной квазиэнергии экономической системы) обеспечили спрос на массово производимую продукцию. Это и создавало *предпосылки достаточности* в развитии индустриального общества.

Ко второй половине XX века возможности индустриального общества, между тем стали исчерпываться, натываясь на жёсткие ограничительные пределы воздействия на природную среду. Колоссальная материалоёмкость и энергоёмкость экономических систем, глобальные масштабы производственного комплекса на фоне прогрессирующего роста населения планеты оказались несовместимы с реальной несущей способностью локальных экосистем и биосферы в целом.

При этом главной проблемой становится, как и при Первой промышленной революции, не дефицит природных ресурсов – с этим индустриальная технологическая основа научилась справляться, в том числе путем замещения одних исходных материальных ресурсов другими. Гораздо сложнее оказалось решить проблемы деградации в целом биосферы и в частности локальных экосистем (которые обеспечивают формирование ассимиляционного потенциала планеты), а также разрушения энергетической системы Земли вследствие перепроизводства энергии человеком.

Цели и задачи Третьей промышленной революции (Т.п.р.). Эти и другие противоречия (о последних не позволяет подробно говорить ограниченный объем раздела), которые были неразрешимы в рамках индустриального общества XX века, была призвана разрешить Т.п.р. Основные её компоненты (цифровые технологии, массовая компьютеризация и сетизация населения) зародились на излёте именно второй волны промышленных трансформаций.

Основные задачи, которые должна решить Т.п.р., принципиально отличаются от задач двух её предшественниц – Первой и Второй промреволюций. В ходе последних человечество пыталось нарастить своё материально-энергетическое могущество, соревнуясь в этом с природной стихией. Достаточно сказать, что в 1950-е годы во многих странах девизом было: «всё, что большое, – красиво!».

Для Т.п.р. ходом истории была задана другая цель: на новом витке социально-энергетического развития вернуться к гармонии с природой через трансформацию производственных систем, экологизацию общественного уклада и стиля жизни и преобразование самого человека. В этих условиях нужно стремиться не к увеличению масштабов, усилению мощностей и расширению количества форм общественного производства, а к их миниатюризации (сопровождающейся ростом производительности) увеличению функциональных возможностей, повышению эффективности экономических систем.

Как и в двух предыдущих промышленных революциях, в Третьей – трансформационным сдвигам подвергаются все три группы системоформирующих факторов экономических систем: материально-энергетические, информационные и синергетические. Однако на современном этапе эстафета лидерства переходит к *синергетическим* факторам. Именно они призваны интегрировать отдельные компоненты локальных экономических систем в единое системное целое – глобальную экономику «космического корабля» Земля. Именно так это происходит в природе, где отдельные локальные экосистемы, объединяясь, формируют единую биосферу планеты.

То, что в ходе Третьей промышленной революции основой происходящих трансформационных процессов становятся *синергетические* (коммуникационные) факторы, объясняется объективными причинами.

Во-первых, в производственном секторе «центр тяжести» переносится с крупных хозяйственных форм (мощных региональных электростанций, производственных гигантов, огромных перерабатывающих и обогащающих сырьё комплексов) на *сети*, состоящие из тысяч и даже миллионов маленьких производственных единиц (IT-предприятий, мини-энергетических установок, использующих 3D-принтеры производств). Они могут стать реальной производительной силой, лишь будучи объединёнными в целостные системы.

Во-вторых, сегодня реальностью становится деятельность трансграничных виртуальных производств, которые могут функционировать лишь на основе совершенных синергетических связей.

В-третьих, функционирование компьютерных (информационных) управляющих систем по принципу: «умный» завод, «умный» дом, «умный» город, «умная» транспортная магистраль, «умная» страна – также неосуществимо без аналитического и интегрирующего воздействия информационных сетей (прежде всего Интернета).

В-четвертых, сам Интернет как базовый фактор всепланетной памяти человечества стал продуктом синергетической интеграции локальных информационных систем.

На середину 2017 г. число потребителей, регулярно использующих Интернет, составило более 3,5 млрд человек, т.е. практически половину жителей Земли. С 2000 г. удельный вес пользователей Интернета увеличился в 6 раз – с 6,5 до 43%. В Европе проникновение Интернета достигло 80,2%, в Северной и Южной Америке – 88,1% и 62,4% соответственно. А в таких странах, как Норвегия, Великобритания, Катар, Япония и ОАЭ превысило 90% (Пользователи, 2017). Количество пользователей мобильных телефонов, к концу 2015 года достигло 7 млрд (т.е. практически сравнялось с количеством жителей Земли) (ООН, 2015). Объем электронной торговли достиг почти 15% всемирного объёма продаж (Интернет, 2015).

Фактически рубеж XX и XXI века и следует считать временем начала Третьей промышленной революции. Именно в этот период в полной мере соединились в единое целое – *Всемирную паутину* (www – World Wide Web) – три главных изобретения человечества, формирующих ключевые инструменты всепланетной памяти: *персональный компьютер, Интернет и цифровые технологии*. Они и обеспечили колоссальную скорость (быстродействие) реализации на глобальном уровне трёх ключевых функций памяти, а именно: фиксации, хранения и воспроизведения информации в любых её формах (печатных, аудио-, видео-). Это и послужило в конечном счёте причиной взрывного лавинообразного прогресса общественных отношений и технологий, в т.ч., через трансфер последних. Ибо скорость

развития любых систем (в т.ч., социально-экономических) обусловлена именно характеристиками быстрого действия их памяти.

Одной из важнейших задач трансформации *материально-энергетической основы* экономики в ходе Т.п.р. является её гармонизация с природной средой. Это предполагает, прежде всего, дематериализацию систем производства и потребления продукции, иными словами, их значительное «облегчение», т.е. снижение материалоемкости и энергоёмкости на единицу производимой продукции (выполняемой работы) и на одного проживающего на Земле человека, жизнедеятельность которого нужно обеспечить всем необходимым. Кроме того, задача экологической гармонизации материально-энергетической основы обуславливает необходимость перехода на органически сочетающиеся с экосистемным метаболизмом вещества и замкнутые циклы использования ресурсов. Не случайно в английском языке применительно к экологически благоприятным изделиям используются термины: «environmental friendly», «natural sound», означающие *дружественность* по отношению к природной среде или *созвучность* с природой.

Как видим, причину Т.п.р. следует искать в противоречиях экологического характера. Поводом же для её старта послужила крупнейшая в современной истории радиационная авария (максимального 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий) на АЭС Фукусима-1 (Япония). Именно она заставила пересмотреть стратегические планы развития ЕС. Во многих странах Евросоюза доля электроэнергии, вырабатываемой на атомных электростанциях, составляла в среднем от 30 до 40% (Болгария, Венгрия, Германия, Италия, Словения, Финляндия, Швеция). А в Словакии (54%) и во Франции (78%) более половины национальной электроэнергии производилось на АЭС (Бобылёв, 2016; Одессер, 2016). Шок от японской катастрофы был настолько силён, что заставил искать замену энергетическому атому. В относительно бедной на ископаемые энергоресурсы Европе проблема могла быть решена только через интенсификацию использования возобновимых источников энергии. Потянув за одно звено, Европе удалось привести в движение и ускорить процессы во всей цепи целостного системного явления под названием «Третья промышленная революция».

Нельзя не упомянуть и ещё об одной задаче, которую призвана решить Т.п.р. Она должна изменить императив формирования сущностных начал человека. В частности, экономика должна перейти от обслуживания преимущественно материальных потребностей физиологической и экономической природы человека (т.е. «человека-био» и трудовой сущности «человека-трудо») к обеспечению системного личностного развития социальной сущности человека («человека-социо»).

3.3. Предпосылки реализации Третьей промышленной революции

В ходе Т.п.р. предпосылки формирования «зелёной» экономики закладываются через триединую систему взаимодействия материально-энергетических, информационных и синергетических факторов.

Как мы уже отмечали в предыдущем разделе, любая система формируется во взаимодействии трёх начал (базовых групп факторов): материальных, информационных и синергетических. Условно (символически) их функции можно выразить следующим образом: *материальные* – движут (совершают работу); *информационные* – направляют (формируют информационный алгоритм развития); *синергетические* – объединяют (обеспечивают согласованное поведение отдельных подсистем). (Подробно – в: Мельник, 2016).

На рис. 3.1 показаны необходимые базовые предпосылки для реализации Т.п.р. Они предполагают: во-первых, наличие эффективных (т.е. достаточно дешёвых на единицу выполняемой работы) технических средств



Рисунок 3.1 – Базовые предпосылки для реализации Т.п.р. и старта Ч.п.р. (составлен автором)

(в частности, установок альтернативной энергетики и 3D-принтеров); во-вторых, обеспечение единой («цифровой») основы фиксации и передачи информации (для реализации коммуникаций человека с человеком, человека с машиной и машины с машиной), а также формирование глобальной системы памяти и своеобразного всепланетного «мозгового центра» на основе «облачных» технологий; в-третьих, формирование единой коммуникационной основы на базе Интернета и сетевых систем.

Цифры и факты

До конца 1980-х годов подавляющее большинство информации фиксировалось и хранилось в так называемой аналоговой (т.е. непрерывной) форме. Такими были рисунки, фото и киноматериалы, печатная продукция. И только 1% мировой информации хранился в цифровой (digital) форме. 2002 год стал переломным, когда количество аналоговой и цифровой форм информации, хранимой человечеством, сравнялось. В 2007 году количество цифровой информации уже достигло 94%, а в 2014 году – стало подавляющим (99%).

В то же время количество хранимой человечеством информации возросло с 2,6 эксабайтов (1 эксабайт = 10^{18} бит) в 1986 году до 5000 эксабайт (5 зеттабайт) в 2014 году (Digital, 2017).

Интересны и другие цифры. В 1990 году услугами интернета пользовалось лишь 0,05% жителей Земли. Тогда как в 2016 году это число достигло половины населения планеты (Digital, 2017).

При внимательном анализе можно понять, что каждая из перечисленных групп предпосылок обуславливает как бы два разреза: *технический* и *экономический*. Первый – предполагает само техническое решение проблемы создания соответствующего средства. Второй – связан с обеспечением их дешевизны, достаточной для массового внедрения на уровне предприятий, регионов и национальных экономик.

С определенной степенью условности можно сказать, что технически упомянутые группы предпосылок закладывались в рамках В.п.р. Именно тогда рождались принципиальные технические решения по созданию солнечных панелей, ветрогенераторов, 3D-принтеров и компьютеров. Однако их совершенство, эффективность, технологичность, обеспечивающие резкое удешевление, достигались уже со стартом Т.п.р. Впрочем, можно сказать и иначе: достижение достаточной дешевизны указанных средств и явилось тем спусковым крючком, который дал старт лавинообразному ходу Т.п.р.

Главным прорывом Т.п.р. стало обеспечение дешевизны и эффективности: а) получения возобновимой энергии; б) аккумулирования энергии; в) производства и эксплуатации 3D-принтеров; г) фиксации, обработки и передачи информации. В этом убеждают факты множества публикаций.

С 1970 г. стоимость производства солнечной энергии сократилась в 150 раз (!). Прогнозируемое на 2021 г. выравнивание цен на традиционную и альтернативную энергию было достигнуто уже в 2015 году (Shahan, 2016).

В печати появились сведения о возможном существенном снижении стоимости 3D-принтера. В частности, такое устройство может стоить не больше холодильника – в пределах 180 долларов США (Загорская, 2015 б).

Сегодня технологии стали настолько дешёвыми, что, например, производство сенсоров и RFID-меток перешагнуло порог дешевизны в один доллар. Тем самым сделан решающий шаг к их массовому применению и к старту Четвёртой промышленной революции, основой которой является идентификация материальных объектов.

Формирование указанных предпосылок создало реальную основу для решения в ходе Т.п.р. революции ряда практических задач сестейновой трансформации экономики.

3.4. Ресурсно-технологические вызовы

Экологические вызовы. Не вдаваясь в подробности, выделим два важнейших экологических вызова, на которые должны ответить экономика и бизнес в ходе Т.п.р. Они условно могут быть названы *ресурсным* и *энергетическим*.

Ресурсный вызов обусловлен необходимостью снижения экологической нагрузки на природные системы Земли. Это связано с переэксплуатацией природных ресурсов, нарушением воспроизводственного потенциала и несущей способности экосистем (reproduction potential and carrying capacity), разрушением и загрязнением компонентов природной среды. В частности (как мы уже сообщали в подразделе 1.2), известный среди экологов (environmentalists) показатель «экологического следа» на одного жителя Земли (т.е. средней площади планеты, необходимой для удовлетворения потребностей одного человека) превышает удельную несущую способность биосферы почти на половину (Global Footprint, 2016).

Решение проблемы может обеспечиваться благодаря широкому внедрению *аддитивных технологий* на основе использования 3D-принтеров. Это позволило бы добиться требуемого сокращения ресурсоёмкости производства продукции (изделий и услуг) в разы (!) (What, 2016; LaMonica, 2016; The 7 categories, 2016).

Энергетический вызов связан с критическим перепроизводством энергии техногенными системами Земли. Результатом является разрушение энергетической системы планеты, что, в частности, ведёт к нарушению климата. Таким образом, насущной потребностью является переход к

методам получения энергии, не добавляющим дополнительное количество энергии на планете, а лишь перераспределяющим то, которое поступает на Землю из космоса. Именно такую задачу позволяют решить так называемые *возобновимые*, или *альтернативные* источники, использующие энергию солнца, ветра, биохимических реакций, перепада воды, волн и др. В ходе Т.п.р. переход человечества исключительно на использование именно таких источников становится реальностью.

О том, насколько успешно решается задача перехода на возобновимые источники энергии, свидетельствуют убедительные факты.

В настоящее время доля энергии, производимой из возобновимых источников, в мире достигла 23% (Hill, 2016). В ряде стран и отдельных регионов (Дания, Германия, Португалия, Шотландия, Чили, Швеция) в отдельные периоды времени эта доля уже превышает 100% (Турлікьян, 2016 б; Федосенко, 2016 е; Bolton, 2016; Coren, 2016; Denmark, 2015; Johnston, 2016; Scotland, 2016).

С 2000 года удвоение производства энергии возобновимыми источниками состоялось: по солнцу 7 раз, а по ветру 4 раза (New Energy, 2016). К 2018 году прогнозируется увеличить производство энергии по солнцу в 2 раза, а по ветру – в 1,5 раза (New Energy, 2016). С 1970-х годов стоимость производства солнечной энергии сократилась в 150 раз (Shahan, 2016).

В конце 2015 года стоимость производства возобновимой энергии во многих странах мира сравнялась со стоимостью производства традиционной энергии (т.е. на угле, нефти и газе) (Weaver, 2016).

Для бизнеса этот вызов трансформируется в несколько ключевых направлений: во-первых, освоения *новых технологий*; во-вторых, изготовления принципиально *новых средств производства*; в-третьих, формирования и обслуживания новой *инфраструктуры* под новые технологии; в-четвёртых, производства *новых материалов*; в-пятых, *утилизации* материалов и технических средств после окончания срока их жизни; в-шестых, освоения *новых профессий*, связанных с упомянутыми трансформациями.

Технологические вызовы. Задачи радикальной *дематериализации* производства могут быть реализованы только при условии широкого овладения (mastering) бизнесом аддитивных технологий.

Революция в материалах. Переход на аддитивные методы производства сопровождается также революцией в материаловедении. Сегодня материалы всё больше превращаются из вещественных *субстанций*, свойства которых достигаются в ходе продолжительных производственных процессов, в «*конструкции*», нужные характеристики которых закладываются *непосредственно в процессе производства* из них создаваемых изделий.

Становится реальностью также конструирование композитных материалов с управляемыми свойствами, которые могут изменять свои харак-

теристики и форму уже после их создания, исходя из конкретных задач и функций изделий (Краснянский, 2015; Загорский, 2014; Щедровицкий, 2014). Такая технология печати получила название четырёхмерной (4D), так как в ней добавлено четвертое измерение – *время*.

Третьей востребованной особенностью современных материалов становится их органическое сочетание с природными экосистемами.

В частности, разрабатываются методы изготовления производственных «чернил» (так называют материалы, с которыми работают 3D-принтеры) из целлюлозы – самого распространённого органического соединения планеты, которое совершенно безболезненно воспринимается и утилизируется экосистемами планеты по завершении эксплуатационного срока изделия (Доронин, 2015 в).

Инструментальная революция (распространение 3D-принтеров). Сегодня всё более отчётливо вырисовываются задачи, которые призвано решать информационное обеспечение современного материаловедения, ориентированное на использование 3D-принтеров: увеличение сложности и многообразия производимых изделий; обеспечение гибкой вариабельности, т.е. возможности быстро и с минимальными издержками изменять свойства материалов; максимальное снижение стоимости материалов и стоимости оборудования, работающего с этими материалами (3D-принтеров), и др.

Постоянно растёт количество материалов, с которыми одновременно могут работать 3D-принтеры. Сегодня их количество уже доведено до десяти. Осваивается методика *3D-сканирования*, которая позволяет экономить время и деньги на подготовку к производству (Горина, 2015).

В печати появились сведения о возможном существенном снижении стоимости 3D-принтера. Уже сегодня самые дешёвые 3D-принтеры сопоставимы по стоимости с предметами бытовой техники (напр. холодильника). Это говорит о том, что скоро они могут войти в дом большинства людей, как сегодня вошли телевизор, холодильник, посудомоечная машина и другие предметы. Вместе с 3D-принтером в дом войдёт и рабочее место. Такая картина совершенно изменяет производственные отношения в экономике.

3.5. Экономические вызовы

Чрезвычайно важной задачей, которую призвана решить Т.п.р., является *удешевление* технических средств и процессов. Т.п.р. получила от Второй промышленной революции (В.п.р.) техническую возможность и

инструменты решения большинства производственных задач. Именно в рамках В.п.р. были созданы технические средства альтернативной энергетики (в частности, солнечные панели и ветрогенераторы), аккумуляторы, различные виды роботов и автоматизированного оборудования, компьютеры, видеокамеры, Интернет, средства дистанционного контроля и многое другое.

Вызов экономичности. Задача Т.п.р. была сделать все указанные технические достижения массовыми, доступными по цене широкому кругу потребления. В частности, персональный компьютер должен был появиться у большинства населения. Только тогда мог произойти и технологический прорыв.

Последнее чрезвычайно важно, так как само понятие переход на новые технологии предполагает не только теоретическую осуществимость определённых процессов (изменений), но и практическую реализуемость указанного явления в массовых масштабах с учётом экономических и экологических ограничений, накладываемых соответствующими характеристиками самих систем и ситуацией в обществе. Функционирование каких-нибудь нескольких сотен и даже тысяч дорогостоящих устройств по автоматизации быта (пусть даже и при помощи Интернета), которые могут себе позволить только очень состоятельные семьи, при всём желании нельзя назвать революцией. Чтобы считаться революционным, любое явление должно стать массовым, доступным большинству членов общества. В частности, чтобы была реализована Четвёртая промышленная революция, означающая прямую межмашинную коммуникацию, необходимо, чтобы и компьютеры, и интернет-подключения, и мобильные телефоны, и сами технические устройства стали достаточно дешёвыми (во всяком случае, ощущались бы такими для большинства производителей и потребителей). А для этого они должны стать на порядок, а в ряде случаев – на порядки эффективнее.

Подобные изменения происходят буквально на глазах ныне живущих людей. Чтобы в этом убедиться, достаточно взглянуть на данные таблицы 3.1. В ней показаны некоторые показатели, характеризующие динамику снижения стоимости отдельных технических средств, обеспечивающих реализацию важнейших производственных процессов или осуществления самих процессов.

Однако даже такие впечатляющие цифры необходимо воспринимать исключительно условно, так как в качественном отношении свойства современных технических средств и их аналогов 35-летней давности просто несопоставимы по выполняемым функциям ни с точки зрения их сложности, ни с точки зрения качества реализуемых действий.

Таблица 3.1. – Снижение стоимости технических средств / осуществления единицы работы за последние 35 лет (по данным Интернет-публикаций) (составлена автором)

Техническое средство/процесс	Кратность изменения, раз
Процессор в компьютере	10000
Сенсор и RFID метка	1000
Выполнение одной условной операции на автоматическом устройстве	1000
Видеонаблюдение	500
Производство 1 кВт-час электроэнергии на солнечной батарее	150

Достаточно сказать, что микропроцессор современного компьютера выполняет несколько миллиардов операций в секунду, в то время как устройство с подобными функциями в начале 1980-х выполняло лишь несколько тысяч. Другой пример: благодаря волоконно-оптической связи скорость передачи информации возросла более чем на 5 порядков.

Уместно отметить три существенных момента. Во-первых, то, что наиболее значительная часть упомянутых изменений (в частности, снижение стоимости) пришлась на последнее десятилетие, т.е. на период, когда стартовала Т.п.р.

Во-вторых, стоимостные показатели не могут в полной мере отразить всю глубину явления *повышения эффективности* функционирования технических систем. Оно гораздо глубже и измеряется множеством других параметров. В частности, на примере прогресса в развитии аккумуляторных батарей это проявляется в существенном снижении (порой на порядки) размера и веса аккумуляторов на единицу их полезной ёмкости, значительном сокращении времени их заправки (достигающей уже всего нескольких десятков секунд), увеличении времени работы (в частности, пробега электромобилей на одной заправке, что для рекордных образцов уже составляет более 1000 км), росте развиваемой при помощи аккумуляторов мощности технических систем (в частности, скорость электромобилей достигает уже 700 км/час).

В-третьих, за последние годы произошли явления (в частности появились технические средства и процессы), которых просто раньше не существовало, но которые способны радикально, скачкообразно повысить эффективность производственных систем. Речь идёт о *цифровых и «облачных» технологиях* при передаче, фиксации и обработке информации, *3D-принтерах* при изготовлении продукции, *GPS и других спутниковых технологиях* при контроле за пространственными процессами, *коммуникациях*

между киберфизическими системами, Интернете вещей и «умных» сетях в управлении производственными и социальными системами.

Данные изменения не могли бы происходить без сотен каждодневных инноваций, рождаемых уже в недрах Третьей промышленной революции. Упомянутые инновации не рождаются сами собой. Их должен генерировать сам бизнес, задачи которого существенно изменяются в ходе Т.п.р.

3.6. Организационные и структурные вызовы

Усиление потенциала самоорганизации. В условиях трансформационных процессов Т.п.р. и Ч.п.р. колоссально возрастает потребность в обеспечении самоорганизации экономических систем. И на то существует сразу несколько причин.

Увеличение темпов жизни. Сегодня общепризнанным фактом стало ускорение различных процессов, протекающих в производстве и обществе. Увеличиваются темпы: осуществления научных открытий, внедрения их в производство, изготовления товаров, строительства объектов, реализации продукции, перемещения людей и грузов, смены используемых технологий, замены моделей потребляемых товаров и услуг, изменения стиля жизни. Реализация обратных связей при функционировании социально-экономических систем в столь интенсивном темпе возможна лишь на основе самоорганизации отдельных подсистем и исполнителей. Централизованное управление с принятием решений на вышестоящих уровнях уже просто не успевает адекватно реагировать на постоянно изменяющиеся условия среды.

Ужесточение условий деятельности. Возрастают не только темпы жизни, но и перепады параметров (физических, химических, биологических), при которых приходится функционировать техническим системам. Увеличиваются также факторы риска, и растут возможные последствия от нарушения нормального режима функционирования систем. Все это ведет к возрастанию цены единицы времени, что усиливается ростом цены возможных ошибок. Реальный контроль над ситуацией может быть обеспечен посредством усиления режима самомониторинга и самоорганизации систем.

Динамизм трансформационных процессов. Естественным следствием ускорения темпов жизни и деятельности человека является более частая смена базовых структур производства и потребления продукции. В частности, во второй половине XIX века средний период замещения технических средств нововведениями составлял 50 лет, во второй половине XX века – 5–10 лет, в настоящее время он измеряется годами, а в некоторых отраслях – месяцами. Контролировать соответствующие бифуркации (это значит, принимать адекватные решения о сроках, месте и средствах реали-

зации) можно лишь на основе самоорганизации систем. Только такой подход позволяет учитывать значительные объемы конкретной информации на местах (т.е. «думать глобально – действовать локально»). Централизованное стандартизированное управление из вышестоящего уровня неприемлемо по причине как запаздывания сроков реализации обратных связей, так и невозможности учета нестандартных локальных условий.

Непредсказуемость эволюционных траекторий. В силу многофакторности и многовекторности развития формируемых человеком систем предвидеть последствия их эволюции чрезвычайно трудно. Еще сложнее контролировать поведение саморазвивающихся систем, которое они могут демонстрировать в будущем. Одной из важных задач становится проектирование траекторий развития систем с контролируемыми параметрами их самоорганизации.

Усиление воздействия на природу. Возросшие масштабы антропогенного воздействия на экосистемы планеты давно уже превосходят пределы ассимиляционного потенциала природы. Одной из первоочередных задач становится переход от «жестких» к «мягким» методам управления природопользованием. Последние в максимальной степени учитывают и используют механизмы самоорганизации и саморегулирования природных систем. «Мягкое» природопользование, по определению Н.Ф. Реймерса, построено не на грубом техногенном вмешательстве в природу, а на иницировании (усилении) полезных и естественных цепных реакций, в том числе процессов самовоспроизводства природных ресурсов и осуществления ассимиляционных функций.

Самоорганизация социальных систем. Одним из явлений, с которыми все больше приходится считаться в XXI веке, является значительное усиление потенциала самоорганизации социальных систем. Этому способствует ряд предпосылок: во-первых, значительное повышение интеллектуального и образовательного уровня основной массы людей; во-вторых, существенное расширение доступа населения к информации; в-третьих, совершенствование коммуникаций (компьютеризация населения, развитие инфраструктуры Интернет-услуг, возникновение и расширение социальных сетей и пр.); в-четвертых, объективно обусловленная необходимость активизации населения при решении экологических проблем (в частности, его стремление к сбережению на локальном уровне уникальных экосистем); в-пятых, стремление сохранить культурную идентичность и противостоять социальной унификации на фоне процессов глобализации.

Увеличение общественных издержек. Усложнение систем жизнеобеспечения человека сопряжено с увеличением общественных издержек функционирования экономических систем. Децентрализация управления, основанная на самоорганизации систем, которая значительно эффективнее

централизованного (командного) управления, является естественной реакцией систем, направленной на повышение их эффективности.

Можно сформулировать несколько ключевых принципов, обеспечивающих самоорганизацию экономических систем в интересах экологизации экономики и сестейнового развития.

1. Уровень жизни людей в сообществе должен зависеть от результатов их труда.

Ничего так не развращает (в том числе и в экологическом отношении), как бесплатность (в широком смысле), т.е. возможность жить за счёт других; в числе этих других оказывается и природа. Это значит: потреблять больше, чем ты создаёшь для этого.

2. Результаты труда должны зависеть от результатов воспроизводства природной среды.

Упомянутая зависимость принципиально различается в «зелёной» и «бурой» экономиках. Первая ориентируется на использование возобновимых, а вторая – невозобновимых ресурсов. В частности, собственник курорта, использующего какой-либо бальнеологический ресурс (минеральную воду, грязи, пляжи или просто лесной ландшафт), понимает, что если данный природный объект угробить, будет подорвана и экономическая основа функционирования его предприятия. Количественные и качественные характеристики упомянутых ресурсов должны воспроизводиться из года в год, иначе нечем будет «торговать». Поэтому подобные предприятия тратят свои усилия и средства не только на получение прибыли через оказание рекреационных услуг, но и на воспроизводство качества базового ресурса или хотя бы на его охрану.

Иное дело деятельность «бурых» предприятий, например, горнодобывающих комбинатов. Они заботятся о восстановлении (рекультивации) нарушаемых ими ландшафтов только из-под «палки» – т.е. только в том случае, если государство устанавливает систему платежей и штрафов для интернализации произведенных ими *экстерналий*. Иными словами, если правительственным организациям удаётся «навязать» таким предприятиям оплату экономического ущерба от внешних для них результатов их деятельности (потерь) и перевод последних во внутренние финансовые результаты их деятельности. Это значит, что за все подобные случаи им нужно будет платить из собственного кармана.

3. Результаты воспроизводства природной среды должны зависеть от воспроизводства работающими (особенно управляющим составом) их экологических знаний и навыков.

Это должно стимулировать постоянное повышение экологической и эколого-экономической грамотности, позволяющей понять, как результаты производства влияют на состояние экосистем.

4. *Работающие должны стать совладельцами средств производства.* Подобные экономические отношения способствуют формированию солидарной экономики.

В этом случае среда, в которой приходится хозяйствовать, для всех работающих превратится в природный капитал, обеспечивающий им средства существования на отдалённую перспективу. Разница между нанятым рабочим и собственником заключается в восприятии горизонта их экономических интересов. Для первого приоритетны текущие (в крайнем случае, тактические цели). Если что не так с состоянием природного ресурса, на котором базируется его предприятие, он может перейти на другое предприятие, хозяйствующее в другой экосистеме. Для собственника же «зелёного» предприятия, как правило, его бизнес привязан к конкретному участку земли с конкретными возобновимыми ресурсами. Это заставляет осознать долговременную зависимость успехов экономического субъекта от качества кормящей его природной среды.

5. *У предприятий должно хватать средств для воспроизводства качества природных ресурсов.*

Даже при горячем желании собственников они не смогут рационально управлять природоохранной деятельностью, если из-за «драконовской» налоговой системы или по другим причинам (например, из-за бюрократического или криминального рэкета) у них физически не будет оставаться средств на это.

6. *Государство должно осуществлять политику, стимулирующую развитие «зелёной» и тормозящую развитие «бурой» экономик.*

Для этого должна применяться система экономических инструментов (стимулов и антистимулов: платежей, налогов, субсидий, пр.), обеспечивающих соответствующую мотивацию.

Структурные трансформации. Грядущее производство ожидают значительные структурные преобразования. Связано это, прежде всего, с тем, что на смену крупным хозяйственным формам (мощным региональным электростанциям, производственным гигантам, огромным перерабатывающим и обогатительным комплексам) должны прийти *сети*, состоящие из тысяч и даже миллионов маленьких производственных единиц (IT-предприятий, мини-энергетических установок, использующих 3D-принтеры производств). Они могут стать реальной производительной силой, лишь будучи объединёнными в целостные системы.

Горизонтальные структуры. Сама специфика «зелёной» экономики и функционирующей в её рамках «зелёной» энергетики требует коренной трансформации синергетической (коммуникационной) основы. Более того, можно уверенно утверждать, что без подобных преобразований ни «зелёная» экономика, ни, тем более, «зелёная» энергетика не могут быть реализованы. Основные доводы сводятся к следующему.

В отличие от традиционной энергетики, которая основана на больших по объему перерабатывающих мощностях, «зелёная» энергетика использует огромное количество небольших генерирующих установок (только в ЕС планируется сотни миллионов единиц). Это предполагает значительную *деконцентрацию* источников энергии. Фактически каждая семья, оставаясь потребителем энергии, превращается также в её производителя. Подобные разрозненные источники энергии могут стать реальной производительной силой только при условии, если они будут объединены в единые системные комплексы и информационно упорядочены.

Другой особенностью «зелёной» энергетики является узкая область условий функционирования каждого из видов получаемой энергии. В частности, солнечные генераторы работают только днём, ветровые – в ветреную погоду, биогазовые – преимущественно летом и осенью и т.д. Кроме того, каждый из них имеет свой собственный спектр оптимальных условий работы. Всё это обуславливает необходимость значительной *диверсификации* энергетической основы экономики.

И, наконец, третья существенная особенность связана с необходимостью *интеграции* энергетических мощностей в единые комплексы не только в масштабах страны, но и в масштабах крупных трансграничных регионов. В частности, в дневное время экономику Европы могут питать солнечные электростанции южных стран, а в ночное время – энергию будут поставлять гидроэлектростанции Скандинавии.

Сегодня в Евросоюзе реальностью становится создание информационно-энергетической сети – EnerNet своеобразного энергетического аналога Интернета. Безусловно, сама идея создания единой энергетической сети, охватывающей значительную территорию, не нова. Подобные сети действуют в таких крупных государствах, как США, Китай, Индия. Единая энергосистема действовала в Советском Союзе. Она продолжала функционировать и в образовавшихся после его распада государствах.

Опыт функционирования подобных сетей используется при формировании ЭнерНета (EnerNet). Однако уровень информационной сложности задач, решаемых последним несопоставимо выше. Если прежние энергосистемы должны были главным образом заниматься перераспределением энергии, то комплекс задач энергосистем нового поколения значительно больше. Они должны будут обеспечивать *сбор* (покупку) электроэнергии от миллионов экономических субъектов, использующих сотни миллионов различных генераторов разных видов и типов, её *кондиционирование* (доведение до стандартных параметров), *передачу*, *хранение*, *преобразование* и *использование* энергии в наиболее эффективных режимах, а также обеспечение устойчивости энергосистем. Кроме того, решаются сложнейшие

экономические задачи покупки и продажи энергии с её многофакторной тарификацией.

Виртуальные предприятия. Формирование виртуальных предприятий позволяет реализовать принцип концентрации во времени процессов, децентрализованных в пространстве. Благодаря созданию производственных сетей, предприятия, находящиеся в различных пространственных условиях – зачастую в различных уголках земного шара, могут интегрировать свою деятельность в единые производственные циклы.

Подобные примеры демонстрируют многие известные компании мира, в частности, транснациональные корпорации «Боинг» и «Аэробус». Ещё один пример – компания CISCO-system, которая контролирует производство около половины компьютерного оборудования в мире. В деятельности компании участвуют 38 крупнейших мировых предприятий из разных стран. Но только два предприятия принадлежат ей непосредственно (Возможна, 2012).

Сегодня на мировом рынке можно выбрать себе в партнёры любое предприятие, которое вам комплементарно (т.е. дополняет ваши возможности) по какому-либо сегменту своей деятельности. Это предприятие будет самостоятельно обеспечивать свою логистику, кадровую и техническую политику, а также решать все производственные и маркетинговые вопросы по всем остальным сегментам своей деятельности.

Интеллектуализация сетей. В современных условиях реальностью становится создание «умных» (smart) управляющих систем, которые не только берут на себя функцию оптимизации в пространстве и времени производственных процессов, но и служат интегрирующим началом, объединяющим деятельность многих (зачастую, сотен, тысяч или, как в случае с энергетической системой *ЭнерНет*, – миллионов) хозяйственных звеньев. В частности, «умные» Интернет-системы успешно решают проблемы логистики производственных предприятий, включая задачи поиска оптимальных поставщиков ресурсов, оптимизации маршрутов их доставки и пр.

Подобные системы уже доступны пользователям во многих странах, включая Украину. Например, существующая система управления транспортными перевозками (Google-transport) в состоянии не только рассчитать наиболее эффективный маршрут доставки грузов в определённый пункт следования, но и подобрать груз на обратный путь – чтобы не возвращаться «порожняком».

Как уже отмечалось, сегодня создаются управляющие сети различных уровней: «умный» завод, «умный» дом, «умный» город, «умная» транс-

портная магистраль. Но все они формируются и функционируют на основе постоянной связи с Интернет.

«Облачные» технологии (*Cloud technologies*). Данный вид технологий позволяет использовать сети для реализации различных производственных процессов, связанных с обработкой информации, за пределами мощностей конкретного предприятия (в том числе конкретного компьютера или IT системы).

Подобным образом могут выполняться операции: обработки и хранения информации (включая электронные письма), поиска, систематизации и актуализации (т.е. обновления) данных, реализации вычислений, использования компьютерных программ, приложений, баз данных, систем безопасности, интеграционных пакетов и многое другое (Облачные, 2012).

Все эти функции выполняются на удалённом от пользователя сервере через Интернет, как бы на «своеобразном «облаке» (отсюда и название технологий). Но фактически каждый отдельный житель Земли начинает пользоваться услугами всепланетной системы памяти. Это колоссально повышает эффективность экономических процессов, многократно ускоряет процессы накопления, фиксации (закрепления) и воспроизведения информации, что закладывает предпосылки для беспрецедентного увеличения темпов развития человеческой цивилизации.

3.7. Контуры Четвёртой промышленной революции

Четвёртая промышленная революция (получившая также название «Индустрия 4.0»), логически продолжает траекторию Третьей промышленной революции, в которой именно *синергетическая* основа является движущей силой развития социально-экономических систем.

Значительный резонанс проблематика Четвёртой промышленной революции получила после выступления на Международном экологическом форуме в Давосе (январь, 2016) одного из главных теоретиков феномена «Индустрия 4.0» швейцарского экономиста Клауса Шваба. Сам он охарактеризовал это явление как *размывание граней между физическими, цифровыми и биологическими сферами* (Schwab, 2016).

Впервые концепция Четвёртой промышленной революции была сформулирована на Ганноверской выставке в 2011 году, на которой это явление было определено как внедрение *киберфизических систем* в производственные процессы.

Лидерство в Четвёртой промышленной революции взяла на себя Германия, разработавшая частногосударственную программу «*Industrie 4.0*», в рамках которой крупные немецкие концерны при грантовой под-

держке исследований Федеральным правительством создают полностью автоматизированные производства, на которых линии и изделия взаимодействуют друг с другом и потребителями в рамках концепции *Интернета вещей*, за счёт чего обеспечивается выпуск индивидуализированной продукции (Industrie, 2016).

Предполагается, что киберфизические системы будут объединены в единую сеть с формированием внутри неё своеобразных локальных «экосистем», функционально обслуживающих, скажем, определённый дом, предприятие, город. Как видим, искусственные технические системы объединяются в целостную глобальную сеть (систему), в чём-то напоминающую биосферу, объединяющую живой мир планеты.

На основе анализа ряда публикаций (Schwab, 2016; Industrie, 2016; Назаров, 2016) автором сформулированы важнейшие функции, которые упомянутые киберфизические системы должны будут выполнять *без участия человека*:

- *обмен информацией* (своеобразного «общения» друг с другом) в режиме реального времени;
- *контроль параметров* внешней среды и своих собственных;
- *самоактивизация и остановка* при определённых информационных сигналах;
- *самонастраивание* на оптимальные режимы работы;
- *прогнозируемое* (опережающее, профилактическое) самообслуживание систем;
- *взаимодействие с производимыми ими товарами* (если речь идёт о производственных системах);
- *адаптация под новые потребности* потребителей;
- *определение оборудования*, необходимого для производства требуемых товаров или удовлетворения новых потребностей;
- *самообучение* новым приёмам работы.

В частности, в «умном» доме можно будет удалённо от дома через смартфон закрывать и открывать двери, включать и выключать свет, пылесос, следить за безопасностью дома. Впрочем, по-настоящему «умный» дом сможет всё это делать самостоятельно (например, закрывать окна при неблагоприятной погоде и открывать – при хорошей), конечно, если вы его уполномочите делать посредством программы.

Одним из потенциальных преимуществ Четвёртой промышленной революции является возможность реализации идеи «сервис-ориентированного проектирования».

Илья Хель: «Связь между умными продуктами «Интернета вещей» и умными машинами, которые их производят, будет означать, что последние

смогут производить себя самостоятельно и определять целевое производство в зависимости от нужд, выявленных ими же.

Если ваш телефон знает, что скоро «умрёт», он может уведомить завод, на котором будет поставлена в очередь задача произвести батарею для вашего телефона или вообще новый телефон, равно как и для других умных устройств. Когда ваш телефон отправится в корзину, другой уже будет ждать вас.

Этот процесс не ограничивается телефонами и другой сложной электроникой. От одежды до шампуней и мыл все можно будет ставить на поток без дополнительных затрат, которыми раньше сопровождались услуги индивидуальных дизайнеров. Объекты будут производиться индивидуально для вас напрямую, и уже не придётся выбирать из нескольких заранее определённых цветов, называя это персонализацией.

Исследования показывают, что главным стимулом индустриализации являются не столько выгоды потребителей, сколько потенциальные выгоды для многонациональных промышленников, которые первыми примут Индустрию 4.0» (Хель, 2015 а).

Не ставя перед собой задачи детализации многогранного явления «Индустрия 4,0», что в значительной степени уже сделано в ряде публикаций (Bloen et al, 2014; Osório de Vargas, 2015; Schwab, 2016), остановимся лишь на некоторых вопросах, которые представляются важными с точки зрения понимания механизмов развития социально-экономических систем.

Следует упомянуть о предпосылках реализации Ч.п.р., которые закладывались в ходе В.п.р. и Т.п.р. Вторая промышленная революция подарила человечеству *электричество* (позволившее привести в движение технические системы), а также снабдила различными *приборами*, позволившими реализовать контроль физико-химического состояния различных сред.

Третья промышленная революция продолжила данную траекторию. Появились высокоэффективные *автономные источники энергоснабжения* (батареи, аккумуляторы), обеспечившие свободу передвижения (изменения) технических систем. Без них было бы невозможно создание беспилотных автомобилей, дронов, роботов.

Одновременно создаются *сенсорные системы* колоссальной точности и (что существенно) чрезвычайно высокой эффективности (минимальной ресурсоёмкости). Последнее чрезвычайно важно для внедрения киберфизических систем в массовых масштабах.

Третья промышленная революция смогла решить задачи не только создания функционально пригодных необходимых технических средств, но и обеспечения их экономической доступности для массового потребления.

Чрезвычайно важной является группа предпосылок, связанная с возможностью *взаимодействия* отдельных технических устройств и объединения их в единые материально-информационные сети. И здесь необходимо назвать два условия.

Одно из них – наличие коммуникационного *канала связи*. Роль его с успехом стал выполнять *Интернет*, получивший на рубеже XX и XXI веков массовое распространение.

Другое условие связано с наличием *универсального языка* общения, воспринимаемого всеми элементами системы. Таким средством общения стал *цифровой* (digital) язык. Именно он дал возможность приводить любые виды информации (печатной, ауди, видео, др.) к виду, позволяющему осуществлять процессы её передачи, переработки, хранения, но главное однозначного восприятия компьютерами, мобильными телефонами и другими техническими средствами. Первые общедоступные цифровые фото- и видеокamеры начали внедряться с начала 1990-х годов. Это можно считать и началом цифровой революции.

Именно *цифровые технологии* становятся связующим звеном между информационными технологиями (ИТ), автоматизирующими бизнес-процессы и процессы обработки информации, а также операционными технологиями (ОТ), автоматизирующими процессы в производственной сфере (Bloen et al, 2014).

В числе важнейших базовых достижений Третьей промышленной революции, закладывающей основу для реализации «Индустрия 4.0», следует назвать *средства идентификации* объектов физического мира («вещей»). К основным из них относятся: штрих-коды, Data matrix, QR-коды, средства определения местонахождения в режиме реального времени (спутниковая навигация, MAC-адрес). При всеобщем распространении «интернета вещей» необходимо обеспечить уникальность идентификаторов объектов, что, в свою очередь, требует стандартизации (Интернет вещей, 2016). Всё это стало возможным именно благодаря цифровым технологиям.

Ключевым принципом Четвёртой промышленной революции является идентификация материалов, из которых состоят вещи, с помощью принадлежащих им меток. На любой детали будет содержаться информация о том, где она произведена, из каких материалов, для чего предназначена и т.д. Такие метки позволят установить коммуникацию между вещами, которые до этого не могли «разговаривать».

Говоря о наследии Третьей промышленной революции, без которого была бы не возможна реализация «Индустрии 4.0», нельзя не упомянуть о машинах-автоматах, роботах, 3-D принтерах, искусственном интеллекте и возобновимых источниках энергии.

Необходимо сказать ещё об одной важной детали. Процессы, происходящие в ходе Т.п.р. и Ч.п.р. представляют собой метасистемный переход, когда из отдельных экономических субъектов и локальных общественных сообществ формируется новая реальность надсистемного уровня – единая глобальная социально-экономическая система. Действия формируемых в ходе Ч.п.р. киберфизических систем также будут объеди-

нены в рамках глобальной системы. Характерной особенностью метасистемных переходов (т.е. трансформаций, когда системы, объединяясь, формируют новый надсистемный уровень), является образование неких «мозговых» центров, обеспечивающих за счёт процессов обработки информации координацию любых форм движения. При реализации феномена «Индустрия 4.0» такую роль начинает выполнять «облако», т.е. система суперкомпьютеров, образующих всепланетную систему памяти и обработки информации.

Интернет вещей. Основным результатом Четвёртой промышленной революции должен будет стать именно «Интернет Вещей» (Internet of Things – IoT).

Интернет вещей – концепция вычислительной сети физических объектов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, которое может происходить частично или полностью без участия человека; предполагается, что организация таких сетей способна перестроить экономические и общественные процессы, способствуя социальному развитию человека. Основные сферы применения «Интернета вещей» показаны на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Сферы применения «интернета вещей» (составлен автором)

«Интернет вещей» позволит реализовать целый ряд коммуникаций (интерфейсов). На основе анализа публикаций (Bloen et al, 2014; Груман, 2014; Вострилова, 2015) автор сформулировал содержание основных из них.

Коммуникация человека («социо») с самим собой. Может быть реализована, в частности, через социальные сети, когда человек получает обратную связь на высказанные мысли. Это может способствовать переосмыслению его убеждений или наоборот усилению уверенности в них. Представляет собой своеобразное усиление рефлексии.

Коммуникация человека («социо») со своим телом (человеком «био»). Посредством постоянно совершенствующихся датчиков человек будет в состоянии контролировать системное состояние своего здоровья и выявлять (диагностировать) критические отклонения определённых параметров.

Коммуникация человека с машиной (Human + Machine). Подобные коммуникации используются всё чаще, хотя человек не всегда их замечает, так как они становятся привычными. Такие коммуникации используются на производстве (где машины позволяют контролировать ход производственных процессов или предупреждают об опасности срывов) и в быту (достаточно вспомнить пульт для открытия гаража, контроль за плитой, дистанционный замок зажигания в машине и т.п.).

Кроме того системы, наделённые искусственным интеллектом, могут помогать принимать решения, например, просчитывать соответствие предлагаемых решений (проектов) наличию имеющихся на предприятии или в государстве ресурсов, либо устанавливать их соответствие существующей правовой основе.

Коммуникация человека с используемыми вещами. Одежда, обувь, часы, мобильный телефон – всё, что носит человек с собой, может, благодаря обратной связи, стать предметом оптимизации и повышения степени совместимости в данной паре.

Электромобиль Tesla умнеет с каждым месяцем эксплуатации пользователем, получая обновления через Интернет и обмениваясь информацией со смартфоном пользователя. Изучая привычки владельца, электромобиль адаптируется к маршрутам, рассчитывает время выезда в зависимости от планов в календаре и места следующей встречи, прогревает салон перед расчетным временем выхода из дома. Скоро многие окружающие нас предметы научатся взаимодействовать друг с другом, и кофемашина сама будет готовить кофе после звонка будильника, в печке будет готовиться завтрак, а электромобиль сам подъедет от парковки к вашим дверям (Комиссаров, 2015).

Коммуникация машин с машинами (M2M) или вещей с вещами (вещей с машинами). Решает при помощи системы обратных связей целый ряд задач, важнейшими из которых есть: повышение эффективности производства и эксплуатации вещей, совершенствование потребительных свойств товаров (посредством установления коммуникации между потребителем и

производителем), экологическое совершенствование производства и потребления товаров.

Коммуникация человека с другим человеком или группой людей. Четвёртая промышленная революция обещает изменить не только техносферу и среду проживания человека, но и отношения между людьми. Значительную роль здесь должны сыграть, с одной стороны, усиление психологической устойчивости каждого человека и его умение работать в команде, с другой – совершенствование инструментария межличностного общения (бизнес-этика, кросс-культурные отношения, пр.).

Существует ещё два важных аспекта рассматриваемой проблематики. Это отношение *человека к обществу* (что играет значительную роль в условиях существенного увеличения свободного времени и повышения благосостояния людей), а также отношение *общества к человеку*. В качестве одной из возможностей здесь следует рассматривать целенаправленное воздействие со стороны общества с целью формирования в человеке личностного начала, готового к социальному развитию в условиях информационного общества и жестких экологических ограничений.

Как утверждается в отчете «Connected World: Smart Home Is Key To Tomorrow's Internet Of Things» («Подключенный мир: умный дом как ключ к будущему интернета вещей»), уже к 2018 году в мире будет работать около 20 млрд IoT и подключенных устройств. Еще 10 млрд добавятся в течение следующих четырех лет (Коленов, 2017).

Экологический вектор революции. Один из ощутимых результатов Четвёртой промышленной революции может проявиться в экологической сфере. «Индустрии 4.0» может помочь замкнуть циклы использования различных видов ресурсов, превратив, по меткому выражению К. Боулдинга, «ковбойскую экономику» в «экономику космонавтов». Предпосылки для этого присутствуют в самой природе производственно-потребительских систем, к которым сегодня движется мир. Не случайно, экономическую систему «Индустрии 4.0» многие исследователи называют «циркуляционной или циркулярной (circular)» экономикой.

Крис Дедикот, старший вице-президент компании Cisco обращает внимание на экологические возможности технического прогресса: «В циркулярной экономике каждый продукт будет иметь свою метку, которая покажет источник ресурсов, технологию производства, вид энергии использованный для этого и пр.

...Полученная на основе данных информация даёт возможность предприятиям, городам и странам более эффективно восстанавливать и перерабатывать соответствующие ресурсы» (Dedicoat, 2016).

Сегодня отдельные элементы *интернета вещей* используются для решения экологических проблем только в наиболее богатых и продвину-тых странах (Япония, США, Европа, Китай). Однако мир неуклонно будет продвигаться к его повсеместной реализации по мере того, как будут исче-зать бюрократические, технические, социальные и экономические барьеры для этого. Таким образом, Ч.п.р. как бы завершает дело, начатое Т.п.р. в том, что замкнуть циклы использования природных ресурсов, превратив экономику в рециркулируемую систему.

Социальные риски. Четвёртая промышленная революция может при-нести человечеству не только неоспоримые преимущества (в том числе, и упомянутые нами выше), но и серьезные угрозы. Главные из них лежат в социальной сфере и связаны с тем, что человек может вытесняться на пе-риферию экономической жизни, где ему будет отведена роль замыкаю-щего звена производственно-потребительской цепочки, пусть даже и наде-лённого для этого достаточными средствами.

Не случайно, один из главных пропагандистов «Индустрии 4.0» Клаус Шваб на известном Давосском экономическом форуме 2016 года сказал: «Никогда ещё не было времени, которые бы несло столь большие обеща-ния (promise) либо столь большие угрозы (peril)» (9 quotes, 2016).

В этих условиях от стагнации человечество может спасти только его коллективный разум, способный снизить производственной занятости человека (в том числе, связанное с возможной потерей работы) превратить в средство его *социального (личностного) развития*. Собственно, в этом и состоит основная цель сестейнового развития, провозглашённого уже бо-лее двадцати лет назад на историческом Саммите в Рио-де-Жанейро.

Глава 4

ФОРМИРОВАНИЕ СЕСТЕЙНОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ И НОВОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

4.1. Аддитивные технологии как основа сестейнового производства

Как было сказано в главе 1, дематериализация процессов жизнеобеспечения общества является одной из важнейших задач, которую призвана решить «зелёная» экономика. Под дематериализацией здесь понимается снижения материалоёмкости и энергоёмкости изделий и услуг, а также процессов их производства и потребления.

На сегодня производственный комплекс использует только незначительную часть добываемых природных ресурсов. Львиная доля извлекаемых из недр земли материальных компонентов (по некоторым оценкам, от 90% до 95%) возвращается в природу, однако уже в значительно более токсичном и неупорядоченном состоянии, обуславливая процессы разрушения и загрязнения природных систем. Выход – в переходе от субтрактивных к *аддитивным* методам производства. Первые основаны на отсечении всего лишнего в ходе производственного процесса (от англ. subtract – отнять), вторые наоборот – на добавлении (от англ. add – добавить) лишь необходимого, что практически устраняет неизбежность отходов.

Содержание метода. Согласно используемому в англоязычной литературе определению, «*аддитивное производство* (additive manufacturing – AM) – это термин, обозначающий технологии, которые создают 3D-объекты (build 3D objects) по компьютерной 3D-модели нанесением (adding) слой за слоем материалов, будь то пластик, металл, бетон или, когда наступит один из дней,... человеческая ткань» (Additive, 2017; What, 2016).

Страницы истории

Аддитивное производство (АП), включая соответствующий инструментарий и материалы, берёт своё начало с 1980-х годов. В 1981 г. Хидео Кодама (Hideo Kodama) из Нагойского муниципального индустриального научно-исследовательского института изобрёл два метода АП трёхмерной модели из фотоотвердевающего полимера (photo-hardening polymer), в которых рабочая зона контролировалась посредством модельного шаблона (mask pattern).

В 1984 г. французский инженер и изобретатель Алан Ле Мехо (Alain Le Mehaute) со своими коллегами Оливером де Витте (Olivier de Witte) и Жаном Клодом Андре (Jean Claude Andre) подали заявку на патент для процесса стереолитографии (stereolithography). Тремя неделями позже американский изобретатель Чак (В некоторых публикациях указывается

имя Чарльз) Халл (Chuck Hull) подал заявку на свой собственный метод стереолитографии. Термин «стереолитография» был определён им в заявке на патент как «система генерирования трёхмерных объектов за счёт послойного формирования», что фактически повторяло описание формирования 3-мерных объектов Х. Кодамой.

В конечном счёте заявка французских изобретателей была отклонена Французской генеральной электрокомпанией и Лазерным консорциумом. Формальной причиной отказа стала формулировка: недостаточные перспективы для бизнеса.

Халл действовал более энергично. Он разработал установку STL (от: STereoLithography), включающую программное обеспечение. Установка позволяла при помощи лазера слой за слоем наносить фотополимеры. Кроме того, он создал фирму «3D-Systems», которая в 1988 году изготовила первое устройство объемной печати под названием STereoLithography Apparatus, или SLA-250, получившее широкое распространение (3D printing, 2017).

Как видим, у аддитивного метода – сразу несколько основоположников, но официальным – считается Чак Халл.

В 1990 году был использован новый способ получения объемных «печатных оттисков» – метод наплавления, т.е. *струйного* нанесения материалов. Его разработали Скотт Крамп (Scott Crump) и его жена. Метод получил большое распространение благодаря дешевизне как самих принтеров, так и расходных материалов. Крамп основал компанию Stratasys, которая в 1991 году выпустила первый свой принтер. После этого стали активно использовать понятия: «лазерный 3D-принтер» и «струйный 3D-принтер». Само понятие «3D-печать» появилось в 1995 году, когда два студента Массачусетского технологического института модифицировали струйный принтер и создали на нём объемное изображение (История создания, 2017; Холодов, 2014).

Реализация аддитивных технологий обеспечивается широким внедрением 3D-принтеров. Это и есть ещё одна важнейшая инновация Т.п.р. Как образно высказался известный учёный Джереми Рифкин: «3D-печать сигнализировала о начале Третьей промышленной революции» (Рифкин, 2016).

Технологическая сфера формирует важнейший кластер инноваций. Он, как уже было сказано, обусловлен ожидаемым широким внедрением в производство *аддитивных* методов. В будущих производствах формирование изделий будет происходить слой за слоем (ничего лишнего) из экологически благоприятных материалов («чернил»).

Кроме колоссальной экономии затрат на сырьё, в не меньшей степени снижаются технологические издержки на подготовку производственных процессов (затраты труда, энергии, материалов). О процессе изготовления, включая при необходимости внесение изменений и диверсификацию форм

выпускаемой продукции, «заботится» сам управляющий производственным процессом компьютер с 3D-принтером при минимальных затратах.

Аддитивные методы производства позволяют реализовать значительные преимущества (Определение, 2015; Самойлов, 2014; Щедровицкий, 2014), в том числе:

- неограниченные возможности *конструирования*;
- *бесплатность* обеспечения сложности;
- *бесплатность* обеспечения вариабельности;
- минимальную *отходность*;
- изготовление под *требования индивидуального заказчика* с минимальным изменением стоимости производства;
- возможность внесения изменений *в последний момент*;
- исключение этапа *сборки*;
- прямая *материализация* информационных образов (в том числе задаваемых непосредственно голосом человека, а в перспективе – и мысленно).

3D-принтеры. Сегодня всё более отчётливо вырисовываются задачи, которые призвано решать информационное обеспечение современного материаловедения, ориентированное на использование 3D-принтеров:

- а) увеличение сложности и многообразия производимых изделий;
- б) обеспечение гибкой вариабельности, т.е. возможности быстро и с минимальными издержками изменять свойств материалов;
- в) экологизация вещественного содержания используемых материалов через максимальное приближение их к естественной основе;
- г) максимальное снижение стоимости материалов и стоимости оборудования, работающего с этими материалами (3D-принтеров).

Команда учёных из Лаборатории информатики и искусственного интеллекта (CSAIL) Массачусетского технологического института представила новый 3D-принтер, который работает сразу с *десятью (!)* различными материалами и использует методику *3D-сканирования*, т.е. сбора информации о прототипе объекта, который нужно воспроизвести. Она позволяет экономить время и деньги во время производства. Кроме того, сам предлагаемый 3D-принтер дешевле и удобнее, чем существующие аналоги. Учёные уже напечатали на нём чехлы для смартфонов, светодиодные линзы, оптоволоконные кабели и многое другое (рис. 4.1) (Горина, 2015).

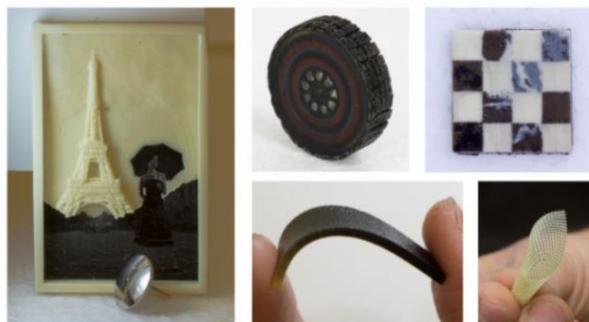


Рисунок 4.1 – Изделия, распечатанные на 3D-принтере (Горина, 2015)

Работа с несколькими материалами, кроме всего прочего, раскрывает новые возможности материаловедения. Можно регулировать жесткость, прозрачность/непрозрачность, твердость, пластичность и другие характеристики, запустив соответствующую компьютерную программу.

- Согласно данным компании Context, мировой рынок 3D-печати к 2020 году достигнет 17,8 млрд долл., а рынок 3D-принтеров в период 2016–2020 гг. увеличится с 1,8 млрд долл. до 6,4 млрд долл., т.е. будет увеличиваться на 30–40% ежегодно. В 2016 г. в мире производилось около 2,5 тысяч моделей различных 3D-принтеров (Boing, Samsung, Siemens, Canon, General Electric) (Курышев, 2016).



Рисунок 4.2 – Дом, распечатанный компанией WinSun на 3D-принтере (Шанхайская, 2015)

- В 2014 году начался прорыв в области строительства зданий с использованием 3D-печати бетоном. Шанхайская компания WinSun за 24 часа возвела десять 3D-печатных домов, а после напечатала пятиэтажный дом и особняк (рис. 4.2). Блоки зданий были напечатаны на отдельной площадке, а потом были использованы для сборки дома (Шанхайская, 2015).

- В мае 2016 года в городе Дубай состоялось открытие, как заявили создатели, первого в мире здания (одноэтажного офисного центра), полностью напечатанного на 3D-принтере. Здание было построено за 17 дней. Оно оснащено всеми необходимыми комму-

никациями. Для строительства был использован промышленный принтер размерами 36x12x6 метров (Dubai, 2017).

- Австрийский стартап Overtec предложил способ печати на 3D-принтере бетонных деталей любой формы, включая сложные изгибы и спирали. Для этого используется сверхмощный принтер весом 1,8 тонн и размером в 4 кв.м. Предложенный метод позволит архитекторам проектировать более необычные здания, а строительным компаниям – значительно снизить затраты. Ведь для существующих сейчас технологий любое усложнение формы зданий (в частности, связанное с вогнутыми, выпуклыми и конусообразными поверхностями) резко повышает трудоёмкость работ и сопряженные с этим затраты (Гоголадзе, 2017 в).

- В голландском городе Гемерт (на юге страны) открыли первый в мире мост, напечатанный на 3D-принтере. Конструкция была спроектирована инженерами из Технического университета Эйндховена и строительной компанией BAM Infra. Мост имеет около 800 слоёв и создан из усиленного, предварительно спрессованного железобетона. Такая технология требует гораздо меньше бетона и практически не оставляет отходов (Иртлиач, 2017 б).

- В 2013 году канадский инженер Джим Кор напечатал первый автомобиль и уже скоро автомобили методом распечатки были созданы в Китае (рис. 4.3) и Японии (Представлен, 2013).

- С 2013 года 3D-принтеры широко используются в пищевой промышленности (рис. 4.4) (Kolodny, 2017; Gauthier, 2014).

- Ведущие обувные фирмы, по сообщениям медиа, уже широко используют 3D-печать (рис. 4.5).



Рисунок 4.3 – Распечатанный на принтере электромобиль китайской компании Sanya Sihai (Китайцы, 2015)



Рисунок 4.4 – Фигурки из льда и шоколада, напечатанные на 3D-принтере (Gauthier, 2014)

- 3D-принтер уже давно работает на международной космической станции. На нём, в частности, распечатываются недостающие инструменты. При необходимости их цифровые образы передаются с Земли.

- Американский стартап Madein Space напечатал на 3D-принтере защитный противорадиационный экран для датчиков REM внутри «надувного» модуля BEAM, пристыкованного к МКС. Модуль действительно может в буквальном смысле увеличиваться, как воздушный шар, при накачке воздухом (Никитин, 2017 в).

- С 2013 года 3D-биопринтеры стали активно использоваться в медицине. В экспериментальных установках печать 3D-структуры будущего объекта (тканей или органа для пересадки) производится каплями, содержащими живые клетки. Далее деление, рост и модификация клеток обеспечивают окончательное формирование объекта (Murphy, 2014). В 2013 году китай-



Рисунок 4.5 – Обувь, распечатанная на 3D-принтере (Горина, 2014)

ские учёные начали печатать уши, печень и почки из живой ткани. Ожидается, что полностью функциональные печатные органы появятся в ближайшие 10–12 лет. В том же году в университете Хассельт в Бельгии успешно напечатали новую челюсть для 83-летней бельгийки. В 2016 году появилось сообщение, что в России на биопринтере напечатана щитовидная железа, которая была имплантирована и стала успешно функционировать в организме лабораторной мыши (3D-принтер, 2017; Грэй, 2015).

- По прогнозу нидерландского банка ING, к 2060 году половина продукции в мире будет печататься на 3D-принтерах. При этом объем мировой торговли может сократиться на 25%, так как значительная часть продукции сможет печататься на местах, в том числе, и непосредственными потребителями (Иртлач, 2017 в).

Возможности новых технологий на основе 3D-принтеров можно продемонстрировать на многочисленных примерах.

Бытовой 3D-принтер. Цельный 3D-принтер (рис. 4.6) обещает стоить не больше холодильника (\$ 179). Размеры нового 3D -принтера составляют всего 390 на 221 на 237 миллиметров, а его вес – всего 1,7 кг, без учёта катушки с нитью. Общий объём области, где происходит печать, – 2,27 литра (Загорская, 2015 б).

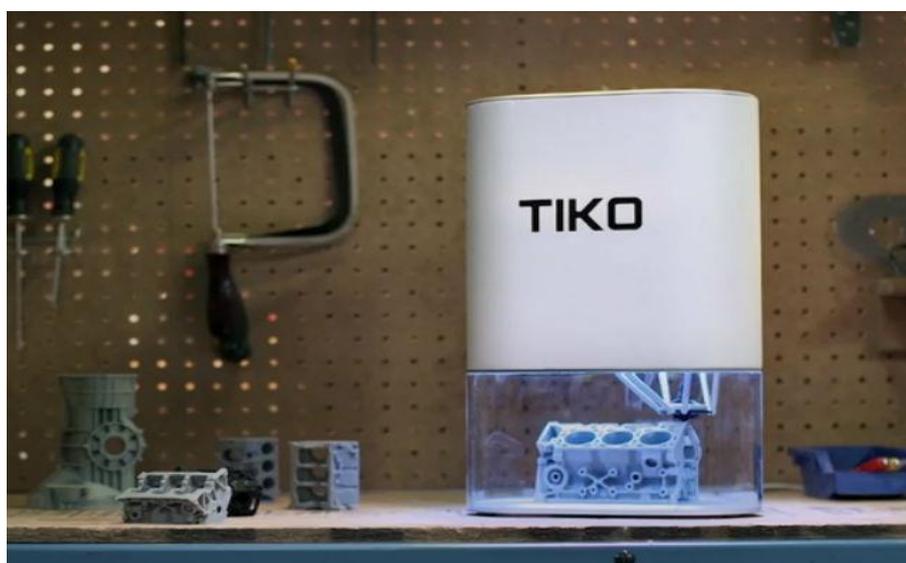


Рисунок 4.6 – Бытовой 3D-принтер по цене холодильника (Загорская, 2015 б)

Бумага для многоразовой печати. Учёными и инженерами создана бумага для многоразовой печати (рис. 4.7). Текст или картинка на таком носителе сохраняется в течение нескольких дней, после чего напечатанная информация может быть стёрта посредством простого нагревания бумаги (Доронин, 2014 а).

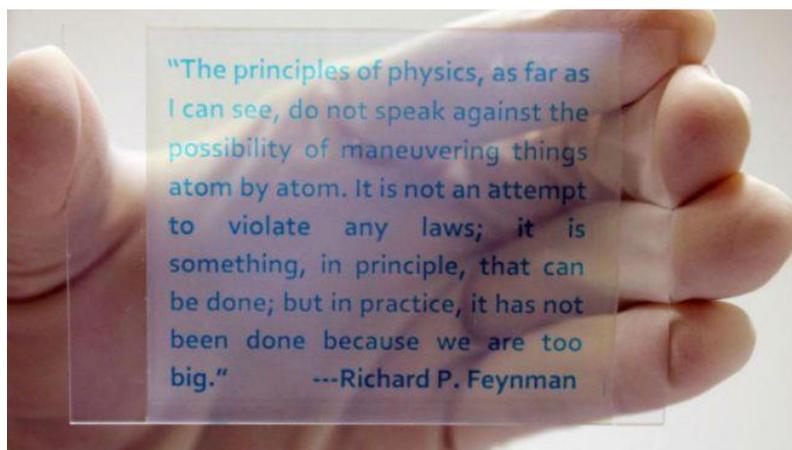


Рисунок 4.7 – Бумага для многоцветной печати (Доронин, 2014 а)

Кроме указанных выше выгод конструкторского и технологического характера, как отмечалось в главе 1, аддитивные методы производства имеют значительные экологические преимущества. В частности, они позволяют уменьшить в разы (а иногда на порядок) материалоемкость производственных процессов. Кроме того, они создают предпосылки для перехода на органические для природы материалы.

4.2. Самовоспроизводящиеся производственные системы

Начиная со середины 2000-х годов стали развиваться новые направления создания производственных систем, способных самовоспроизводить себя. Ещё в 2005 году преподаватель (senior lecturer) британского Батского университета (University of Bath) Адриан Боуер (Adrian Bowyer) сделал заявление, что работает над созданием «волшебной машины» (Make-it-all Machine)», которая может по соответствующей программе сделать почти всё, что угодно, в том числе – изготовить саму себя.

Основываясь на опыте использования экспериментальных машин, способных в промышленности изготавливать пластмассовые автозапчасти, британец предложил создать небольшие автоматизированные фабрики по производству «всего», где бы роботы изготавливали клоны самих себя, т.е. осуществляли *репликацию* (Англичанин, 2005). Вследствие этого 3D-принтеры, обладающие способностью к самовоспроизводству, были названы *самореплицирующимися*.

Историческая справка

Идею производственной *репликации* в своё время предвосхитил один из основоположников нанотехнологий венгерский и американский учёный Джон фон Нейман (John von Neumann/Janos Lajos Neumann). Наряду со своими известными миру работами (теория оператора к квантовой меха-

нике, функциональный анализ, теория игр, клеточный автомат, цифровой компьютер) в 1950-е годы он высказал идею о создании *универсального конструктора/строителя* (universal constructor).

Предложенный учёным анализ структуры саморепликации предшествовал открытию структуры ДНК (DNA) (John, 2017).

Позже к работам А. Боуера подключились новозеландские и американские исследователи. К 2008 году был создан первый робот, обладающий способностью *саморепликации*. Он был назван RepRap Version 1.0 Darwin (от английских слов: Replicating Rapid – prototyper).

29 мая 2008 года произошло знаменательное событие в истории человечества. Впервые робот изготовил детали для воспроизводства себя самого, т.е. точной своей копии, а собранная копия начала изготавливать «внука» первой машины (рис. 4.8) (Попов, 2008).

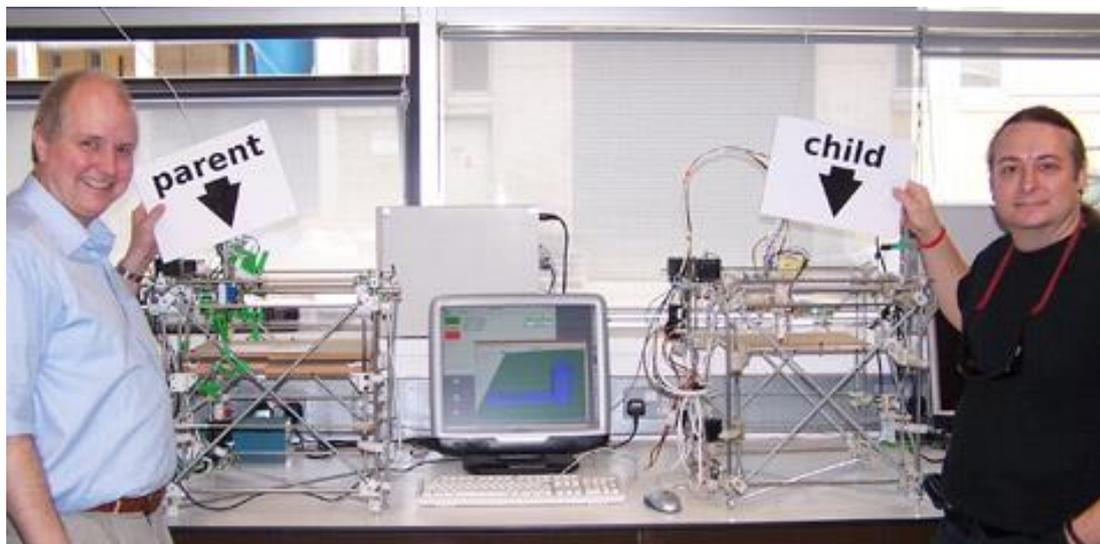


Рисунок 4.8 – Эдриан Боуер (слева) и его напарник Вик Олливер (Vik Olliver) рядом с RepRap-родителем (собранным из деталей, созданных на обычном 3D-принтере) и первым полностью завершённым и работоспособным аппаратом RepRap-«ребёнком», который уже через несколько минут после «рождения», создал первую деталь своего «сына», то есть «внука» первой машины (фото с сайта reprap.org) (Попов, 2008)

Создание копии осуществлялось методом 3D-печати путём последовательного нанесения тонких слоёв расплавленного полимера. Конструкция RepRap была оптимизирована так, чтобы его части можно было напечатать на нём самом.

При этом следует сделать несколько оговорок. Во-первых, самореплицирующийся 3D-принтер машины RepRap мог воспроизводить далеко не все собственные детали. Металлические элементы, как и электронику, ро-

боту приходилось брать со стороны. Во-вторых, финальная сборка его копии тоже осуществлялась не роботом, а руками людей.

По мнению Боуера, внешняя дополняемость деталей вполне допустима, так как напоминает питание биологических организмов. «Ни вы, ни я, – убеждает он, – не можем воспроизводиться без поставок извне аминокислот, полисахаридов, жиров. Поэтому мы приняли правило: машины должны уметь производить свои основные части так, чтобы они могли работать механически, но мы добавляем им чипы, гайки и болты, а также одну или две другие вещи извне... Дополнительное правило заключается в том, что добавленные части должны быть стандартными, доступными и дешёвыми» (Попов, 2008).

Впрочем, создатели робота считают, что в будущем возможно и воспроизводство роботами таких сложных частей, как электроника и электрика.

Предложенная модель имеет ряд уникальных качеств. Во-первых, она закладывает 3D-принтеру в сочетании с соответствующей компьютерной моделью (открытое программное обеспечение для Linux, Windows, MacOS) возможность его самовоспроизводства (в частности, самостоятельного производства собственных деталей для замены износившихся. Кроме того может быть частично воссоздана его собственная копия). Во-вторых, создателям удалось добиться ощутимой дешевизны предлагаемой модели по сравнению с обычными моделями 3D-принтеров. В-третьих, они выложили лицензию (GNU – General Public License) на производство изобретения для бесплатного использования всем желающим, включая малые общества. Как подчеркнул один из участников команды создателей RepRap Вик Оливер, это делается «для развития мира» (world) (O’Neill, 2017).

Прикладной областью данного направления работ является создание так называемых *фаблов*, или *фаблабов* (от англ. fab lab – fabrication laboratory). Под этим термином понимают небольшие мастерские, предлагающие участникам возможность изготавливать необходимые им предметы на станках с числовым программным управлением. Обычно фаблы оснащены набором универсальных инструментов и компьютерных программ, позволяя сделать «почти всё» из «практически ничего». Иными словами, *фабл* в совокупности представляет именно ту самую «make-it-all machine» (Fab lab, 2017).

Уместно отметить, что подобные фаблы открываются и в Украине. В частности, в Киеве открыто уже две мастерских-лаборатории, которые являются частью мировой сети «фаблабов» (рис. 4.9). Здесь собрано современное оборудование, лазерные приборы, 3D-принтеры, 3D-сканеры, металлорежущие инструменты, необходимый инвентарь. Все желающие за определенную плату (а раз в неделю – бесплатно) могут собрать необходимое устройство или напечатать 3D-предмет (В Києві, 2016).



Рисунок 4.9 – Лаборатория Fab Lab Fabricator в Киеве
(на ул. Воздвиженской) (В Києві, 2016)

Ещё более высокий класс в обеспечении самовоспроизводства созданных человеком сущностей продемонстрировала Google. Здесь научили своё программное обеспечение самостоятельно делать более совершенный вариант программного обеспечения (Пальчинская, 2017).

Данное достижение, несомненно, является значительным прорывом в создании искусственного интеллекта. Во-первых, гораздо труднее научить искусственно созданные человеком сущности (пусть даже и нематериальные) решать задачи, требующие применения интеллекта. Это гораздо сложнее, чем заставить робота выполнять механическую работу по заранее заложенной программе. Во-вторых, по версии Google, программа не только воспроизводит себя, но и способна самосовершенствоваться, т. е. имеет навыки самообучения. Полученные результаты имеют большое прикладное значение для автоматизации работ, требующих умственного труда (создание программного обеспечения, архитектура, здравоохранение, конструкторские работы и пр.).

Естественным продолжением указанных исследований является развитие так называемых *когнитивных технологий*. Они строятся на основе программ, которые обладают возможностями *самодописываться* и *самосовершенствоваться*.

В странах ЕС инициирован проект «Завод за один день» (Factory-in-a-day). На сегодня всё больше предприятий, занятых производством роботов и 3D-принтеров, продают для малых и средних предприятий гибкие заводы (с программным обеспечением), которые способны разворачиваться за 24 часа. Завод продается, как смартфон или планшет (EU Project, 2017; Factory-in-a-day, 2013).

Цифры и факты

В 2016 году в мире использовалось около 1,5 млн роботов. Значительная часть их обладает способностью самосовершенствовать свою работу – обучаться. Процент используемых роботов в трёх ведущих отраслях составил: автомобилестроение – 33%, электротехническая и электронная промышленность – 10%, химическая промышленность – 9,5%. Процент использования роботов при выполнении различных производственных задач составлял: обработка материалов – 35%; сварка – 29%; сборка – 13%; дозировка – 4% (Золотов, 2016).

На основе исследований Массачусетского технологического института (Бостон, США) разработана технология под условным названием MIT Fab Lab. Используя имеющееся оборудование, завод способен *самодостраивать* и *саморасширять* имеющийся функционал (Gershensfeld, 2017).

4.3. Революция в материаловедении

Разворачивающиеся Т.п.р. и Ч.п.р. обуславливают и революционные процессы в материаловедении. С одной стороны, переход к новым технологиям, выдвигает новые требования к материалам, которым предстоит решать ранее не изведанные задачи. С другой стороны, научные открытия и достижения технического прогресса открывают возможности использования широкого спектра уникальных свойств и функций новых материалов.

Сегодня формируется несколько направлений, по которым развивается современное материаловедение (DARPA, 2015). Каждое из них обусловлено требованиями выполнения конкретных технических задач. В их числе можно назвать:

- достижение технических характеристик (физических свойств), необходимых для работы в определённых физико-химических условиях (высоких или низких температурах, больших давлениях, ударных нагрузках, агрессивных средах, интенсивном трении и т.п.);
- обеспечение возможности работы в качестве «чернил» при 3D-печати;
- обеспечение высокой точности заданных характеристик по сравнению с ныне проектируемыми версиями, т.е. при расчёте, прогнозировании и достижении заданных свойств и характеристик;
- гибкость варьирования, т.е. достижения с минимальными затратами труда, времени и средств необходимой изменяемости свойств и характеристик;
- способность преобразовывать одни формы энергии в другие;

- пригодность для имплантации в биологические организмы;
- приемлемость для метаболизма экосистем;
- достаточная дешевизна получения, эксплуатации и утилизации изделий.

Среди технологических направлений материаловедения можно выделить ряд основных.

Композитные материалы (КМ), или *компози́ты*. Благодаря своим свойствам они являются одним из наиболее применяемых в настоящее время видов материалов.

«В большинстве композитов (за исключением слоистых) компоненты можно разделить на *матрицу* (или *связующие элементы*) и включённые в неё *армирующие элементы* (или *наполнители*). В композитах конструкционного назначения армирующие элементы обычно обеспечивают необходимые механические характеристики материала (прочность, жёсткость и т. д.), а матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды.

Механическое поведение композиции определяется соотношением свойств армирующих элементов и матрицы, а также прочностью связей между ними. Характеристики и свойства создаваемого изделия зависят от выбора исходных компонентов и технологии их совмещения.

При совмещении армирующих элементов и матрицы образуется композиция, обладающая набором свойств, отражающим не только исходные характеристики её компонентов, но и новые свойства, которыми отдельные компоненты не обладают» (Композиционные, 2017).

«Материаловеды экспериментируют с целью создать более удобные в производстве, а значит — и более дешёвые материалы. Исследуются саморастущие кристаллические структуры, склеенные в единую массу полимерным клеем (цементы с добавками водорастворимых клеев), композиции из термопласта с короткими армирующими волокнами и прочее» (там же).

Главное преимущество КМ в том, что материал и конструкция создаются одновременно... КМ создаются под выполнение определённых задач и не могут вмещать в себя все возможные преимущества. Однако, проектируя новый композит, инженер волен задать ему характеристики, значительно превосходящие характеристики традиционных материалов при выполнении в данном механизме конкретной цели, но уступающие им в каких-либо других аспектах. КМ не может быть лучше традиционного материала во всём. Для каждого изделия инженер проводит все необходимые расчёты, на основе которых выбирает оптимум характеристик, которые должны быть заложены в требуемый материал для производства. Возможными вариантами выбора могут быть:

- высокая удельная прочность;
- высокая жёсткость;
- высокая износостойкость;

- высокая усталостная прочность;
- размеростабильность конструкции;
- легкость.

Причём разные классы композитов могут обладать одним или несколькими преимуществами. Всех преимуществ невозможно добиться одновременно» (Композиционные, 2017).

Композитные материалы широко применяются в авиации, космической технике, приборостроении, связи, машиностроении, строительстве, быту, спорте.

Метаматериалы (ММ) являются разновидностью композиционных материалов. Их свойства обусловлены не столько свойствами составляющих его элементов, сколько искусственно созданной периодической структурой.

ММ представляют собой искусственно сформированные и особым образом структурированные среды, обладающие свойствами, сложнодостижимыми технологически либо не встречающимися в природе. Такими свойствами, в частности, могут быть особые значения физических параметров среды, например, отрицательные по величине значения как диэлектрической, так и магнитной проницаемостей, пространственная структуризация (локализация) распределения величин этих параметров (в частности, периодическое изменение коэффициента преломления света, как у фотонных кристаллов). При этом существует возможность управлять параметрами среды в результате внешних воздействий (метаматериалы с электрически управляемой диэлектрической и магнитной проницаемостью) (Метаматериал, 2017).

Исследователи бразильской компании Braskem разработали новый вид пластиковых пищевых контейнеров – упаковка самопроизвольно меняет цвет, когда уровень pH внутри нее начинает изменяться (а это явный признак того, что содержимое перестало быть съедобным) (Иртлиач, 2017 а).

Благодаря своим уникальным свойствам метаматериалы применяются в солнечной энергетике, приборостроении, связи, оборонной промышленности (в частности, благодаря отрицательным показателям преломления света ММ используются для маскировки объектов).

Интерес к метаматериалам заключается в том, что они перенаправляют не только видимый свет. В зависимости от того, как и где они будут использоваться, метаматериалы способны перенаправлять микроволны, радиоволны, а также малоизученные Т-волны – нечто среднее между микроволнами и инфракрасным светом в электромагнитном спектре. Практически любой вид волн электромагнитного спектра может манипулироваться метаматериалами.

Благодаря метаматериалам однажды можно будет создать специальные Т-волновые сканеры для медицинских процедур, компактные радиоприемники, обладающие возможностью изменять свои свойства прямо на ходу, и много чего еще. Короче говоря, метаматериалы являются очень многообещающим проектом. Их теоретические возможности практически бесконечны. Однако до коммерческого использования этих материалов придется пройти очень длинный и тяжелый путь (Хижняк, 2015).

Наноматериалы (НМ) представляют собой вещества, полученные на основе наночастиц с уникальными характеристиками, вытекающими из микроскопических размеров их составляющих.

Можно назвать несколько наиболее используемых видов наноматериалов (Нанотехнологии, 2017; Нанотехнология, 2017; Алферов и др., 2017).

- *Графен* – двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов вещества толщиной в один атом. Обладает большой механической жесткостью и рекордно большой теплопроводностью (получен в 2004 году). Создание графена позволяет получать модификации различных материалов на его основе. В частности, в Массачусетском технологическом институте разработана технология получения нового *сверхлёгкого* материала, который *прочнее стали* в 10 (!) раз. Новый материал получен из хлопьев *графена* с помощью нагревания и огромного давления. Он имеет сравнительную плотность всего 5 %, а также губчатую структуру и уникальные электропроводящие свойства (В США, 2017; Глущенко, 2017).

- *Углеродные нанотрубки* – протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и обычно заканчивающиеся полусферической головкой (рис. 4.10).

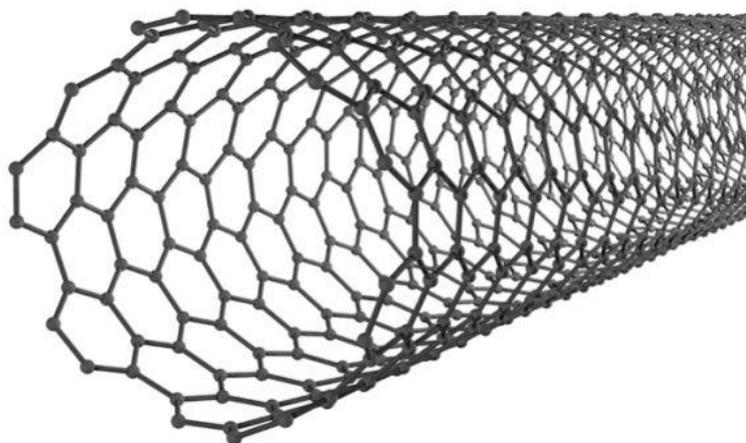


Рисунок 4.10 – Реконструкция структуры нового сверхлегкого материала, который прочнее стали в 10 раз (В США, 2017)

- *Фуллерены* – молекулярные соединения, принадлежащие к классу аллотропных (то есть простых веществ, имеющих одинаковый состав, но различающихся по структуре) форм углерода (другие – алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.

- *Аэрогель* (от лат. aer – воздух и gelatus – замороженный) – класс материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Такие материалы обладают рекордно низкой плотностью и демонстрируют ряд уникальных свойств: твердость, прозрачность, жаропрочность, чрезвычайно низкую теплопроводность и т.п.

- *Аэрографит* представляет собой синтетическую пену, состоящую из трубчатых волокон углерода. Благодаря низкой плотности может быть назван самым легким на сегодняшний день материалом.

- *Наноаккумуляторы*. В начале 2005 года компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного нанотехнологического материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Аккумуляторы с $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ электродами имеют время зарядки 10–15 минут. В феврале 2006 года компания начала производство аккумуляторов на своём заводе в Индиане (Нано-аккумуляторы, 2017).

- *Самоочищающиеся поверхности на основе «эффекта лотоса»*. Эффект заключается в крайне низкой смачиваемости поверхности. Попав на неё, вода стекает и заодно захватывает с собой частицы пыли. Хотя феномен самоочищения лотоса был известным в Азии с древних времен, его научное обоснование стало возможным лишь с появлением сканирующего электронного микроскопа. В 1977 г. это, в частности, сделал с коллегами немецкий ботаник Вильгельм Бартлотт (Wilhelm Barthlott). Сегодня этот эффект используется для самоочищения поверхности солнечных панелей (Lotus effect, 2017).

Созданы гидрофобные (т.е. несмачиваемые) кремниевые наноструктуры. Новые наноструктуры месяцами остаются сухими, находясь под водой. Поскольку наноструктуры устойчивы к давлению, их можно использовать для защиты стелс-покрытий подводных лодок и поверхностей, которые препятствуют обрастанию судов ниже ватерлинии различными организмами. Последнее ведёт к снижению скорости кораблей (Доронин, 2015 а).

Американская фармацевтическая компания Aprecia Pharmaceuticals получила разрешение от Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) на использование так называемой аддитивной печати для производства лекарственных препаратов.

Благодаря новой технологии, фармацевтам удалось сделать таблетку быстрорастворимой настолько, что дисперсия происходит действительно

за долю секунды. Это облегчит приём препаратов у пожилых людей и маленьких детей, а также пациентов, имеющих проблемы с функцией глотания (Горина, 2015).

Станен, как графен, представляет собой структуру, состоящую из единичного слоя атомов. Однако, в отличие от графена, состоящего из углерода, станен состоит из олова. И именно эта особенность позволяет станену обладать теми удивительными свойствами, которыми не может обладать графен – 100-процентной проводимостью. Благодаря этому, станен может проводить электричество с нулевым сопротивлением и, что более важно, при комнатной температуре. Если предсказанные свойства станена действительно окажутся верными, то этот материал будет способен совершить революцию в создании микрочипов практически для всех использующихся сегодня устройств. Прежде всего, чипы смогут стать гораздо мощнее. Возможности современных чипов на основе кремния ограничены объемом выделяемого электронами тепла – чем быстрее они работают, тем горячее становятся чипы. Станен же, обладая способностью 100-процентной проводимости, будет лишен этого недостатка (Хижняк, 2015).

Материалы для энергопреобразования. Данный вид материалов обладает способностью преобразовывать одни формы энергии в другие. Данные свойства приобретают особо большое значение в эпоху промышленных революций, когда энерготрансформационные процессы ложатся в основу развития энергетики, связи, транспорта. В частности, создание новых материалов (например, перовскитов) позволило за несколько лет поднять эффективность превращения солнечного света в электричество с 3–4% (в 2000-е годы) до 15–20% (к середине 2010-х годов). Большую роль также играют материалы для преобразования энергии в таких процессах, как аккумулярование энергии, теплоизоляция, электропроводимость, трансформация тепла в электричество и, наоборот, светопроводность, звукопроницаемость и др. (DARPA, 2017).

Специалисты израильской фирмы SolCold создали краску, охлаждающую здания в жару. В основе технологии лежит принцип лазерного охлаждения посредством взаимодействия луча света с определёнными материалами. При этом температура может понизиться на 150°C, так как молекулы материалов поглощают те фотоны, которые совпадают с ними по частоте, и переизлучают высокочастотные фотоны, которые переносят больше энергии. С потерей энергии снижается и температура. Краска состоит из двух слоёв. Внешний – фильтрует некоторые солнечные лучи. Внутренний слой осуществляет конверсию тепла в свет, охлаждая себя до температуры ниже окружающей среды (Ревадзе, 2017).

Калифорнийская компания Alphabet Energy представила термоэлектрический генератор, который можно подсоединить к обычному генера-

тору, собрать вырабатываемое им тепло и превратить его обратно в полезную энергию. При этом генератор Alphabet Energy использует относительно дешевый и фактически натуральный термоэлектрический материал в своей основе – *тетраэдрит*, добываемый минерал, состоящий из кристаллов, напоминающих форму тетраэдра (отсюда и название). Однако в лаборатории уже проводятся исследования, возможно, даже более эффективного термоэлектрического материала, имеющего название *скуттерудит*. Указанные материалы относятся к классу так называемых термоэлектрических. Они способны производить электричество из разницы температур (Шесть, 2017).

Стоит отметить, что термоэлектрические материалы уже нашли свое применение в некоторых сферах, например в космических кораблях. Однако скуттерудит дешевле в производстве и может вполне подойти для использования в повседневной жизни. Скажем, при заборе тепла из выхлопных труб автомобилей, холодильников и практически любых предметов и устройств, использующих энергию для работы (Хижняк, 2015).

Мембранные материалы характеризуются способностью проявлять различные свойства в разных направлениях. Например, пропускать ток, свет, тепло, влагу, другие вещества в одном направлении и не пропускать (пропускать гораздо хуже) в обратном. Мембранные материалы используются во многих областях науки и техники. В частности, они применяются в установках для разделения и очистки жидкостей, в аппаратах для газоразделения, при изготовлении одежды (пропускают влагу или тепло только в одном направлении), в аппаратах для разделения плазмы крови.

Существуют области, где мембранные материалы и мембранные технологии вообще не имеют конкурентов, например, аппараты «искусственная почка» и «искусственное лёгкое», получение сверхчистых веществ и зон в микроэлектронике, выделение биологически активных веществ и др. (Терещенко, 2017).

Биоактивные материалы. Обладают способностью срачиваться с живыми (в том числе костными) тканями. Одним из видов таких материалов являются *биоситаллы*. Основной областью применения таких материалов является медицина, где они демонстрируют свои уникальные свойства: биосовместимость (биоинертность, биоактивность), высокий уровень физико-механических характеристик, стабильность свойств, долговечность работы в человеческом организме (Терещенко, 2017).

Специалисты Северо-Восточного университета (США) и Сиднейского университета (Австралия) разработали эластичный хирургический клей, способный затянуть рану на коже или органах без швов или скоб всего за 60 секунд. В основе геля – замещенный метакриловой кислотой тропоэла-

стин (MeTro), эластичный белок, который наносится на рану и запечатывает её, не препятствуя естественному заживлению органов или кожи. Как только клей вступает в контакт с тканями, он затвердевает в виде геля и никуда не смещается. Затем гель подвергают ультрафиолетовому излучению, чтобы герметик образовал прочную связь с поврежденными тканями (Голованов, 2017 б).

Экологически приемлемые материалы. Одним из велений времени стало создание экологически приемлемых материалов (в английском языке экологическая приемлемость предметов передаётся терминами *ecologically friendly* – экологически дружелюбный или *environmentally sound* – созвучный природной среде, т.е. экологически безопасный).

В данном контексте экологическая приемлемость означает способность материалов включаться в метаболизмы экосистем. Иными словами, разлагаться под воздействием сил природы и повторно потребляться растениями и животными в циклах кругооборота в природе веществ и энергии. С этой точки зрения, из новых материалов наиболее заслуживают внимания те, исходными компонентами которых являются кремний и целлюлоза – вещества, наиболее распространённые в природной среде.

Учёные из Технического университета Чалмерса (Швеция) научились изготавливать «чернила» (так называют материалы, с которыми работают 3D-принтеры) для 3D-биопринтера из целлюлозы – самого распространённого органического соединения планеты, которое совершенно безболезненно воспринимается и утилизируется экосистемами планеты по завершению эксплуатационного срока изделия. Более того, путём добавления углеродных нанотрубок учёные смогли получить материалы, проводящие электричество (Доронин, 2015 а; Доронин, 2015 б).

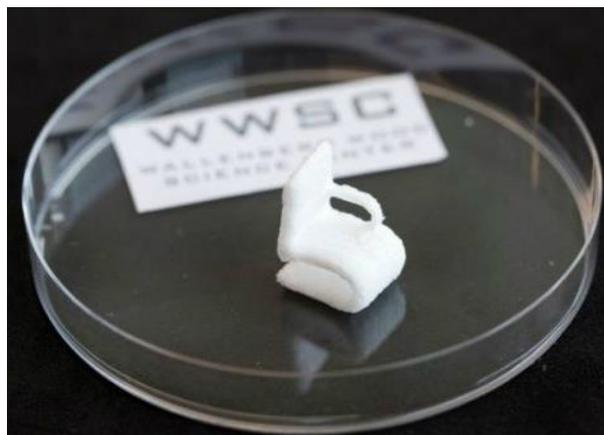


Рисунок 4.11 – Предмет, напечатанный на 3D-принтере «чернилами» из целлюлозы (Доронин, 2015 б)

«Чернила» из пыли. Осы вдохновили инженеров на 3D-печать домов из грязи и глины (рис. 4.12). Это приобретает особую актуальность также в связи с растущей численностью населения в некоторых частях нашей планеты. Организация Объединённых Наций (ООН) уже прогнозирует необходимость строительства около 100 тысяч новых домов ежедневно на протяжении ближайших 15 лет (Загорская, 2015 а). Такой доступный и дешёвый материал, как пыль, будет способствовать решению поставленной задачи.



Рисунок 4.12 – 3D-принтер компании WASP (высота 12 м, диаметр – 6 м)
(Загорская, 2015 а)

Как это часто бывает, решение проблемы подсказывает сама природа. Одиночные осы строят прочные похожие на глиняный горшок гнёзда из обычной грязи. Принцип работы этих трудолюбивых насекомых сильно напоминает работу 3D-принтера, ведь они тоже методично слой за слоем выкладывают свои гнёзда. И именно осы вдохновили итальянских инженеров, создавших компанию WASP (аббревиатура от World's Advanced Saving Project, или «Мировой передовой спасательный проект», wasp означает на английском «оса») (Загорская, 2015 а).

Самотрансформирующиеся материалы. Учёные в разных странах работают над тем, чтобы «научить» материалы произвольно изменять свои характеристики (в том числе форму) в заданном направлении. Фактически это позволяет технологиям, работающим с 3D-принтерами, как бы приобрести ещё одно – *четвертое* – измерение. Этим измерением становится *время*. Именно в течение времени продолжают изменяться форма или свойства изделия после того, как оно напечатано на 3D-принтере, доводя его параметры до необходимых значений.

Учёным Массачусетского технологического института удалось добиться значительных результатов в освоении 4-го измерения. В результате экспериментов удалось получить решётку размером 38 на 38 сантиметров. В ней элементы из жёсткого пластика соединялись с помощью вещества, которое увеличивается в объёме при поглощении влаги.

Во время экспериментов они обнаружили, что если положить изделие в воду, абсорбирующий материал деформируется, и решётка меняет свою форму. При этом, в зависимости от расположения и структуры изменяющихся элементов, диапазон форм со сложной геометрией может быть очень широким. Например, учёные напечатали фигуру, в которой аббревиатура института MIT со временем превращалась в буквы SAL.

По мнению авторов работы, в обозримом будущем этот подход позволит производить вещи, которые смогут адаптироваться к изменяющимся

условиям, реагируя на влажность или температуру. Кроме того, 4D-печать откроет дорогу совершенно новым медицинским имплантатам, которые смогут изменять свою форму, размер и функциональность без дополнительного хирургического вмешательства.

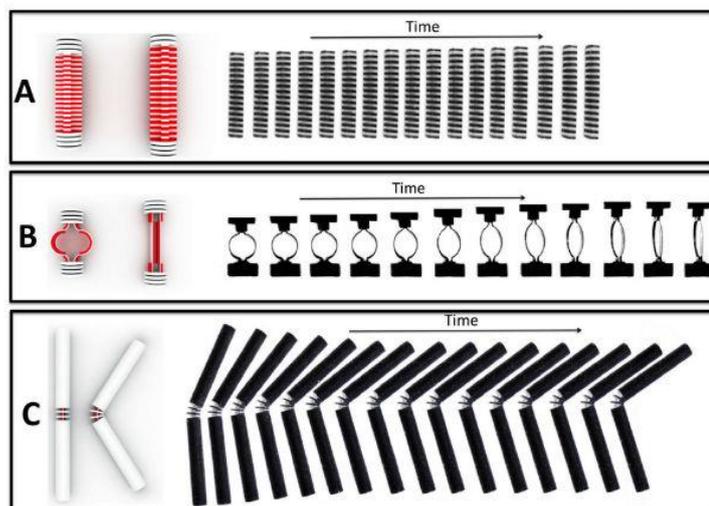


Рисунок 4.13 – Примеры самоизменяющихся во времени изделий (Загорский, 2014)

Одной из основных областей применения новой технологии может стать изготовление *стендов* — небольших трубок, которые помещают внутрь коронарных сосудов, суженных вследствие атеросклероза.

Напечатанные стенты можно будет вводить в сосуды в сложенном состоянии, после чего они приобретут свою постоянную трубчатую форму и расширят поражённый участок (Загорский, 2014).

Самовосстанавливающий пластик. Исследователям удалось разработать материал с невероятной способностью к регенерации (рис. 4.14). Созданный американскими учёными пластик заживляет на себе внушительные «ранения» (Ученые, 2015; Доронин, 2014 б).

Особенностью данного полимера является его структура. В ней содержатся микрогранулы, заполненные особой жидкостью. При их повреждении жидкость вытекает и заделывает образовавшееся повреждение (Хижняк, 2015). Учёные уверены, что такая технология самовосстанавливающегося пластика, похожая на биологическое исцеление, может быть внедрена в производство уже в совсем недалёком будущем. Простая и эффективная методика изготовления сосудистых материалов уже существует, теперь необходимо оптимизировать состав регенерирующих химических агентов для разных типов материалов.

Такая способность может стать очень полезной для коммерческих товаров (к примеру, поцарапанный бампер автомобиля мог бы восстановить себя сам за несколько минут после аварии). Но ещё важнее изобретение для тех деталей и изделий, которые трудно заменить или отремонтировать, например, тех, что используются в аэрокосмической промышленности или на дне глубоких скважин (Паймакова, 2014).

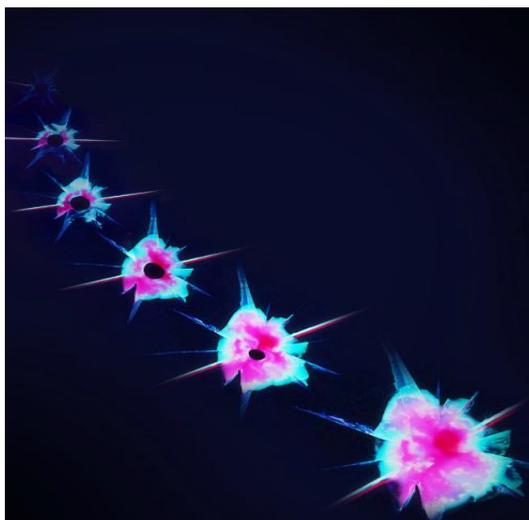


Рисунок 4.14 – Самовосстанавливающийся пластик (Доронин, 2014 б)

Исследователи из Гарвардской школы инжиниринга и прикладных исследований имени Дж. Полсона (SEAS) разработали новый прочный тип резины, который может самовосстанавливаться после прокола (Никитин, 2017 б).

Учёные лондонского Университета Королевы Марии разработали биоактивное стекло, которое, распадаясь, высвобождает фторид, образуя химическое вещество, имитирующее минеральный состав зубной пасты, оно поможет вылечить, восстановив повреждённые зубы (Гоголадзе, 2017 а).

Сегодня материалы всё больше превращаются из вещественных *субстанций*, свойства которых достигаются в ходе продолжительных производственных процессов, в «*конструкции*», нужные характеристики которых закладываются *непосредственно в процессе производства* из них создаваемых изделий.

Более того, реальностью становится конструирование композитных материалов с управляемыми свойствами, которые могут изменять свои характеристики и форму уже после их создания, исходя из конкретных задач и функций изделий (Краснянский, 2015; Щедровицкий, 2014).

Таким образом, новые технологии в сочетании с новыми материалами сделали реальным решение ряда важнейших задач: во-первых, гибкое, а главное *быстрое конструирование* материалов под выполняемые функции и условия эксплуатации изделия; во-вторых, достижение *большого диапазона* (вариабельности) свойств и параметров материалов; в-третьих, значительное *увеличение предельных значений* полезных свойств материалов: прочности, плотности, гибкости, электропроводности, теплопроводности, гидрофобности и др. – иногда в десятки и даже сотни раз; в-четвертых, достижение *изменяемости* параметров материалов в заданном направлении уже после изготовления изделий.

4.4. Конвергенция и миниатюризация в производстве и потреблении

Достижения науки сделали реальным ещё одно очень важное явление – *конвергенцию*.

Слово «конвергенция» происходит от английского *converge*, что означает «сводить в одну точку», «сводить воедино». Применительно к производству, бизнесу и потреблению, конвергенция предполагает объединение нескольких свойств и функций в одном предмете или устройстве для дальнейшего использования этого устройства в различных целях (Толмачёв, 2005). Таким образом, под *конвергенцией* обычно подразумевается *многофункциональность*.

Один из продуктов конвергенции каждый современный человек носит с собой. Это его *мобильник*, который вмещает всё то, что ещё несколько лет назад было отдельным, причём довольно объемным предметом: телефон, компьютер, фотоаппарат, видеокамера, записная книжка, часы и много ещё чего (табл. 4.1).

Таблица 4.1. – Некоторые функции современного мобильного телефона (айфона) (составлена автором)

Функция	Функция
<ul style="list-style-type: none"> • Телефон • Компьютер • Калькулятор • Фотоаппарат • Слайдоскоп • Видеокамера • Диктофон • Словарь • Библиотека • Справочник • Записная книжка 	<ul style="list-style-type: none"> • Часы • Таймер • Фонарик • Календарь • TV-приёмник • Радиоприёмник • Передатчик • Проигрыватель • Принтер • Корректор • Навигатор (GPS) • Пульт дистанционного управления

Впрочем, в приведенном списке должны оказаться и такие функции изделий, которых раньше вообще не существовало, например: «оператор электронной почты» или «персональный блок памяти».

Процесс конвергенции стал возможен благодаря ещё одному научному достижению – колоссальной миниатюризации изделий. Особенно это касается средств обработки информации. Характер этого явления очень ярко описал классик постиндустриализма Д. Белл, хотя, заметим, с мо-

мента его высказывания прошло уже около 20 лет. Иными словами, это значит, что научные и технические свершения ушли далеко вперёд.

«Сегодня в одной крупнице интегральной схемы (чипа), стоимостью меньше доллара, сконцентрирована мощность десятков тысяч транзисторов со всеми соединяющими их проводниками. Его ёмкость – миллионы байт и быстродействие – триллионы операций в секунду» (Белл, 1999).

Еще более грандиозные перспективы сулит внедрение нанотехнологий, обещающее изменить до неузнаваемости не только производство, но и весь образ жизни человечества.

По мнению многих учёных, сегодня реальностью становится создание *нанокomпьютера*, т.е. вычислительного устройства на основе электронных технологий, размерами в несколько нанометров – в частности, величиной с молекулу. Фактически в нанокomпьютер может превратиться наночастица, запрограммированная на нужные химические или физические свойства. Корейско-американский консорциум разработал подходы для создания *нанотранзистора*, базовой части нанокomпьютера. Шесть атомов водорода и углерода были размещены циклически, превратившись в молекулу бензола. Такое расположение атомов позволило протекать току от одного золотого электрода к другому без какого-либо напряжения. Главным здесь есть даже не миниатюрные размеры, а колоссальная *энергоэффективность*. На повестке дня – совершенствование механизма работы устройства и принципиальной схемы его сборки (Нанотранзистор, 2017).

Нанокomпьютер может быть создан на основе способности наночастиц под воздействием сигналов внешней среды проявлять различные химические или физические свойства, например, соединяясь, образовывать новые соединения или излучать / поглощать лучи разного спектра. Таким образом, появляется теоретическая возможность формирования входного и выходного сигналов (Будыка, 2016).

Учёные канадского Университета Конкордия экспериментально установили, что в транзисторах из очень коротких нанотрубок положительно и отрицательно заряженные частицы ведут себя по-разному. Положительные – более изолированы и ведут себя в большей мере как частицы, тогда как отрицательные заряды менее ограничены и больше напоминают волны. Это значит, что можно воспользоваться квантовой природой электронов для хранения информации, а положительных зарядов – для передачи информации. Всё вместе открывает новые возможности для появления нового поколения квантовых устройств и приближает появление квантового компьютера, что, в свою очередь, позволит создавать более умные и эффективные приборы (в том числе гаджеты) для потребителей (Громов, 2017).

На начало 2018 года запланирован старт вычислений квантового компьютера Google, оснащённого 22-кубитовым чипом (*кубит* – наименьший элемент для хранения данных в квантовых компьютерах). Запланирован

расчёт сложнейшей задачи, решение которой заняло бы на классическом компьютере миллиарды лет. Успех будет означать наступление «квантового превосходства» – переломного момента, когда квантовый компьютер решит невыполнимую ранее задачу. Квантовые чипы Google находятся в лаборатории, где поддерживается минусовая температура – 273,11°С, что необходимо для сохранения сверхпроводимости. Такие сложные и дорогие условия означают то, что Google и другие компании, скорее всего, будут продавать квантовые вычисления через «облако» за немалые деньги. Однако уже сегодня учёные в мире (в частности, в компании Intel) напряженно работают над созданием чипов, способных работать при более высокой температуре (Никитин, 2017 а).

Сегодня при создании новых видов продукции основные затраты труда идут не на материальное производство, а на формирование информационного содержания изделий. По данным исследователей, при выпуске таких наукоёмких товаров, как компьютер, лишь четверть затрат труда идёт непосредственно на их изготовление (Агамирзян, 2013). Остальное приходится на работу научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и лабораторий, где формируются информационные алгоритмы функционирования изделий.

4.5. Дематериализация через снижение материалоемкости

Можно говорить о двух направлениях реализации политики дематериализации. Первое – связано с проведением различных технических и организационных мероприятий по *экономии ресурсов* (сырья, вспомогательных материалов, топлива, энергии), *предотвращению порчи* или *непроизводительной убыли* сырья, *теплоизоляции* зданий и пр. Второе (и ему принадлежит ведущая роль) – основано на технологическом *снижении ресурсоемкости* (Пильцер, 1999).

За последние 20 лет вес фото- и видеокамер, магнитофонов, аккумуляторов снизился в разы, а то – и на порядок. За сорок лет топливоемкость автомобилей уменьшилась почти в 10 раз (с 20 до 2 литров на 100 км пути) (Вайцеккер и др., 2000; Вайцеккер и др., 2013). Переход фото- и киноиндустрии на цифровые технологии сделал ненужной целую отрасль, занятую производством фото- и киноматериалов (плёнки, бумаги, химических агентов). Кроме того, стало ненужным и производство оборудования, необходимого для проявления, закрепления, печати соответствующей продукции. Наглядным следствием указанных процессов, в частности, является банкротство всемирно известной фирмы «Кодак», более ста лет исправно обслуживавшей рынок производства фотоматериалов.

Очень убедительно об этом явлении сказал на Давосском международном экономическом форуме 2016 года Пьер Нантерме: «Цифровые технологии (digital) – это основная причина, по которой более половины компаний, находившихся в списке «Фортуна 500», исчезли оттуда с 2000 года» (9 quotes, 2016).

Снижению ресурсоёмкости способствует и всестороннее внедрение энергосберегающих технологий на производстве и в быту.

Обобщая сказанное, можно выделить несколько направлений развития экономических систем, обеспечивающих снижение ресурсоёмкости их функционирования:

- меры по масштабному ресурсосбережению (например, теплоизоляция зданий, применение менее энергоёмкого оборудования и пр.);
- использование ресурсосберегающих (в частности, нересурсоёмких и малоотходных) технологий;
- использование эффективных ресурсосберегающих режимов работы;
- использование природосберегающих технологий, снижающих экологические последствия и сопряженные с этим издержки.

При этом следует отметить, что не только последнее, но и каждое из названных до него направлений в той или иной степени носит также природосберегающий характер.

Использование новых материалов. Целенаправленное изменение свойств материалов является чрезвычайно эффективным направлением ресурсосбережения, так как позволяет воздействовать на ресурсоёмкость всей экономической системы. В частности, это даёт возможность снижать ресурсоёмкость производственных систем на трёх стадиях: при *производстве исходных ресурсов, изготовлении самого материала и использовании его* в технических системах.

Так, благодаря волоконно-оптической связи (кварцевое, стеклянное или полимерное волокно), удалось повысить скорость передачи информации более чем на 5 порядков. Один световод способен легко заменить целый кабель, содержащий несколько сотен металлических проводов. В частности, один световод, имеющий диаметр около 1,5 см, может с успехом заменить телефонный кабель 7,5 см в диаметре, содержащий 900 пар медных проводов. Он также имеет целый ряд других существенных преимуществ (Бутов, 2003).

Кроме того, что новые материалы при их несоизмеримо более высоких функциональных свойствах позволяют заменить целый ряд дорогих и ресурсоёмких (при их производстве) материалов, они, как правило, значи-

тельно (часто на порядки) снижают ресурсоёмкость выполняемых ими функций.

В частности, теплоприток при передаче сигналов в каналах связи из волоконных светодиодов примерно в 100 раз меньше теплопритока передачи сигналов по кабелям из никеля (Оптическое, 2015).

Но и этим ресурсосберегающие эффекты применения новых материалов не ограничиваются. Обычно имеет место также значительный эффект, обусловленный существенно меньшей материалоёмкостью и энергоёмкостью их производства по сравнению с заменяемыми ими материалами.

4.6. Инновационный вектор технологий

Принципиальной особенностью современного этапа развития производственной сферы является перенесение центра тяжести (а соответственно, и затрат) в производственном процессе с цикла тиражирования продукции (т.е. собственно производственного процесса) на цикл их *проектирования*. Именно там закладывается основная ценность будущего изделия, т.е. его информационные качества: свойства, функции, эксплуатационные характеристики, надёжность, эстетичность и пр. По меткому выражению И. Агамирзяна, в ближайшем будущем мы начнём воспринимать производственные мощности не иначе, как обычный принтер, который включается нажатием кнопки, когда нам нужно распечатать пачку документов (Агамирзян, 2013).

В 2010 году первая модель iPad-а продавалась почти за \$500. При этом совокупные затраты на изготовление его материальных компонентов и их сборку составляли лишь \$33. «Аналогичная структура наблюдается в других отраслях. В микроэлектронике к началу 2000-х годов произошло окончательное разделение на *fabless*-компании (т.е. бесфабричные, не имеющие собственных изготовительных мощностей), которые занимаются исследованиями и проектированием микрочипов, и *foundry*-компании, которые занимаются их производством. Причём обороты первых уже превысили обороты вторых» (Агамирзян, 2013).

«Как и любая революция, третья промышленная революция будет разрушительной... Как Генри Форд оставил без работы кузнецов, роботизация и новые методы производства превратят фабрики в безлюдные помещения, которыми управляют несколько десятков квалифицированных операторов...

Сейчас модно говорить, что производство возвращается в развитые страны. Но... опускается очень важная деталь, что это уже совершенно другое производство...» (Агамирзян, 2013).

Таким образом, основным видом продукции в бизнесе становятся не изделия и услуги, а *стартапы*, а точнее, *инновации*, на производство которых ориентированы данные стартапы. Причем круг инноваций, производимых стартапами, чрезвычайно широк и затрагивает все сферы жизни (рис. 4.15).



Рисунок 4.15 – Виды экономических инноваций (составлен автором)

Можно назвать ещё более точно вид предметов, которые продаются в виде стартапа, – это различные формы повышения эффективности процессов жизнеобеспечения человека.

Сказанное заставляет подчеркнуть одну важную деталь. Упомянутые инновационные технологии, как и любые инновации вообще, могут быть успешно реализованы при концентрации усилий всего общества. В качестве инструментов такой концентрации в странах ЕС используются так называемые *технологические платформы*, охватывающие проектируемый вид инноваций от определения до общей программы исследований. Под этим термином понимается объединение представителей государства, бизнеса, науки и образования вокруг общего видения тренда научно-технического развития и формирования общих подходов к разработке и промышленному освоению соответствующих технологий (European, 2017).

Только консолидированное участие различных объединений и отдельных субъектов общества позволит решить финансовые, организационные, технические, информационные и социальные проблемы внедрения кластеров современных технологических инноваций.

Глава 5

«ЗЕЛЁНАЯ» ЭНЕРГЕТИКА КАК ВЕДУЩЕЕ ЗВЕНО СЕСТЕЙНОВОЙ ЭКОНОМИКИ

5.1. Сестейнизация энергетики как ключевая предпосылка сестейнизации экономики

Энергетика является базовым звеном любой экономики. Цена энергии в значительной степени определяет цену производимых товаров и услуг. А от экологичности процессов получения энергии зависит степень техногенной нагрузки общества на природные системы. Таким образом, экологически обусловленная трансформация энергетики играет решающую роль в сестейнизации экономики.

Не случайно из пяти направлений (принципов) реализации Третьей промышленной революции (Т.п.р.) в странах ЕС, принятых в качестве директивных плановых заданий Парламентом ЕС в июне 2007 года, четыре – непосредственно связаны с изменениями в энергетическом секторе, а пятое – в полной мере зависит от них (Рифкин, 2016).

Вот эти направления.

1. Развитие возобновимых источников энергии.
2. Использование пространств существующих социальных и промышленных объектов (например, крыш и фасадов домов, поверхности дорог и пр.) для установки генераторов возобновимых источников энергии (солнечной, ветровой и пр.).
3. Разработка высокоэффективных средств аккумуляирования энергии.
4. Интеграция распределённых возобновимых источников энергии в единую общеевропейскую информационно-энергетическую сеть (Энер-Нет).
5. Электрификация транспорта.

Согласно упомянутому Директивному плану, Евросоюз взял на себя обязательства, которые в административных кругах были названы как «Три двадцатки (20–20–20)». Это означает, что к 2020 году должно быть достигнуто повышение эффективности энергосистем на 20%; снижение выбросов двуокиси углерода на 20%; повышение доли возобновимых источников энергии в энергобалансе стран Союза в среднем на 20% (Рифкин, 2014).

Мы увидим далее, что достижение последнего показателя идёт со значительным опережением.

Как уже отмечалось, возобновимые источники энергии обладают неоспоримым преимуществом. Они значительно экологичнее традиционных способов получения энергии, основанных на сжигании ископаемых видов топлива.

Однако, кроме того, они имеют ряд очевидных качеств, которые выгодно отличают их от представителей традиционной энергетики.

Во-первых, источники возобновимой энергии характеризуются стабильностью и относительной неиссякаемостью, что позволяет им обеспечивать устойчивый режим работы энергетических систем, а вместе с ними – и всей экономики. Работа солнца и ветра отличается устойчивой регулярностью. Существуют уже технические решения, обеспечивающие работу ветровых электростанций при минимальной скорости ветра и даже полном штиле. Ещё более стабильным источником является геотермальное тепло. В сочетании с эффективными средствами аккумулирования и хранения энергии упомянутые источники обеспечивают устойчивый режим работы энергосистемы как по энергоснабжению, так и по цене за производимую энергию. Это позволяет устанавливать и устойчивый порядок регулирования (диверсификации отпускных цен в зависимости от времени суток и сезонности потребления). Чтобы было понятно, о чём идёт речь, сравним эту картину с ситуацией изменения экономической конъюнктуры в зависимости от цен на рынках традиционных энергоносителей.

Видимо, не случайно период принятия пяти упомянутых принципов реализации Т.п.р. совпал во времени с энергетическим кризисом 2007 года, когда цена на нефть на мировых рынках подскочила в среднем с нескольких десятков до 120 долл за баррель. Экономики ведущих стран мира отреагировали на это резким скачком цен на производимые товары и торможением своей активности. Когда же в июле 2008 года цена за баррель нефти подскочила до 147 долл и цены на производимые товары по всей цепочке взмыли вверх, удвоившись и утроившись на некоторые группы товаров. Из-за резкого снижения покупательной способности населения, ведущие экономики мира практически остановились совсем. Через два месяца после этого разразился жесткий финансовый кризис.

Естественной реакцией экономических систем на энергетический кризис стало значительное снижение их активности. Вследствие этого, в 2009 году цены на нефть упали вообще до 30 долл за баррель. Дешёвые цены на нефть активизировали экономическую активность, что, в свою очередь, со временем мотивировало повышение цены на нефть. И к 2012 г. она снова достигла отметки в 120 долл. За ней поползли вверх и цены на другие товары. Через два года маятник качнулся в обратном направлении, доводя цены на нефть до 30 долл. И экономика снова пошла по «заколдованному», замкнутому кругу.

Как видим, сам характер энергетике, основанной на сжигании ископаемого топлива, обуславливает неустойчивый режим поведения экономических систем. Эти проблемы позволяет преодолеть возобновимая энергетика. При достаточно развитой своей инфраструктуре (аккумуляционные системы, «умные» сети распределения энергии и пр.) она достаточно легко может не только обеспечить стабильный режим поставок электроэнергии, но и справиться с проблемами существенных колебаний потребления энергии в течение суточных и недельных периодов времени. Это, как известно, создаёт достаточно серьёзные затруднения для традиционной энергетике.

В марте 2011 года произошло, между тем, ещё одно событие, подхлестнувшее страны ЕС к активизации работ по реализации Т.п.р. Таким событием стала крупнейшая в современной истории радиационная катастрофа (максимального 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий) на АЭС Фукусима-1 (Япония). Именно она заставила пересмотреть стратегические планы развития ЕС.

Как мы уже говорили в подразделе 1.2, во многих странах Евросоюза доля электроэнергии, вырабатываемой на атомных электростанциях, составляла в среднем от 30 до 40%, в ряде стран она превышала половину национальной электроэнергии (Бобылёв, 2016; Одессер, 2016). Шок от японской катастрофы был настолько силён, что заставил искать замену энергетическому атому. Европа не имела достаточно естественных энергоресурсов для такой компенсации. Проблема могла быть решена только через интенсификацию использования возобновимых источников энергии. Это и дало старт системному явлению под названием «Третья промышленная революция».

Другой отличительной чертой возобновимых источников энергии можно считать их относительную *экономичность*. Она обусловлена тем, что стоимостные показатели производства альтернативной энергии имеют одну замечательную особенность. В её себестоимости практически отсутствуют (или приближаются к нулю) *переменные издержки*. Это справедливо по отношению к большинству видов возобновимой энергии, за исключением, разве что, биогазовой.

Экономисты знают, что к переменным издержкам относятся те виды затрат, которые реагируют на изменения объёмов производства продукции. Например, для традиционной энергетике (будь то тепловая или атомная электростанция) операционные затраты производства растут с ростом объёма произведённой электроэнергии. Ведь с каждым произведённым кВт-часом электроэнергии приходится больше платить за *приобретение топлива и человеческого труда*, обеспечивающий производственный процесс.

Солнечный, ветровой или геотермальный генераторы не нуждаются в топливе. Источниками их работы бесплатно служат силы природы. Да, и труд человека при их работе никак не связан с объёмом производимой энергии. Он направлен, главным образом, на устранение возможных неполадок. За исключением начальных затрат (инвестиций) по установке генератора сама выработка электрической или тепловой энергии обходится бесплатно.

Как видим, «зелёная» энергетика (солнце, ветер, геотермальное тепло, приливная энергия) позволяет вообще обходиться без топлива и химических процессов его сжигания. Это значит, что из производственных циклов исключаются целые отраслевые звенья, обеспечивающие: добычу ископаемых ресурсов; рекультивацию нарушенных ландшафтов; транспортировку сырья (вагонами / сухогрузами – в случае угля или цистернами / трубопроводами / танкерами – в случае нефти и газа); сжигание топлива на электростанциях; изготовление очистного оборудования и утилизацию отходов. Исключаются также процессы создания машиностроительных и строительных предприятий, где формируются мощности для реализации всех упомянутых процессов. Хотя, безусловно, нельзя забывать, что создание самих установок для генерирования возобновимой энергии тоже не может обойтись без значительных издержек. Следует помнить также и о тех издержках, которые понадобятся для утилизации генераторов альтернативной энергетике, когда они будут исчерпывать сроки своей работы. Впрочем, при значительных объёмах отслуживших генераторов эта работа может быть поставлена на поток. Это будет существенно облегчено, если процессы разборки и утилизации генераторов будут предусмотрены конструктивно при проектировании самих генераторов.

В любом случае, неопровержимым фактом остаётся то, что солнечная и ветровая энергетика обеспечивают производство энергии с минимальными затратами труда на стадии их эксплуатации. Американский экономист Дж. Рифкин назвал это явление энергией «с нулевыми переменными издержками». Кроме того, по сравнению с углеродной и атомной энергетикой при эксплуатации возобновимых источников энергии практически исключаются затраты, материализованные в добычу и переработку исходных энергоносителей (Рифкин, 2016).

На рубеже 2015–2016 годов среднемировая стоимость производства альтернативной энергии уже сравнялась с таковыми показателями в традиционной энергетике.

При этом следует учесть, что, благодаря техническому прогрессу, удельные затраты на единицу установленной мощности в альтернативной энергетике будут стремительно снижаться. Например, ожидается, что только с 2016 по 2018 год стоимость производства единицы солнечной

энергии должна сократиться почти на 50%, а ветровой – почти на 35% (New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016). И это – при неубывающих источниках возобновимой энергии.

Совсем иная перспектива просматривается для традиционной энергетики. Её техническая основа находится уже на пределе совершенствования и улучшения удельных экономических показателей, в то время как природные условия добычи ископаемых энергоносителей постоянно ухудшаются за счёт истощения запасов природного сырья. «Сланцевая революция» может лишь замедлить процесс объективного удорожания традиционной энергии. Остановить его невозможно.

Ещё одним достоинством возобновимых источников энергии является их распределённость. В отличие от источников топлива традиционной энергетики, которыми обладают единицы, возобновимые источники энергии доступны большинству жителей планеты. Причём это касается не только повсеместного физического присутствия самих источников энергии (солнца, ветра, геотермального тепла), но и экономических возможностей самого генерирования энергии. Уже сегодня многие домовладельцы могут себе позволить иметь свою собственную электростанцию, удовлетворяющую их потребности в электроэнергии.

Завтра это будет доступно миллионам, а послезавтра – миллиардам жителей Земли.

Один из идеологов осуществления Т.п.р. революции в Европе Дж. Рифкин в своих работах неоднократно подчёркивает необходимость системной реализации всех пяти направлений (принципов), упомянутых в начале данного подраздела. Реализация любого из них в отрыве от других значительно снижает эффективность проводимых мер.

5.2. Истоки развития «зелёной» энергетики

«Зелёная» энергетика, которую, несомненно, вполне заслуженно считают едва ли не одной из главных инноваций современности, относится скорее к тому новому, что, согласно известному изречению, является «хорошо забытым старым». В известной степени «зелёная» энергетика знаменует возвращение человека к своим истокам, когда он использовал энергетические силы природы: ветра, воды, солнца, биохимических процессов. Но чтобы это возвращение состоялось, человечеству потребовалось подняться на новый технический уровень, совершенствовав свои знания, мировоззрение, производственные технологии, используемые материалы, организационные устои. Поэтому в данном случае возвращение к природным основам следует расценивать не столько как «назад к природе», сколько как «вперед к природе».

Страницы истории

Ветроэнергетика. Первые свидетельства об использовании ветра для приведения механизмов в действие датируются ещё 1750-ми годами до н.э. (Вавилон). Известно также, что в XI в. ветряные мельницы использовались на Ближнем Востоке (Иран, Ирак, Афганистан), в том числе как силовые установки для орошения земель. Применялись два типа колёс: с вертикальной осью (вокруг которой вращалось несколько лопаток) и горизонтальной осью (на которой размещались лопасти крана пропеллерного типа). По всей вероятности, идею об использовании ветровых установок в Европу завезли с Востока крестоносцы в начале 1100-х годов. Французские хроники 1180-х годов и английские – 1190-х уже рассказывают о работающих мельницах. Оттуда ветряные мельницы распространились в Голландию, Фландрию, Германию и другие страны. Экономический расцвет Голландии в XVII–XVIII веках в значительной степени был обусловлен развитием там ветроэнергетики. Сначала ветряки главным образом приводили в движение насосы для осушения земель, а затем уже стали широко использоваться как приводы в различных производствах. Это обеспечило лидерство тогдашней Голландии в энерговооружённости среди европейских стран и фактически обусловило старт местной промышленной революции (которую некоторые исследователи называют «нулевой» – она была как бы прологом Первой промышленной революции, стартовавшей через несколько десятилетий в Англии). В 1700-е годы в Европейских странах (Англия, Германия, Голландия, Испания, Франция, Россия, Украина) работали уже тысячи ветряков. В конце XIX века в Голландии их насчитывалось свыше 10 тысяч. Лидером бытового использования ветряков была Дания. В ней было около 30 тысяч бытовых ветряков и только 3 тысячи – промышленных (Мосейчук, 2014).

Украина – страна с многовековыми традициями использования энергии ветра, который массово применялся для размолва зерна и перекачки воды. По некоторым оценкам, перед 1917 годом суммарная мощность ветряков в Украине доходила до 1400 МВт (что сопоставимо, например, с мощностью Хмельницкой АЭС (Мосейчук, 2014).

С приходом паровых машин и двигателей внутреннего сгорания количество используемых ветряков стало сокращаться. Первые промышленные ветрогенераторы были сконструированы в Дании 1890 году. Свои типы ветроустановок в 1920-е годы предложили инженеры Франции, США, Нидерландов, Германии.

В дореволюционной России теорию ветродвигателей создают Н.Е. Жуковский и его ученики (В.П. Ветчинкин, Г.Х. Сабин, Н.В. Красовский, Г.Ф. Проскура). В частности, академиком Г.Ф. Проскурой из Харьковского политехнического института сделаны теоретические расчёты различных типов ветроколеса. В 1933-34 гг. в Харькове под руководством Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргея), имя которого впоследствии стало известным после реализации американской программы полёта на Луну, в Харькове был разработан проект крупнейшей на тот момент в мире ВЭС на 12 тыс. кВт. В 1936 г. в Крыму даже было начато её строительство, которое вскоре было остановлено.

В период с 1940-х по 1970-е годы ветроэнергетика переживает спад. Появилась относительно недорогая электроэнергия, производимая на тепловых электростанциях, обеспечивавших к тому же независимое от погоды энергоснабжения. Новый интерес к ветроэнергетике стал пробуждаться после нефтяного кризиса 1973 года. Позднее чернобыльская, а затем фукусимская катастрофы также стимулировали интерес к возобновимым источникам энергии и к ветровой энергии в частности.

Гидроэнергетика. Вода, как и ветер, издавна использовалась человеком как силовой фактор, облегчавший труд человека. Водяные мельницы шли в ногу с ветряными, применялись в сельском хозяйстве, ткацком деле, металлургии.

Принято считать, что впервые для выработки электричества гидроэнергию в 1878 году использовал англичанин Уильям Армстронг (William George Armstrong) для питания электродуговой лампы в своей художественной галерее. Он же изобрёл и гидроаккумулятор, «запасавший» энергию поднимающейся воды. Первая электростанция была запущена в 1882 году на Фоке-Ривер в городе Эплтон, штат Висконсин, США. Через пять лет в США и Канаде было уже 45 гидроэлектростанций, а в 1889 году – 200 (Гидроэнергетика, 2017).

В дореволюционной России первые гидроэлектростанции были построены в Сибири на реке Березовка (приток р. Бухтармы) в 1892 году и на реке Ныгри (приток р. Вачи) в 1896 году (Гидроэнергетика, 2017). Как известно, в Украине крупнейшая на тот момент в СССР гидроэлектростанция ДнепроГЭС была пущена в строй в 1936 году.

В наши дни строительство крупных ГЭС на равнинных территориях считается нецелесообразным. Строительство ГЭС имеет смысл лишь там, где можно обойтись без строительства плотин и затопления территорий (малые реки, горные реки, рукавные микроГЭС). И здесь лидируют скандинавские страны (прежде всего, Норвегия).

Солнечная энергетика. Главными способами преобразования солнечного излучения в электроэнергию являются *фотоэлектрический* и *гелиотермический*. Первый основан на фотоэффекте, т.е. испускании электронов веществом под действием света.

Второй – на концентрации солнечных лучей с помощью зеркал с последующим нагревом теплоносителя (например, воды). Последний, в свою очередь, превращается в пар и приводит в действие турбину.

Как известно, энергию солнца люди использовали с давних времен. В частности, солнце активно использовалось в производственных процессах (например, при сушке). А Архимед, согласно древнегреческим хроникам, в битве под Сиракузами 212 года при помощи вогнутых зеркал сжёг весь римский флот. Современные учёные подтвердили теоретическую возможность подобного факта. А воспламеняющимся агентом могла оказаться смола на кораблях, которая помогала сохранять деревянные корпуса судов, но легко воспламенялась под воздействием высокой температуры (Володин, 2017).

Современный этап развития солнечной энергетике, видимо, следует вести с 1839 года, когда французский физик Александр Беккерель (Alexan-

dre Edmond Becquerel) открыл явление *фотоэффекта*. А в 1883 году американец Чарльз Фриттс (Charles Fritts) сконструировал из селена первый фотоэлемент. Правда, его КПД едва достигал 1%.

Большой вклад в исследование фотоэффекта внёс Альберт Эйнштейн (Albert Einstein), который именно за эту работу (а не за теорию относительности) получил Нобелевскую премию в 1921 году. В СССР под руководством Абрама Иоффе (выходца из Украины) в 1930-е годы создали солнечные сернисто-таллиевые элементы, правда, тоже с невысокими КПД.

Прорывным оказался 1955 год, когда компания Bell Telephone представила солнечную батарею на основе кремния. Её КПД составлял уже порядка 6% и был в дальнейшем увеличен до 11%.

С выходом человека в космос использование фотоэлементов было активизировано. В частности, уже в первом советском спутнике (1958 г.) использовались фотоэлементы. Очередной толчок к развитию солнечной энергетики дал нефтяной кризис 1973–74 гг. Стали производиться изделия с солнечными элементами (часы, калькуляторы). Строились дома, использующие солнечную энергию.

Первая гелиотермальная электростанция (10 МВт) была пущена в США в 1981 году. В 1988 году Applied Solar Energy Corporation (ASEC), воспользовавшись идеей группы советских учёных под руководством Жореса Алферова, выпустила на основе галлий-мышьяковых батарей элемент с КПД 17%. К настоящему времени КПД серийных панелей доведён до 20%. А компания Boeing выпустила солнечные панели с КПД 39,2% (История развития, 2014).

Биогазовая энергетика. Упоминания об использовании примитивных биогазовых технологий встречаются в рукописях Китая, Индии, Ассирии, Персии, датируемых ещё до нашей эры. Однако относительно системные исследования и использование биогаза начались только в XVIII веке н.э. Впервые исследовал и описал образование воспламеняющихся газов в болотах и озёрных отложениях Александро Вольта (Alessandro Volta) в 1776 г. Он установил наличие метана в болотном газе и исследовал его свойства.

После того как английский химик Джон Дальтон (John Dalton) в 1804 году открыл формулу метана, европейскими учёными были сделаны шаги по практическому применению биогаза. В 1875 году известный русский физик и химик А.С. Попов описал влияние температуры на количество выделяемого биогаза. А несколько позже В.Л. Омелянский исследовал природу анаэробного брожения и участвующие в нем бактерии (История развития, 2017).

С начала 1880-х годов в Европе начались опыты по использованию биогаза для обогрева помещений и освещения улиц. Первая задокументированная биогазовая установка была построена в Бомбее (Индия) в 1859 году. С 1895 года биогаз начал применяться в Великобритании для уличного освещения (Биогаз, 2017).

Первый крупномасштабный завод по производству биогаза был построен в 1911 году в Бирмингеме, Англия. Значительный толчок биогазовые технологии получили в воюющих странах (Германия, Венгрия, Фран-

ция) из-за нехватки топлива в период ВМВ. После войны многие установки были демонтированы на фоне относительно дешевого топлива. Новый всплеск внимания к биотехнологиям проявился только в ходе нефтяного кризиса в начале 1970-х годов, а потом с начала 2000-х годов.

Развитие биогазовых технологий идёт по трём основным направлениям: обработка сточных вод, обработка органических отходов (в том числе, содержащихся в твердых бытовых отходах), обработка отходов животноводства. Первая промышленная биогазовая установка по переработке животноводческих отходов была открыта в США в 1939 году. В 1954 году тоже в США был построен первый завод по переработке коммунальных отходов с получением биогаза. Сейчас там действуют тысячи таких заводов. Своим путём начиная с 1970-х годов идут азиатские страны, сделав акцент на создании небольших семейных установок. Сегодня в Китае, благодаря финансовой поддержке государства, насчитывается более 10 млн таких установок, в Индии – около 4 млн. В Финляндии, Швеции, Австрии доля энергии биомассы достигает 15–20% от всей потребляемой энергии (История развития, 2017).

За короткий период с конца 2000-х годов возобновимая энергетика стремительно прошла огромный путь, превратившись из экзотичного экспериментального сектора в полноценное звено энергетической системы, сопоставимое по объёму производства с её лидерами – тепловыми и атомными электростанциями. Более того, она стала дерзко теснить их из, казалось бы, незыблемых позиций, отбирая их клиентов и инвестиционные денежные потоки.

5.3. Практические шаги по развитию альтернативной энергетики

Развитие солнечной и ветровой энергетики. О том, что альтернативная энергетика давно уже перешла из существующих на бумаге планов в реально существующую действительность, убедительно свидетельствуют многочисленные цифры и факты. Достаточно познакомиться лишь с некоторыми из них, чтобы убедиться, что это так.

В 2015 г. мощности ветровых электростанций в мире впервые превысили мощности АЭС (Мощность, 2015). А в США количество работников «солнечной» сферы впервые превысило по этому показателю нефте- и газодобывающую отрасли. Это в три раза больше, чем в угледобыче (Число, 2017; Федосенко, 2016 г).

2015-й стал годом, когда себестоимость солнечной и ветровой энергии стала ниже себестоимости атомной энергии и почти сравнялась с себестоимостью получения энергии на тепловых электростанциях (Randall, 2015; Solar Power, 2016).

В 2015 и 2016 годах количество солнечных установок в мире увеличилось более чем на треть по сравнению с предыдущим годом (Solar Power, 2016).

В Европе в 2016 году 86% (21,1 из 24,5 ГВт) новых электростанций, подключенных к национальным энергосетям, генерируют энергию из возобновимых источников (В Европе, 2017; В Украине, 2017 а).

Сегодня каждый час в Китае устанавливаются 1 ветровая турбина и солнечная электростанция размерами с три футбольных поля. Ожидается, что уже в 2018 году Китай выполнит задание по развитию возобновимой энергетики, запланированное на 2020 год (Каждый, 2017).

В целом в 2016 году в мире было запущено 161 ГВт новых «зелёных» мощностей энергетики. По данным Международного агентства по возобновимым источникам энергии (IRENA) на 1 января 2017 года установленная мощность «зелёных» электростанций в мире достигла 2006 ГВт. В 2016 г. прирост мощностей по видам энергии составил: солнце 71 ГВт, ветер – 51 ГВт, гидроэнергия – 30 ГВт, биоэнергия – 9 ГВт, геотермальная энергия – 1 ГВт (Вязов, 2017).

Среди регионов с наибольшим приростом ВИЭ в 2016 году лидирует Азия – 58%. Среди лидеров по приросту мощностей солнечной энергетики в 2016 году на первом месте Китай – 34 ГВт новых мощностей, затем США – 11 ГВт, Япония – 8 ГВт, Индия – 4 ГВт (Авельсник, 2017б). Европа увеличила солнечные мощности на 5 ГВт, достигнув 104 ГВт (лидируют Германия и Великобритания) (Вязов, 2017).

В 2018 году в Китае планируют увеличить мощности СЭС на 50 ГВт. Это почти вдвое превышает суммарные мощности, введенные в строй традиционной энергетикой (1,1 ГВт – АЭС; 6,7 – ГЭС; 18,9 – ТЭС). Ещё 7,3 ГВт составляет прирост мощности ветроэлектростанций. Общая мощность СЭС в стране в 2018 г. приблизится к 130 ГВт. Благодаря рывку Китая общая мощность новых солнечных электростанций в мире в 2018 году превысит 100 ГВт – больше, чем любого другого вида станций. По оценке Asia Europe Clean Energy Consultants, к 2020 году СЭС Китая достигнут мощности 248 ГВт, что выше всей мощности российской энергетики (Китай, 2017; Михайлова, 2017).

Сегодня европейские биогазовые установки в состоянии заменить 15 угольных электростанций со средней мощностью 500 МВт (Бельгия, 2015).

В принципиальной жизнеспособности возобновимых источников энергии убеждают рекорды, которые она не устаёт устанавливать.

В частности, по данным нескольких источников, в один из солнечных дней (8 мая 2016 г.) в Германии доля электроэнергии, полученной только лишь от солнца и ветра, превысила 87% общей суточной потребности в энергии в этот день. Возникла критическая ситуация перепроизводства энергии в стране, что вынудило энергетический сектор на несколько часов ввести отрицательную цену для стимулирования интенсивного потребления энергии. В течение всего этого периода за использование энергии пла-

тили не потребители, а потребителям (Bolton, 2016; Coren, 2016). Подобные ситуации (производства более 85% за счёт ВИЭ) стали повторяться в Германии в праздничные дни с завидным постоянством (декабрь, 2016 г.; январь, 2017 г.; май и декабрь, 2017 г.). В марте же 2017 года Германия вышла на среднемесячный показатель – 41% производства энергии из возобновимых источников (Федосенко, 2017 б; Reed, 2017).

Ещё больше поражает другой рекорд: 9 сентября 2015 года в день, который выдался очень ветреным, ветроэнергетика Дании произвела 144% электроэнергии, потреблённой в этот день в стране. Это заставило усилить экспорт энергетической продукции. Кстати, в Дании чрезвычайно высок и среднегодовой показатель использования ветроэнергии. Ещё в 2015 году её доля достигла 42%. Причём в 17% баланса времени доля ветроэнергетики «зашкаливает», доходя до 100% (1460 часов из 8760 возможных) (Denmark, 2015).

В течение 107 часов с 7 по 11 мая 2016 г. Португалия потребляла энергию исключительно из возобновимых источников. Это выдающееся достижение, так как речь идёт не только о выходных днях, когда энергопотребление падает, но и о рабочих. Около четверти этой энергии обеспечивается ветроэлектростанциями. Любопытно, что всего 15 лет назад на долю ветровых электростанций приходило только 1% потребляемой энергии (Португалия, 2016).

Уже 2017 год принёс новые рекорды. В Великобритании большинство линий электропоездов перешли на солнечную энергию (Srivani, 2017). А в Нидерландах вообще все 100% электропоездов национальных железных дорог перешли на использование энергии ветра (Dutch, 2017).

2 октября 2017 года ветровые турбины Шотландии произвели 206% от общей потребности в электроэнергии региона. По подсчётам специалистов, этого бы хватило более чем на 7 млн домов – в три раза больше, чем есть в Шотландии. Месяцем раньше ветрогенераторы в течение всего месяца произвели энергии на 63% от общей потребности региона (Ветрогенераторы, 2017).

В последнюю субботу октября 2017 г. ветровые генераторы, установленные в 28 странах ЕС, произвели почти четверть (24,6%) потребляемой энергии. Всего в этот день ветрогенераторы обеспечили потребности Дании на 109%; Германии – на 61%; Португалии – на 44%; Ирландии – на 34%. Из 28 стран 10 получили не менее 20% необходимой электроэнергии от ветрогенераторов (Европа, 2017).

На сегодня страной, полностью остановившей АЭС, стала Италия. В ближайшем будущем её примеру планируют последовать Бельгия, Испания и Швейцария. В Германии последнюю АЭС планируют отключить к 2022 году (Алексеева, 2017).

Одним из решающих участков борьбы «зелёной» энергетики за своих потребителей является экономический. Именно цена за единицу получаемой энергии чаще всего является определяющим фактором при принятии в пользу развития данного вида энергии.

Настоящая борьба за рекордную цену солнечной энергии разгорелась в 2016-2017 годах:

- компания SunEdiscn на аукционе в Чили в начале 2016 года предложила фантастически низкую цену – 2,91 евроцента (¢) за 1 кВт-час электроэнергии; это вдвое ниже цены за электроэнергию, получаемую на угольных электростанциях (Ниже, 2016);
- в августе 2016 года в ОАЕ был установлен новый рекорд – 2,42 ¢/кВт-час (там же);
- в декабре 2016 года датская энергокомпания Pure & Better Energy в конце года установила новый мировой рекорд, продав 20 МВт-часов солнечной энергии по цене 1,81 ¢/кВт-час (там же);
- в сентябре 2017 года в Саудовской Аравии был установлен новый рекорд – 1,79 ¢/кВт-час (Названа, 2017);
- в ноябре 2017 года в Мексике компания ENEL Green Power предложила новый рекордный тариф – 1,77 ¢/кВт-час электроэнергии от СЭС мощностью 167 МВт (там же).

Согласно отчёту Всемирного экономического форума, возобновимая энергия стала дешевле нефти и газа уже в 30 странах (в т.ч. 11 стран – из ЕС), включая Австралию, Бразилию, Германию, Данию, Израиль, Новую Зеландию, Мексику, Турцию, Чили, Швецию, Японию и др. страны. В ближайшие несколько лет паритет стоимости энергии будет достигнут уже в 80% всех стран (Возобновляемая, 2017).

Можно с уверенностью утверждать, что когда читатель будет держать в руках эту книгу, большинство рекордов, поставленных возобновимой энергетикой, будут перекрыты её новыми достижениями (Дияшев, 2017). Уверенности в этом придаёт динамика развития «зелёного» сектора энергетики. Достаточно, в частности, взглянуть на данные табл. 5.1.

Таблица 5.1. – Динамика объемов и стоимости производства возобновимой энергии (New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016)

Показатель	Значение
Удвоение объёма производства альтернативной энергии с 2000 г.: – по солнцу – по ветру	7 раз 4 раза
Прогнозируемое увеличение объёмов производства энергии с 2016 по 2018 г.: – по солнцу – по ветру	2 раза 1,5 раза
Сокращение стоимости производства энергии при каждом удвоении её объёма: – по солнцу – по ветру	на 24% на 17%

Приведём ещё один факт. На Саммите глав государств по климату (Париж, декабрь 2015 г.) был представлен проект по полному переводу на возобновимые источники энергии (ВИЭ) 139 государств. В их числе – Украина (Для 139 країн, 2015).

Отдельной страницей формирования альтернативной энергетики является соперничество двух направлений её развития, основанных на создании *концентрированных* и *деконцентрированных* (распределённых) электростанций.

Первое ориентируется на концентрацию производственных энергетических единиц (солнечных панелей или ветрогенераторов) на одной территории. При этом происходит не только территориальная, но и субъектная концентрация. Иными словами, производственные мощности концентрируются в руках одного, пусть даже и коллективного, собственника (юридического лица). По этому направлению идут страны, обладающие достаточной площадью свободных территорий. Для солнечной энергетики – это обычно пустынные территории (Китай, Индия, Австралия, Африканские страны, США), для ветровой – прибрежная морская зона (Япония, Великобритания, Нидерланды, Германия).

В 2014 г. самой большой солнечной (фотоэлектрической) электростанцией была СЭС в Калифорнии (США) Topaz (550 МВт). В ноябре того же года она уступила первенство солнечной электростанции в Камути (Индия) (648 МВт). С 2016 года титул самой большой СЭС в мире принадлежит китайской Dam Solar Park (850 МВт, т.е. почти 1 ГВт).

Надо отметить, что в 2016 году Китай стал крупнейшим в мире производителем солнечной энергии, обогнав Германию, США и Японию. В 2015 году суммарная мощность установленных в Китае солнечных панелей увеличилась с 15 до 43 ГВт, в 2016 г. возросла до 77 ГВт, а в 2017 г. – до 128 ГВт (Шульц, 2017).

В Украине значительные перспективы раскрываются в связи с планами развития солнечной энергетики в Чернобыльской зоне. На сегодня около 60 компаний (включая зарубежные) выразили своё желание инвестировать свой капитал в строительство там мощностей СЭС. Потенциал этой территории оценивается в 2 ГВт производства электроэнергии в год (Терехов, 2017).

Второе направление связано с *деконцентрацией* источников энергии, т.е. рассредоточением отдельных мощностей как по территории, так и по формам собственности. Например, отдельные панели или ветрогенераторы могут принадлежать различным домовладельцам. Концентрация же производимой энергии происходит уже на заключительной стадии благодаря созданию единой энергетической системы (ЭнерНет), которая будет ре-

шать все экономические и технические проблемы производства и потребления энергии. По этому пути идут большинство европейских стран.

Переход на возобновимые источники энергии имеет чрезвычайное значение для большинства стран. Это является одним из важнейших шагов к обеспечению их энергетической независимости и дальнейшей реструктуризации хозяйственных систем в направлении формирования «зелёной» экономики. Отрадно, что наряду с другими странами свои усилия в этом предпринимает и Украина.

Развитие биогазовой энергетики. На сегодняшний день максимальное количество биогазовых установок – около 15 млн – действует в Китае. В Индии – около 10 млн установок. Активно развивается биогазовая отрасль в Европе. В европейской практике 75% биогаза производится из отходов сельского хозяйства, 17% – из органических отходов частных домохозяйств и предприятий, еще 8% – на канализационных очистных сооружениях (Обзор, 2017).

Сегодня первое место в Европе по количеству действующих биогазовых установок принадлежит Германии — в 2016 г. их насчитывалось около 10800. Только 7% производимого данными предприятиями биогаза поступает в газопроводы, остальное — используется для нужд производителя. В перспективе 10–20% используемого в стране натурального газа может быть заменено биогазом. С точки зрения масштабов применения биогаза, лидирует Дания: данный вид топлива обеспечивает почти 20% энергопотребления страны.

По данным Европейской биогазовой ассоциации, лидерами по количеству биогазовых заводов, кроме Германии, являются: Италия – 1491, Великобритания – 813, Франция – 736, Швейцария – 633, Чехия – 554, Австрия – 436 заводов (Как получить, 2017).

Рынок биогаза в США развивается значительно медленнее, чем в Европе. Например, несмотря на наличие большого числа ферм, на территории страны действует всего около 200 биогазовых заводов, работающих на сельскохозяйственных отходах (Обзор, 2017).

В Украине, несмотря на огромный потенциал, биогазовые технологии не получили должного развития. Первая биогазовая установка в Украине была построена еще в 1965 г. на базе Бортнической станции аэрации. Для производства биогаза она использовала осадок сточных вод. Первая биогазовая установка отечественного производства на отходах животноводства была внедрена в г. Сумы в середине 1970-х годов на подсобном животноводческом комплексе НПО «Завод им. М.В. Фрунзе». Инженеры данного научно-производственного объединения сами же и разработали конструкцию установки. Полученного газа полностью хватало на отопление комплекса и на заправку всех автомобилей, обслуживающих хозяйство. На

выходе установки всего через несколько дней после входа на неё получалось также сухое (обезвоженное), обеззараженное и свободное от живых семян сорняков органическое удобрение. Установка прослужила вплоть до развала Советского Союза.

В 1993 г. металлургический комбинат «Запорожсталь» установил биогазовую установку датской компании Bigadan Ltd мощностью 50 кВт на своей свиноферме. В сутки установка могла перерабатывать 20–22 т свиного навоза.

В 2003 году «Украинская молочная компания» (УМК) запустила на своей ферме биогазовую установку по переработке навоза КРС и силоса кукурузы. Мощность этой установки стала рекордной за всю историю биогазовой отрасли в Украине – 1 МВт.

Несколько позже биогазовая установка для переработки силоса кукурузы была внедрена на Вознесенском коньячном заводе, а установки на сточных водах – на Рубежанском картонно-тарном заводе и Лужанском спиртзаводе. Появились и установки по сбору так называемого свалочного биогаза (landfill gas) – на Львовском, Мариупольском, Запорожском, Луганском, Киевском и др. полигонах ТБО (Первые, 2013).

Анализ статистических данных для животноводческих и птицеводческих предприятий Украины свидетельствует, что на свинофермах в диапазоне мощности 30–190 кВт можно построить не менее 370 биогазовых установок (суммарной мощностью 27 МВт), на фермах КРС в диапазоне мощности до 300 кВт (а всего 75 МВт) – 965 таких установок и ещё 90 (суммарной мощностью 5 МВт) в птицеводческих хозяйствах – в диапазоне мощности 15–110 кВт (Украинские фермы, 2017).

В последние три года в Украине было внедрено несколько крупных биогазовых станций мощностью от 2 до 5 МВт на отходах агропроизводства в Киевской, Тернопольской и Хмельницкой областях. На сегодня в Украине функционирует более 30 заводов биогазовой энергетике. Проектируется и строится в разных областях Украины ещё более десяти объектов биогазовой энергетике (Михайлюта, 2017; В Днестре, 2017; В Украине построят, 2017 а).

Геотермальная энергетика (ГЭ). Основным источником энергии в ГЭ является тепло, содержащееся в недрах Земли. Развивается два основных направления: первое – связано с использованием горячих подземных вод (в частности, в местах действия гейзеров или вулканической активности); второе – с использованием сухого подземного тепла. Во втором случае энергия извлекается при помощи бурения глубоких скважин, куда закачивается вода для её нагрева. На выходе получается кипяток и пар, которые могут использоваться для отопления помещений и производства энергии.

Геотермальная энергетика имеет более чем столетнюю историю. В июле 1904 года в итальянском городке Лардерелло был проведен первый эксперимент, позволивший получить электроэнергию из геотермального пара. А через несколько лет здесь же была запущена первая геотермальная электростанция, работающая до сих пор (Геотермальные, 2016).

Хозяйственное применение геотермальных источников распространено более чем в 30 странах, в том числе: в Исландии, Новой Зеландии, Италии, Франции, Литве, Мексике, Никарагуа, Коста-Рике, Филиппинах, Индонезии, Китае, Японии, Кении (Геотермальная, 2017).

Установленная мощность геотермальных электростанций в мире на начало 1990-х годов составляла около 5 ГВт, на начало 2000-х годов — около 6 ГВт. В середине 2010-х годов суммарная мощность геотермальных электростанций планеты превысила 12 ГВт (там же).

Главная из проблем, которые возникают при использовании подземных термальных вод, заключается в необходимости возобновимого цикла поступления (закачки) воды (обычно отработанной) в подземный водоносный горизонт. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов (например, свинца, цинка, кадмия), неметаллов (например, бора, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности (там же).

В ряде стран доля геотермальных электростанций в общем балансе энергопотребления стран превышает 10%, а в Филиппинах и Исландии приближается к 30% (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Производство энергии геотермальными электростанциями по странам на начало 2010-х годов (Геотермальная, 2017)

Страна	Мощность, МВт	Доля в энергобалансе, %
США	4400	0,3
Филиппины	1904	27
Индонезия	1200	4
Мексика	1000	3
Италия	843	0,5
Новая Зеландия	628	10
Исландия	580	30
Япония	536	0,1
Сальвадор	204	14
Кения	170	12
Коста-Рика	166	14
Никарагуа	88	10

Значительным потенциалом развития геотермальной энергетике обладает Украина. По разным оценкам, ресурсы геотермальной теплоты с

учётом разведанных запасов и КПД преобразования геотермальной энергии смогут обеспечить работу ГеоТЭС общей мощностью до 200–250 МВт (при глубинах бурения скважин до 7 км и периодах работы станций до 50 лет) и систем геотермального теплоснабжения общей мощностью до 1200–1500 МВт (при глубинах бурения скважин и периодах работы до 50 лет (Геотермальная, 2005).

Наиболее перспективным регионом для развития геотермальной энергетики является Закарпатье. Исследовательская подземная циркуляционная система уже работает возле г. Ужгорода. Она обеспечивает теплоснабжением теплично-парниковый комбинат и животноводческую ферму. Глубина системы 2,3 км, температура воды 124°C (Там же).

Может развиваться геотермальная энергетика и в других регионах страны (Прикарпатье, Донбасс, Запорожская, Полтавская, Харьковская, Херсонская области, Крым) (Там же). И всё же геотермальная энергетика в Украине, видимо, не имеет значительных перспектив из-за необходимости больших капитальных вложений по сравнению с другими видами альтернативной энергетики и меньшей эффективностью.

Приливные электростанции (ПЭС). Данный вид электростанций использует энергию приливов и является одной из форм гидроэнергетики. Приливы более предсказуемы, чем источники ветровой и солнечной энергетики, а производимая энергия имеет низкую себестоимость. Тем не менее ПЭС широко не используется из-за слишком высоких капитальных вложений и ограниченной доступности мест с достаточно высокими приливными диапазонами (в некоторых местах перепад высот может достигать 18 м).

Первые приливные энергоустановки (мельницы) использовались на Атлантическом побережье Европы и Северной Америки, в частности, для измельчения зерна.

Первая в мире крупномасштабная ПЭС начала функционировать во Франции (ЛаРанс) в 1966 г. Её строительство велось шесть лет, а мощность составила 240 МВт (успешно работает и сегодня). В 2011 году в Корею на озере Шива была пущена в строй ПЭС мощностью 254 МВт. Проекты крупных ПЭС начали реализовываться в Уэльсе, Великобритания (г. Суонси – до 400 МВт) и в Индии (залив Кач – до 50 МВт).

Небольшие ПЭС (от 0,5 до 10 МВт) уже работают или строятся также в других странах: Китае, Корею, России, США, Шотландии, Канаде (Приливные, 2015).

Современные технологии позволяют значительно повысить эффективность работы ПЭС. В частности, в так называемых *динамических приливных электростанциях* для этого используется взаимодействие кинетической и потенциальной энергии потока. Из-за цикличности работы ПЭС максимальную отдачу они могут обеспечить в сочетании с другими видами электростанций (Приливные, 2017).

Волновые электростанции. Как следует из названия, данный вид электростанций использует энергию морских волн, преобразуя её в электрическую. Мощность таких электростанций значительно ниже мощности ПЭС, достигая в редких случаях 10 МВт, зато и их количество значительно больше. Они обеспечивают электроэнергией небольшие объекты: береговые сооружения, небольшие поселения, маяки, научно-исследовательские приборы, буровые платформы.

Сегодня волновые электростанции действуют во многих странах (Австралия, Великобритания, Испания, Норвегия, Португалия, Россия и др. страны). Первая опытная волновая электростанция (0,5 МВт) была введена в строй в Норвегии в 1985 г. Первая в мире крупная волновая электростанция с мощностью 2,25 МВт начала эксплуатироваться в Португалии в 2008 году (район местечка Агусадор).

Волновые электростанции обладают как достоинствами (например, защита берега от волн), так и рядом недостатков (препятствие рыбным промыслам и судоходству) (Есть ли, 2015).

Использование приповерхностного тепла Земли. Приповерхностные слои Земли являются естественным тепловым аккумулятором. Они накапливают энергию, поступающую от Солнца.

На глубине около 3 м и более (ниже уровня промерзания) температура почвы в течение года практически не меняется и примерно равна среднегодовой температуре наружного воздуха. На глубине 1,5-3,2 м зимой температура составляет от +5 до + 7°C, а летом от +10 до + 12°C.



Рисунок 5.1 – Трубы для сбора подземного тепла/прохлады (Закопана, 2015).

Этим теплом можно зимой не допустить замерзания дома, а летом не дать ему перегреться выше 18-20 °С (Закопана, 2015).

Тепловые насосы – ещё одно направление использования тепла Земли. Принцип их действия – обратный работе холодильника. Источником энергии является любой перепад температур, возникающий в среде. В холодильнике реагент разносит холод, а при применении теплового насоса – тепло. Температура носителя, которую он генерирует, – 35–40°С. Тепловые насосы могут отбирать тепло из земли, грунтовых вод или воздуха (Гандзий, 2013).

5.4. Развитие альтернативной энергетики в Украине

В настоящее время развитие возобновимой энергетики в Украине переживает значительный подъём. И хотя на середину 2017 года доля возобновимой энергетики в общем балансе была не очень весомой (около 2%), следует учесть, что ещё пять лет назад достижение подобного результата планировалось только на 2025 год (Орел, 2017).

В первом полугодии 2017 года в Украине было построено 79 новых объектов возобновимой энергетики (из них 67 – СЭС) суммарной мощностью почти 183 МВт. При этом мощности СЭС выросли на 23%, ветровых электростанций – на 5%, малых ГЭС – на 1,5% и объектов на биомассе – на 6%.

Всего на первое полугодие 2017 года мощности электростанций на ВИЭ обеспечивали почти 1462 МВт энергии, из них 705 МВт составляла мощность СЭС, 459 МВт – ветровых электростанций, до 120 МВт – малых ГЭС и 33 МВт – электростанций на биомассе.

По данным Центра инновационного бизнеса (Innovative Business Centre), который в Украине предоставляет услуги в области альтернативной энергетики и энергосбережения, до конца 2017 года в стране планировалось ввести ещё 70 новых объектов «зелёной» энергетики общей установленной мощностью более 430 МВт. Таким образом, мощности объектов возобновимой энергетики в Украине должны достичь 1,9 ГВт и приблизиться к 3% в общем энергобалансе (Скрипин, 2017 а).

Стратегической целью является довести до 2020 года мощности альтернативной энергетики в стране до 7–8% общего энергобаланса. К 2030 году планируется довести объем установленных мощностей «зелёной» энергетики до 8 ГВт. Половина указанных мощностей должна быть обеспечена за счет солнечной генерации (Планы, 2014; Энергетика, 2017).

Сегодня мощности альтернативной энергетики создаются практически во всех областях Украины. Больше всего уже работающих СЭС функ-

ционирует в Одесской, Николаевской, Херсонской, Винницкой, Львовской, Кировоградской, Харьковской областях. Ветровые электростанции уже работают в Запорожской, Львовской, Николаевской, Херсонской, Харьковской областях.

Кстати, одна из СЭС («Солар парк Подгородное»), которая заработала на полную мощность под городом Днепр, является довольно уникальной и не имеет аналогов в Восточной Европе. Дело в том, что её солнечные модули являются подвижными и следят за передвижением солнца в течение дня. Это позволяет на 50% повысить эффективность работы электростанции.

Всего на рынке ВИЭ Украины работают около 230 компаний. Значительная их часть представлена зарубежными инвесторами. Большую активность проявляют предприятия Германии, Дании, Индии, Китая, Кореи, Нидерландов, Швеции и др. стран. Сегмент ветроэнергетики представлен всего 13 компаниями (15 действующих ВЭС). Большую часть (более 90%) «зелёной» энергии производят предприятия солнечной и ветровой энергетики (Енергетика, 2017).

Значительный потенциал развития солнечной энергетики имеет зона отчуждения Чернобыльской АЭС. По словам Премьер-министра Украины В. Гройсмана, уже имеется 60 заявок от различных организаций, претендующих на строительство СЭС в зоне. Многие из них представляют зарубежных инвесторов. Специалисты отобрали массив в 1100 га земли для этих целей (В Чернобыльской, 2017).

Привлечению зарубежных инвесторов и разработчиков призвана способствовать интерактивная карта развития проектов возобновимой энергетики. Разработкой карты, по признанию главы Госэнергоэффективности С. Савчука, занимается его ведомство. Карта должна демонстрировать подходящие земельные участки под размещение объектов возобновимой энергетики (для электростанций мощностью от 27,5 кВт до 150 кВт), а также возможные точки подключения «зелёных» объектов в энергосистему Украины. При помощи карты инвесторы ещё в начале работы смогут найти точку входа для реализации проекта, посчитать его рентабельность. Планируется также разработать и предложить типичные финансовые модели для различных проектов, что усилит информационную ценность карты (Савчук, 2017).

В среднем на 1 МВт установленной мощности «зелёной» энергетики в Украине необходимо около 1 млн евро инвестиций. Это значит, что строительство мощностей в 1 ГВт обходится в 1 млрд евро. Правда, на это можно взглянуть и с другой стороны. Создание мощностей в 100 МВт –

это возможность привлечь в страну зарубежных инвестиций на 100 млн евро. Солнечной активности в Украине достаточно, чтобы обеспечить окупаемость инвестиций за 6–7 лет с использованием «зелёного» тарифа и 13–15 лет без такового. Этот срок сопоставим с окупаемостью классической ТЭС (Когда Украина, 2017).

Специалисты отмечают существенное различие в рыночных условиях создания мощностей солнечной и ветровой энергетике. Разница обусловлена тем, что «порог входа» (цена проекта) в сегменте солнечной энергетике ниже, чем в ветроэнергетике. Процесс строительства СЭС проще, а требования к опыту и экспертизе слабее. Из-за этого на солнечный рынок попасть гораздо проще. Процесс создания ветровой электростанции гораздо более трудоёмкий. Глава украинской ассоциации возобновимой энергетике А. Оржель вспоминает, что когда-то после доставки в украинский порт лопастей для ветряков, чтобы вывезти их за пределы города, пришлось по пути разбирать углы домов. Сложной также является экспертиза места строительства ВЭС. Необходимо провести предварительный ветромониторинг, что может занимать от двух до трёх лет (Когда Украина, 2017).

Известным фактом является то, что для эффективного функционирования объектов возобновимой энергетике необходимо наличие мощной системы хранения (аккумулирования) энергии. Такая система позволяет добиться значительных результатов в повышении эффективности и обеспечении безопасности энергетических систем. Во-первых, появляется инструмент для балансировки системы в условиях перепада потребления энергии; во-вторых, устраняется необходимость содержать избыточные энергоёмкости для покрытия пиковых нагрузок; в-третьих, повышается энергобезопасность и снижаются риски аварийных отключений энергии. Обнадёживает то, что руководство страны, во всяком случае, понимает существующую проблему. В частности, Премьер-министр В. Гройсман официально обратился к известному предпринимателю и основателю Tesla Илону Маску с предложением построить в Украине хранилище возобновимой энергии, похожее на то, которое он уже строит в Австралии. В прессе появилось сообщение, что предприниматель готов обсудить данное предложение (Гройсман, 2017).

Ещё больше впечатляет развитие альтернативной энергетике в частных домохозяйствах. Лишь за три квартала 2017 года более 1200 украинских домохозяйств перешли на солнечную энергию, доведя количество частных мини-СЭС до 2323, а показатель общей установленной мощности – до 37 МВт. К концу же года эти показатели могут превысить отметки, соответственно в 3000 единиц и 50 МВт (Скрипин, 2017 а).

Радует динамика роста мощностей «зелёной» энергетики в частных домохозяйствах страны (рис. 5.2 и 5.3), если учесть, что всего три года назад они практически были близки к «нулю».

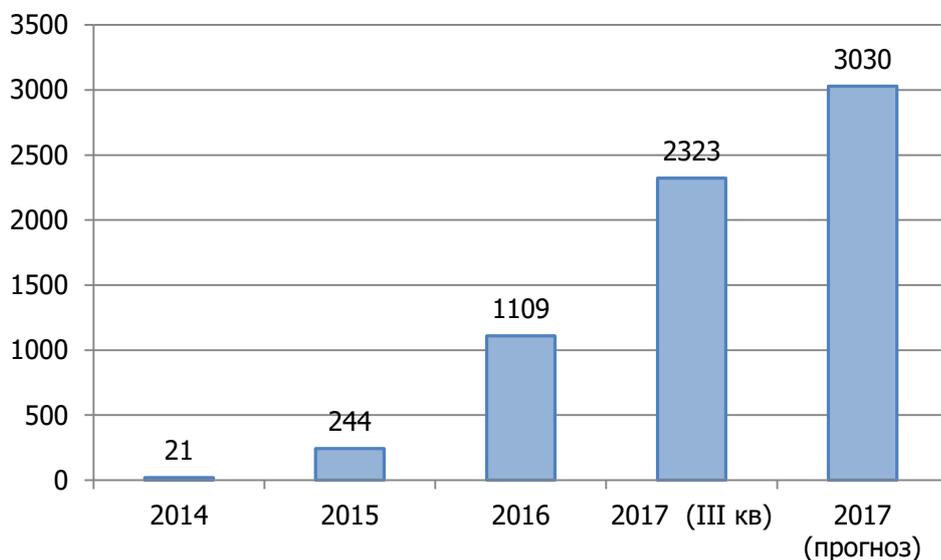


Рисунок 5.2 – Динамика количества солнечных электроустановок в частных домохозяйствах (Скрипин, 2017 д)

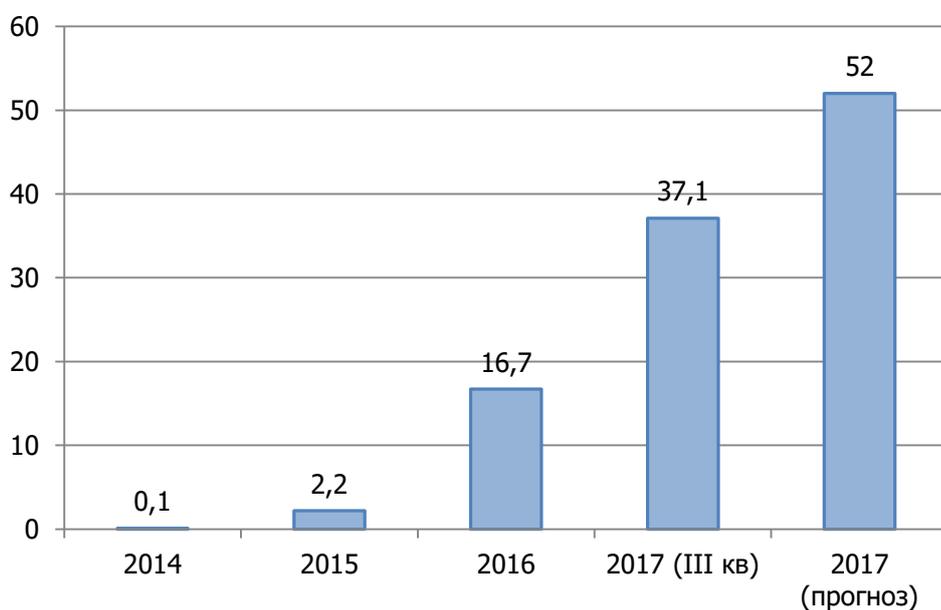


Рисунок 5.3 – Динамика установленных мощностей (МВт) солнечных электроустановок в частных домохозяйствах (Скрипин, 2017 д)

Частная альтернативная энергетика по-разному развивается в различных областях Украины. Здесь лидируют западные и южные области, а также Киевская и Днепропетровская области. Количество частных солнечных установок в различных областях показано на рис. 5.4.

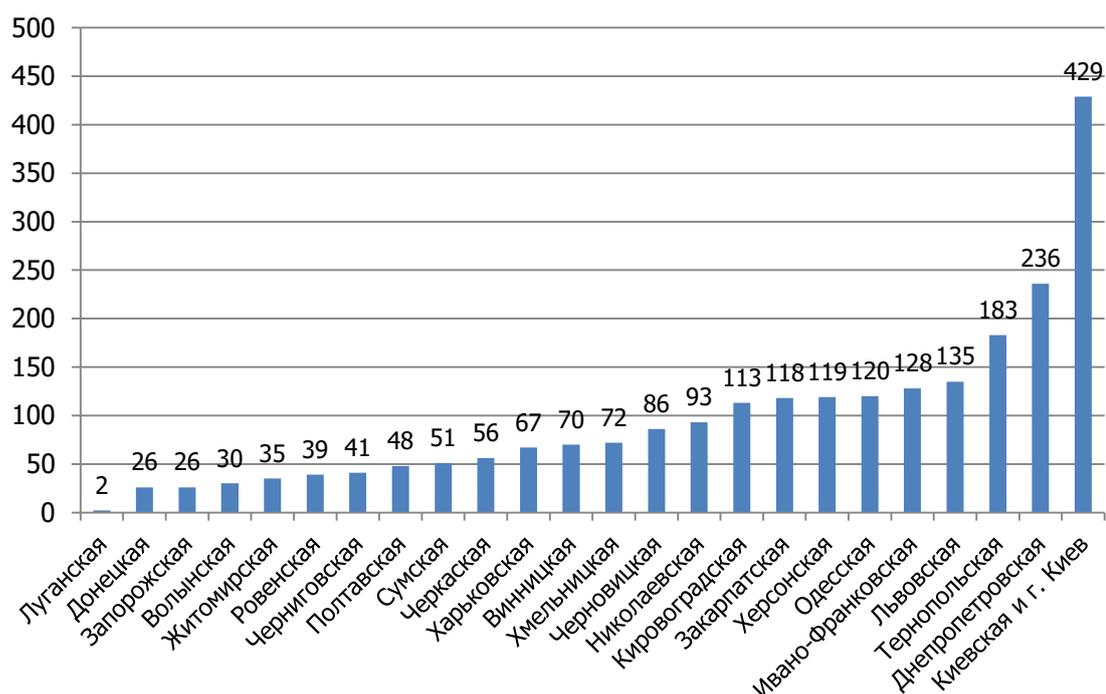


Рисунок 5.4 – Количество солнечных электроустановок в частных домохозяйствах по областям Украины на 01.10.2017 (Скрипин, 2017 д)

Безусловно, такая динамика развития частной «зелёной» энергетики в Украине не может не радовать. Однако всё познаётся в сравнении. Приведём лишь одну цифру. В Италии около 500 тысяч домохозяйств установили солнечные станции, что более чем в 330 раз превышает показатели Украины (Яковлева, 2016 г). Это одновременно свидетельствует и о горизонтах «зелёной» энергетики для Украины.

Следует отметить, что для установки указанных частных мини-СЭС только за девять месяцев 2017 г. удалось мобилизовать инвестиций на сумму в 35 млн евро.

На фоне нестабильности банковской системы солнечные станции оказались выгодными инвестициями. Вкладывать деньги в среднего размера солнечную станцию стало выгоднее, чем в среднего размера депозит. Этому способствует и то, что за последние несколько лет упала стоимость солнечных батарей и возросла их доступность. А это, в свою очередь, привело к снижению срока окупаемости подобных проектов. Если два года назад бытовая солнечная станция обходилась в 10 тыс. долларов и окупалась в среднем за 10 лет, то сейчас она стоит 6–8 тыс. долларов может окупиться за 5–7 лет (В Украине, 2017 в).

Значительную роль в активизации развития «зелёной» энергетики в стране играют экономические инструменты.

Во-первых, в Украине действует один из самых высоких «зелёных» тарифов в Европе, который также значительно выше, чем для других видов отечественной генерации: до 18 евроцентов за 1 кВт-ч, что в переводе – около 5,5 грн за 1 кВт-ч. Кроме того, Украина гарантирует покупку электроэнергии по этому спецтарифу до 2030 года. Во-вторых, после Революции достоинства была ликвидирована «норма о местной составляющей для получения «зелёного» тарифа». Ранее действовала норма для объектов «зелёной» энергетики: от 30 – до 50% (в разные годы). Такую долю оборудование должно было иметь отечественное происхождение. Реально это открывало дорогу провластным фирмам и закрывало иностранным инвесторам. Теперь же норма об обязательности отечественного оборудования заменена на механизм поощрительных надбавок (до +10% к зелёному тарифу), что учитывает интересы отечественных производителей, а также обеспечивает свободный доступ новых игроков на рынок (Орел, 2017).

Повышенный спрос населения на солнечные панели, в первую очередь, объясняется принятым в 2015 году законом, которым установлен «зелёный» тариф на уровне 18,09 евроцентов (около 5,5 грн) за 1 кВт-ч на электроэнергию, производимую солнечными установками мощностью до 30 кВт. Проще говоря, в дневное время суток, когда вы практически не потребляете электроэнергию, ваша солнечная панель работает на максимуме и продает в сеть электричество по 18,09 евроцентов за 1 кВт-ч. При этом вечером, когда ваша станция не работает, вы покупаете электричество из сети по обычному тарифу: 1,68 грн за 1 кВт-ч при потреблении свыше 100 кВт-ч, или 0,9 грн за 1 кВт-ч при меньшем потреблении (Там же).

Существенную помощь в развитии альтернативной энергетики оказывают также местные администрации. Так, например, во Львовской области из областного бюджета домохозяйству возвращают 22% годовых по кредиту на солнечные панели, а в Житомирской области – 20% суммы кредита (Скрипин, 2017 а).

Следует отметить, что солнечные панели устанавливаются не только в частных домах, но и в многоэтажках. Примеры подобных инициатив уже демонстрируют общества собственников многоквартирных домов (ОСМД) в Киеве, Днепре, Ровно, Сумах. Как правило, финансовую поддержку (до 70%) оказывает местный бюджет.

С 2017 года существенную поддержку развитию малой «зелёной» энергетике стал оказывать государственный Укргазбанк. Он начал предоставлять физическим лицам кредиты на покупку и установку «домашних» солнечных электростанций, солнечных коллекторов и тепловых насосов под 0,01% годовых. Максимальная сумма кредитования 1млн гривен на срок до 5 лет (В Украине, 2017 в).

Дополнительный оптимизм придаёт инновационный вектор развития «зелёной» энергетики в Украине. Здесь рождаются оригинальные решения по созданию новых ветровых генераторов, солнечных концентраторов и панелей, средств малой гидроэнергетики (Янович, 2011; Украинский стар-

тап, 2015; Остапович, 2016; Стартапы, 2017). Значительная часть этих решений находит воплощение в реальных изделиях.

5.5. Инновационный вектор развития «зелёной» энергетики

Упомянутые преобразования энергетических систем на основе возобновимых источников энергии (ВИЭ) могут быть реализованы только благодаря новым научным идеям. Вследствие интенсификации инновационной деятельности с началом Третьей промышленной революции резко увеличилось многообразие технологических принципов реализации энергетической, работающей на возобновимых источниках. В каждой её составляющей (солнечной, ветровой, биогазовой, геотермальной и др.) сегодня успешно развиваются целые кластеры направлений.

К основным направлениям развития энергетических систем относятся:

- разработка новых принципов реализации ВИЭ;
- совершенствование технологических решений (повышение эффективности) в рамках осваиваемых направлений;
- повышение эффективности процессов аккумулирования энергии;
- оптимизация пространственных решений размещения ВИЭ;
- формирование информационных систем, оптимизирующих работу ВИЭ и соответствующей инфраструктуры;
- формирование коммуникационных систем, интегрирующих работу отдельных ВИЭ в целостные энергетические системы.

Благодаря научным прорывам и технологическому прогрессу удаётся значительно увеличить количество эффективных направлений в солнечной энергетике. В солнечные батареи превращаются не только крыши домов, но и окна помещений, фасады домов, а кроме того, человеческий волос, предметы одежды, обувь, растения, транспортные магистрали и много чего ещё. Технически реализована идея «солнечного дерева», каждый листик которого («напечатанный», кстати, при помощи 3D-принтера) представляет собой миниатюрную солнечную электростанцию (Искусственное, 2015).

Появились конструкции ветровых генераторов, способных улавливать буквально легкое дуновение ветра. Они совсем не похожи на ставшие уже привычными огромные лопасти ветровых мельниц и скорее напоминают детские вертушки, но, собранные в большом количестве, становятся ощутимым источником энергии. Появились воздушные электростанции, способные работать вообще при полном штиле. Они используют перепад давлений на различных высотах (до 700 м) (Ромова, 2013). В Швеции в электростанцию превратилась телевышка. Для этого она была обвешана тысячами электростатических соломинок, вырабатывающих электроэнергию от

трения между собой. Такие электрогирлянды к тому же в корне изменили облик банального инженерного сооружения, которое приобрело черты вполне привлекательного архитектурного объекта (Мохнатый, 2013). Во Франции электростанцией стала автомагистраль, по которой движется поток автомобилей (Карпусь, 2016). Подобную дорогу-электростанцию собираются построить в США (Скрипин, 2016 б). А в Европе подобным образом научились использовать велосипедную дорожку (Лищук, 2014).

В развитых странах привычным явлением становится использование перепада температур под землёй и на её поверхности. Речь идёт об использовании так называемых тепловых насосов. Зимой они могут служить для обогрева помещений, а летом – для их охлаждения. Причём и первое, и второе обеспечивается с минимумом затрат энергии.

Расширяется спектр техпроцессов, утилизирующих химическую энергию трансформации отходов биомассы (производство биогаза, биоэтанола, биодизеля и пр.).

Научные успехи позволяют утилизировать различные виды возобновимой энергии, разлитой по планете. Становится реальным использовать не только энергию солнца. Источником энергии может стать любая разница потенциалов; иными словами, перепад температур, давления, высот, химических характеристик. Обретает черты вполне реальных технических проектов то, что ещё недавно казалось лишь вымыслом писателей-фантастов или шутками юмористов. В источники энергии начинает превращаться буквально всё, что движется, включая нашу обувь (Обувь, 2016).

Сказанное можно проиллюстрировать на конкретных примерах.

Современная солнечная установка. В г. Сумы (ул. Новоместенская) уже несколько лет работает солнечная установка. Фотоэлектрические панели установлены на трекерах – следят за расположением солнца (рис. 5.5). Электроэнергия обеспечивает многоквартирный дом. Остаток продаётся в сеть по зелёному тарифу, который в 6 раз выше тарифа облэнерго



Рисунок 5.5 – Солнечная установка в Сумах (Яковлева, 2016 а).

(5,5 грн за 1 кВт·час против 0,9). Разница позволяет окупать затраты на установку.

К сказанному следует добавить то, что в доме также установлен тепловой насос, позволяющий использовать подземное тепло для частичного отопления дома (Яковлева, 2016 а).

Энергетическое дерево. Разработка финских учёных позволяет собирать и аккумулировать солнечную энергию, достаточную для подзарядки гаджетов. Продукт изготовлен с применением технологии 3D-печати. «Листья» дерева представляют собой солнечные панели на основе органических материалов (рис. 5.6). Выработанное электричество направляется по проводникам в ствольную часть. 200 листов генерируют ток 3,2 А / 10,4 Вт в хороший солнечный день, занимая при этом всего 1 кв.м территории (Искусственное, 2015).

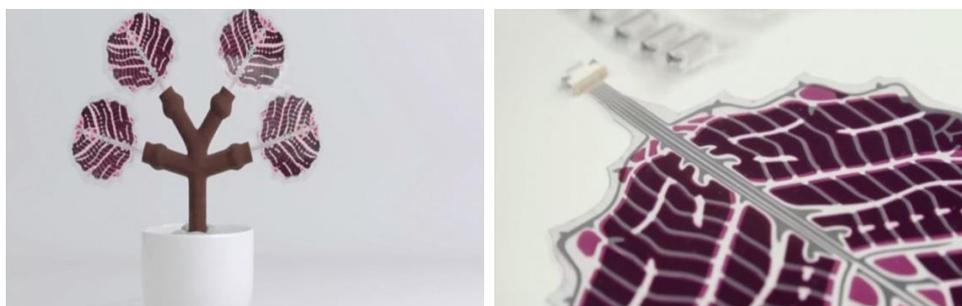


Рисунок 5.6 – «Листья» для энергетического дерева (Карасёв, 2015)

Солнечный концентратор. Благодаря украинскому стартапу Energy Torrent (рис. 5.7), возобновимая энергия стала еще более доступной. Это касается не только цены, скорее дело в самой сути технологии преобразования солнечной энергии. В этом случае речь идет о солнечных концентраторах – устройствах, позволяющих получить высокотемпературное тепло, и, с чуть более сложными доработками, электричество. Теперь любой желающий сможет сделать такой концентратор просто в своей домашней мастерской – вся необходимая документация, чертежи и пошаговая



Рисунок 5.7 – Солнечный концентратор EnergyTorrent (Украинский, 2015)

инструкция находятся в открытом источнике EnergyTorrent Wiki (Украинский, 2015).

Солнечные панели из человеческого волоса. Первые в мире панели из человеческого волоса созданы молодым изобретателем из Непала (рис. 5.8). Панель вдвое дешевле обычных кремниевых (Солнечные, 2014; Созданы, 2015).

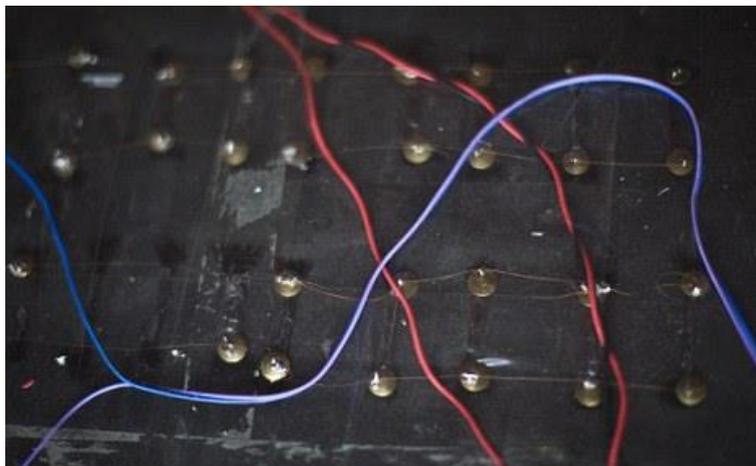


Рисунок 5.8 – Солнечные панели, созданные из волос (Созданы, 2015)

Термо-солнечная станция. Физик-энтузиаст из Миргорода (Полтавская область) разработал и сконструировал чрезвычайно простую и дешевую солнечную термостанцию для подогрева воды (рис. 5.9). Инновационная солнечная станция работает по принципу увеличительного стекла. Уже разработан проект обеспечения центральной части Миргорода горячей водой с использованием солнечной энергии. Проект стоимостью 533 000 евро поможет обеспечить горячим водоснабжением 7% жителей города. Планируется, что солнечная станция окупится уже через 2–3 года, а ежегодная экономия составит 825 тыс. кубометров газа (Солнечная, 2015).



Рисунок 5.9 – Термосолнечная станция в г. Миргород (Солнечная, 2015).

Централизованная СЭС. В Китае начато строительство огромной солнечной тепловой электростанции площадью 6300 акров (В Китае, 2015).



Рисунок 5.10 – Централизованная СЭС в Китае (В Китае, 2015)

Гибкие солнечные панели. Американские учёные создали легкую и гибкую солнечную панель, которую они назвали Dragon SCALE («Чешуя дракона»). Её можно будет нанести на любую поверхность. Похожая на змеиную кожу, солнечные панели могут наноситься на поверхность дронов, спутников, смартфонов. Солнечная чешуя сгибается как бумага. Эти миниатюрные панели обходятся гораздо дешевле традиционных и в изготовлении, и при использовании. При этом технология более надёжная и эффективная, чем кремниевые фотоэлектрические элементы, распространённые сегодня. Имеет очень высокий уровень прочности.

В области солнечных панелей существуют и другие прорывные технологии. Стартап Sunflare из Лос-Анджелеса разработал гибкие солнечные батареи толщиной всего в несколько микрометров, которые можно разместить на любой поверхности – крыше автомобиля, стене здания и т. д. К поверхностям они крепятся с помощью специальной двусторонней клейкой ленты (рис. 5.11 и 5.12) (Учёные, 2017; New Solar, 2017).



Рисунок 5.11 – Гибкие солнечные панели (New Solar, 2017).

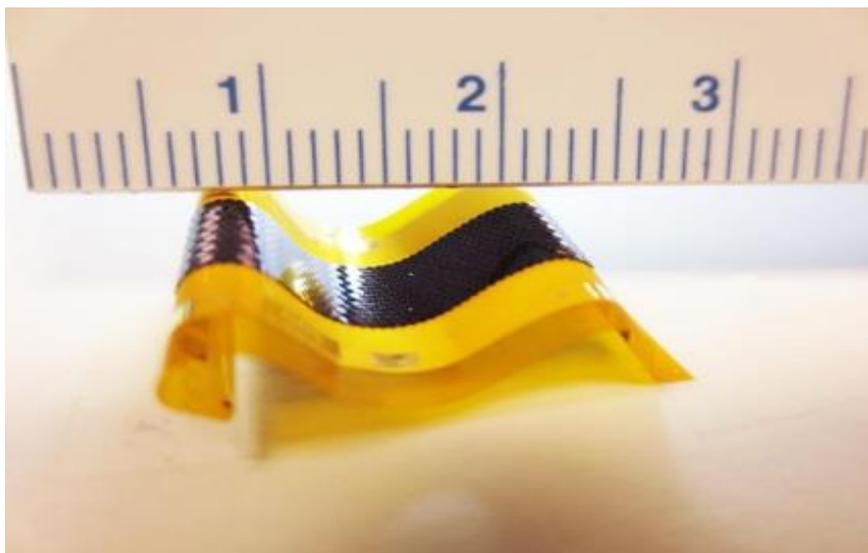


Рисунок 5.12 – Сверхтонкие гибкие солнечные панели (New Solar, 2017).

«Ветровое дерево». Вместо одного большого ветрогенератора используется система маленьких ветрячков, способных работать даже при небольшой скорости ветра – 4м/сек (рис. 5.13) (Во Франции, 2017; Ильченко, 2016).



Рисунок 5.13 – Ветровое дерево (Дерево, 2014; Во Франции, 2017)

Безлопастные ветряки. Испанская компания представила новый проект безлопастных ветряков «Vortex Bladeless», передает hi-news.ru (рис. 5.14) Инновационные генераторы выглядят как обычные столбы, закопанные в землю. А энергия ветра используется не для раскручивания лопастей, а для качания и колебаний. Когда дует ветер, установка начинает вибрировать и генератор в основании турбины преобразует механическое движение в электричество (Ветряные, 2015).



Рисунок 5.14 – Безлопастные ветряки (Ветряные, 2015).

Парящий ветряк-турбина. Данный ветрогенератор представляет собой дирижабль (рис. 5.15). Начал эксплуатироваться в Канаде. Высота подъема генератора регулируется в зависимости от скорости ветра. При малых скоростях – поднимается, при больших – опускается (Парящий, 2014).



Рисунок 5.15 – Парящий ветряк-турбина (Парящий, 2014)

ВЭС, работающая даже при штиле. Американская компания Solar Wind Energy Tower разработала инновационный проект энергогенерирующей установки, работающий от силы ветра, аналогов которой на данный момент в мире нет (рис. 5.16). Принцип работы новой электростанции заключается в охлаждении воздушных потоков, которым в аэродинамической башне (685 м высоты) придается ускорение, и они затем приводят в движение электрогенераторы.

В верхней части башни расположены клапаны, с помощью которых распыляется вовнутрь башни вода. Она охлаждает воздушные потоки воздуха, которые раскручивая роторы генераторов, вырабатывает электрический ток (Ромова, 2013).

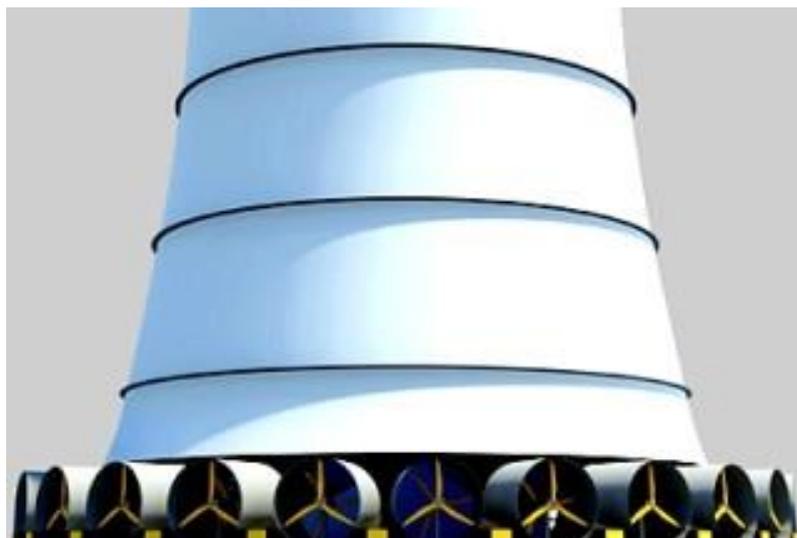


Рисунок 5.16 – Ветровой генератор-башня (Ромова, 2013)

WISP-технологии. Современные технологии позволяют собирать энергию вообще из воздуха, точнее, из электромагнитных волн, пронизывающих пространство, в котором мы существуем. Сокращенно название этих технологий звучит как WISP – от английских слов wireless Internet service providers – т.е. провайдеры беспроводной интернет-услуги. Речь идет о том, чтобы обходиться не только без проводов (которые передают информационные сигналы), но и без источников энергии (скажем, в виде аккумуляторных батарей). Для этого энергия извлекается из электромагнитного поля (рис. 5.17) (Atherton, 2016).



Рисунок 5.17 – WISP-энергия – из электромагнитных волн (Atherton, 2016).

Кинетическая энергия от движения человека. Одним из направлений развития «зелёной» энергетики может оказаться использование кинетической энергии, производимой в результате жизнедеятельности человека, в том числе во время его ходьбы. Именно на этом основан принцип работы генератора энергии, помещённого в специальные кроссовки (рис. 5.18) (Lavars, 2016).



Рисунок 5.18 – Кроссовки – генератор энергии (Lavars, 2016).

Здесь показана лишь незначительная доля инновационных решений по развитию возобновимой энергетике, их количество с каждым годом увеличивается. Даже если предположить, что в определенных публикациях их авторы несколько преувеличивают реальные возможности методов, о которых они пишут, главным является не это, а общий тренд многофакторного движения к возобновимой энергетике.

5.6. Эффективное аккумулирование энергии

Данное направление развития технологических систем в энергетике позволяет устранить противоречие во времени между тем, когда можно производить энергию, и тем, когда возникает потребность в её использовании. Тепловые электростанции работают наиболее эффективно при постоянном режиме работы, т.е. если выработка ими энергии на протяжении суток остаётся постоянной. Атомные электростанции вообще не могут существенно менять режим своей работы. Если они остановятся, то это уже надолго.

Потребность же в электроэнергии в течение суток, недели и года всё время изменяется. Например, днём (когда работает большинство предприятий) она значительно выше, чем ночью, когда останавливаются заводы, и люди ложатся спать. Пока люди не научились в большом количестве аккумулировать электроэнергию, они вынуждены её просто терять. На ночь останавливаются многие мощности электростанций, чтобы не произвести больше энергии, чем её используют. В противном случае может произойти беда, и электросети выйдут из строя от избыточного напряжения. Изменяется потребность в энергии и в течение недели. В рабочие дни она выше, в выходные и праздники – ниже. И, безусловно, следует учитывать сезонные перепады в энергетических потребностях.

Ещё больше будет потребность в аккумулировании электроэнергии, когда в полной мере станут использоваться солнечные и ветровые генераторы. Ведь солнце и ветер бывают не всегда. И пока они есть, нужно пользоваться ситуацией – производить энергию в те периоды, когда временно потребности в ней и не будет... Однако такое возможно только в том случае, если в распоряжении человека окажутся надежные аккумуляторы, позволяющие накапливать и запасать энергию в неограниченном количестве.

Часть проблемы позволяют решить уже привычные нам электроаккумуляторы... Но только часть... Ведь лишней энергии (к тому же бесплатной) станет очень много. Уже сегодня бывают дни, когда, например, в Дании или в Шотландии ветровые установки производят намного больше электроэнергии, чем её потребляют эти страны... А в Германии и Испании порой солнечными генераторами покрывается более половины всех энергетических потребностей страны. И это только начало... Неужели отказываться от дармовой энергии?

В данных условиях значительные перспективы связываются с развитием *водородных* технологий. Водород как один из видов экологически чистого топлива (при сгорании образуется обычная вода) одновременно может быть использован в качестве ключевого агента при аккумулировании энергии.

Безусловно, обо всём этом люди знали и раньше. Но широкому использованию водорода мешало одно обстоятельство. Дело в том, что для получения водорода в обычных условиях нужно затратить больше энергии, чем удаётся получить при его сжигании. По экономическим соображениям, использование такого процесса теряло смысл. Зачем сжигать уголь, газ или даже ядерное топливо, чтобы получить водород, который потом тоже придётся сжигать?

Ситуация изменяется, если на смену топливным энергоносителям приходит солнце, ветер и другие альтернативные источники энергии. Ведь они могут давать бесплатную энергию даже в те периоды, когда в ней отсутствует потребность (например, ночью). Это может происходить даже в дневное время, когда производится избыточное количество энергии (скажем, из-за аномально сильного ветра), на которое не рассчитывает экономика. Неужели нельзя сберечь эту энергию? Вот её-то и можно пустить на «заготовку» водорода. Всё равно она попусту может быть растратчена, так что развитие возобновимых источников энергии (солнце, ветер) должно быть неразрывно связано с совершенствованием аккумуляторных технологий.

Кроме перечисленных направлений, развиваются и другие технологии, использующие естественные свойства объектов и явлений природы. В

настоящее время можно выделить пять основных направлений, которые в той или иной степени обещают стать перспективными для их коммерческого развития:

- *гидроаккумуляция* (связано с естественным и искусственным подъёмом уровня воды в периоды переизбытка производства энергии и утилизацией накопленной энергии в пиковые периоды),
- *электроаккумуляция*;
- *водородные технологии*;
- *тепловое аккумуляция*;
- *химическое аккумуляция* (связанное с целенаправленным изменением свойств веществ за счёт избытка энергии или накоплением органических веществ с последующим получением биогаза или электричества).

В пустыне Атакама (Южная Америка) реализуется проект крупнейшей электростанции, объединяющей солнечную и гидравлическую генерацию. В течение дня электроэнергия, полученная за счет солнечных панелей, будет поднимать морскую воду по туннелю на вершину горы, где вода будет храниться в природных резервуарах. Ночью электроэнергия будет генерироваться за счёт падения воды (Грандиозный, 2016).

Фирмой «Шнайдер электрик» («Schneider Electric») разработана «умная» система аккумуляция энергии. Система сама выбирает режимы накопления энергии (при избытке солнечной и ветровой энергии) и её отдачи объектам инфраструктуры, если в этом возникает потребность (Яковлева, 2016 б).

Новые аккумуляторы от Самсунг позволяют автомобилю проехать больше 1000 км на одной зарядке (Турлікьян, 2015).

Швейцарские учёные представили очень дешёвую и обладающую наибольшим на сегодня КПД преобразования (12,3%) систему получения водородного топлива (за счёт искусственного фотосинтеза воды) благодаря энергии солнца (Разработана, 2014).

В США в штате Невада солнечная электростанция круглосуточно даёт электроэнергию. Днём она не только генерирует ток, но и нагревает до температуры свыше 500°C гигантский соляной стержень. За счёт этого тепла электростанция работает и в ночное время (Федосенко, 2016 г).

Исследователи из Массачусетского технологического института (МТИ) разработали новый материал, способный хранить солнечную энергию в виде химических изменений, а не самого тепла. Химическая система может сохранять энергию неопределённо долго в стабильной молекулярной конфигурации. Отдача энергии может быть инициирована небольшим толчком тепла, света или электричества (Разработан, 2016).

В Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории разработан аккумулятор на жидких электролитах. Они заменяют дорогие металлические электролиты (литий-ионные батареи). Это позволяет снизить себестоимость хранения энергии на 60% и улучшить другие показатели

(прежде всего, экологическую чистоту и устойчивость во времени) (Новый аккумулятор, 2016).

Развитие и удешевление технологий аккумулирования энергии позволяет колоссально увеличить эффективность функционирования энергетических систем, создавая предпосылки перехода на возобновимые источники энергии.

5.7. Формирование инфраструктуры и сетей «зелёной» энергетики¹

Переход к горизонтально распределённым сетям производства возобновимой энергии требует формирования новой концепции создания инфраструктуры энергетики. Фактически речь идёт о переходе от небольшого количества крупных производителей энергии к огромному количеству децентрализованных в пространстве малых энергетических единиц. В масштабах ЕС можно говорить о цифре в сотни миллионов. Именно такой величиной измеряется количество зданий, каждое из которых предполагается превратить в источник альтернативной энергии (солнечной, ветровой, биогазовой, полученной при помощи тепловых насосов).

Возникает необходимость решения беспрецедентно сложного комплекса технических, организационных и экономических задач, связанных с производством, сбором, преобразованием, хранением, транспортировкой и потреблением энергии. На решение именно этих задач направлено создание ЭнерНета – сетевой электроинфраструктуры.

Страницы истории

Автором термина «ЭнетНет» (Ether net) (по аналогии с «Интернет») считается американский инженер и изобретатель Роберт Меткалф (Robert Metcalfe), изложивший в 1973 году концепцию будущей глобальной энергетической сети, которая должна связать распределённые возобновимые ресурсы, «подключая к ним отдельных потребителей и способствуя, тем самым, повышению уровня жизни» (Patterson, 2017). В 1983 году некоммерческая организация IEEE (институт инженеров электротехники и электроники) утвердила стандарты ЭнерНет (Robert, 2014).

Глобальная сеть Интернет, которая сегодня стала неотъемлемой составляющей жизни жителей Земли, обеспечивает выполнение целого комплекса функции, связанных с обработкой, передачей, хранением и воспроизводством информации. Идея Меткалфа как раз и заключалась в том, чтобы наделить энергетические сети подобным набором функций в отно-

¹ Подраздел подготовлен в соавторстве с к.э.н., доц. И.Б. Дегтярёвой.

шении энергии. Для этого энергетические сети должны стать поистине «умными» (smart), т.е. способными на решение значительного числа информационных задач в автоматизированном (компьютеризованном) режиме.

Если говорить конкретно, ЭнерНет призван обеспечить выполнение следующих групп функций: *генерирование и преобразование энергии, её тарификация, сбор (покупка) энергии, передача, хранение и отпуск (продажа), контроль за происходящими процессами (мониторинг); оптимизация операций, обеспечение устойчивости и безопасности систем, поддержание качества электроэнергии.*

Следует обратить внимание на то, что подобные системы должны обеспечить двусторонний обмен потоками электроэнергии и информации, так как производитель и потребитель энергии (а ими могут быть обычные домовладения, расположенные на разных территориях) могут постоянно меняться ролями. И тот, кто всего лишь несколько мгновений назад производил энергию, может в силу ряда причин (погодные условия, режим работы и пр.) превратиться в её потребителя. Естественно, так же легко должен осуществляться и обратный переход. Речь идёт о том, что все объекты энергетической сети из пассивных должны превратиться в активные. Активные энергетические сети, способные быстро адаптироваться к изменяющимся потребностям заинтересованных сторон – владельцев, потребителей, продавцов, – рассматриваются сегодня в качестве ключевого элемента инфраструктуры «умных» энергосистем будущего.

Ещё одной важной задачей, которую призван решить ЭнерНет, является интеграция в работу других «умных» сетей (smart grids), которые в настоящее время создаются на уровне предприятий, территорий, стран. Собственно ЭнерНет и является формой одной из таких «умных» сетей, что позволяет ему органично вписываться в общую картину формирования глобального информационного пространства.

Следует подчеркнуть, что ЭнерНет – это не только новые энергетические технологии, но также и современные информационные и коммуникационные технологии *биллинга* (т.е. экономических расчётов), *электронной коммерции, управления доступом и администрирования* в сетях различного масштаба, *моделирования и хранения данных, виртуализации, компьютерной безопасности, распределенных вычислений, сбора, обработки и передачи информации* в реальном времени.

Развитие «умных» информационно-энергетических сетей позволит существенно повысить эффективность процессов производства и потреб-

ления энергии, а также обеспечить качество энергоснабжения и устойчивость энергосистем.

Наконец, переход к «умным» энергосистемам даст толчок развитию новых видов продукции и услуг, а также к формированию новых рынков.

Можно сказать, что по мере развития ЭнерНет сначала в масштабах Евросоюза, США, Индии, Китая и других крупных государств, а затем в глобальных масштабах будет в полной мере формироваться своего рода «энергетический» Интернет. Для успешной интеграции широкого спектра технологических, общетехнических, проектных, организационно-управленческих и логистических решений такой «энергетический» Интернет должен развиваться на основе открытых, общедоступных, признанных индустриальным и управленческим сообществом стандартов. Мировая система подобных стандартов сейчас бурно развивается.

Причем первоочередными являются стандарты, задающие единые принципы моделирования и построения «умных» энергосистем. Именно на основе таких стандартов заинтересованные стороны смогут выработать единый язык и сформировать общепризнанный набор представлений об «умной» энергосистеме, где можно будет добиться полной совместимости элементов как на уровне системы систем, так и на более низких уровнях системной иерархии, включая отдельные устройства, подключенные к «умной» сети. Иными словами, будет достигнута энергетическая и информационная интероперабельность.

В **Германии** (Germany, 2016) приступили к внедрению пилотного проекта энергетической сети с распределенной генерацией электроэнергии на основе smart grids. В рамках одного региона – федеральной земли Баден-Вюртемберг – немецкий энергетический концерн EnBW реализует проект полнофункциональной сети энергоснабжения с распределенной генерацией электроэнергии.

Целью проекта является построение полнофункциональной сети с распределенной генерацией, в состав которой входят все элементы такой сети: производство электроэнергии, доставка потребителю, управление потреблением, а также учет и тарификация. Проект сети энергоснабжения с распределенной генерацией электроэнергии Smart Grids является инновационным, поскольку до этого испытывались только отдельные компоненты таких сетей.

Важным моментом в ходе реализации проекта стала работа с потребителями. Энергетический концерн EnBW активно продвигает инновационные решения smart grids среди потенциальных потребителей – пользователей Smart Grids, а для осуществления пилотного проекта уже нашел необходимое количество потребителей, желающих первыми использовать все преимущества сетей с распределенной генерацией электроэнергии. В EnBW надеются на активную поддержку потребителей и в будущем (Распределённая, 2016).

Франция реализовывает два проекта в сфере smart grid, или интеллектуальных энергетических сетей. В рамках первого проекта испытывается система «умных» счетчиков или smart metering. «Умные» счетчики позволяют осуществлять детальный учет потребленной энергии и в реальном масштабе времени передавать полученную информацию для управления энергетическими сетями, например, для принятия решений о подключении тех или иных энергетических мощностей. Система «умных» счетчиков развернута в городе Лионе.

Также создается региональная система управления энергетическими сетями с альтернативными, возобновимыми источниками энергии. «Умная» интеграция солнечных и ветроэнергетических комплексов очень важна для обеспечения бесперебойного энергоснабжения, поскольку в этом случае генерация зависит от уровня освещенности и скорости ветра.

Стоимость реализации проектов превышает 90 млн евро. Результаты проекта будут учтены в ходе дальнейшего развития альтернативной энергетики во Франции и, возможно, постепенного перехода государства на возобновимые источники энергии (Распределённая, 2016).

Компания **CISCO**, мировой лидер по производству телекоммуникационного оборудования, активно развивает решения для создания инфраструктуры сетей с распределенной генерацией энергии. Результатом такой работы стало создание технологии Cisco Smart Grid, на основе которой и планируется развитие концепции «умных» энергетических сетей (Компания, 2017).

Для компании CISCO очевидно, что в ближайшее время североамериканский рынок должен пережить «точку перелома», после которой начнется массовое распространение решений для распределенной генерации электрической энергии. Европейские страны уже прошли эту точку, а в странах Азиатско-Тихоокеанского региона эти решения только начинают распространяться. В некоторых европейских странах доля возобновимых источников энергии в общем энергетическом балансе превышает 50 процентов. В 38 американских штатах также приняты стандарты и программы распространения этих источников и стандарты их использования.

В странах ЕС на распределённую генерацию уже сегодня приходится более 10% от общего объема производимой энергии, а в Дании этот показатель составляет около 50%. В США эксплуатируется более 12 млн установок малой распределенной генерации общей установленной мощностью более 220 ГВт, а темпы прироста составляют в среднем 5 ГВт в год. В целом ряде промышленно развитых стран (ЕС, США, Австралия) в последнее время приняты концептуальные документы по развитию отрасли с усиленным акцентом именно на малую энергетику. В ЕС – это Директива ЕС 2004/8/ЕС от 11.02.2004 «О развитии когенерации на основе полезного тепла на внутреннем энергетическом рынке» (Распределённая, 2016). Всё

это говорит о том, что актуальность развития «умных» энергетических систем с каждым годом будет возрастать.

Не менее актуально развитие информационно-энергетических систем в Украине. В стране уже сегодня насчитываются тысячи частных установок возобновимой энергетики. Уже существуют целые села (в Киевской, Винницкой, Харьковской, Львовской областях), полностью перешедшие на энергетическое самообеспечение и даже продающие производимую энергию. Растет разнообразие видов используемой энергии, увеличивается количество применяемых тарифов. Как видим, компоненты энергосистемы страны становятся всё более активными. Всё это означает увеличение сложности управления энергетической системой страны. В этих условиях только ускоренная информатизация энергосистемы обеспечит ей рост эффективности и устойчивости функционирования, что будет создавать предпосылки для поступательного перехода к «зелёной» энергетике.

Глава 6

СЕСТЕЙНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Базовые основы «зелёных» трансформаций транспорта

Транспорт является ключевым звеном, связывающим деятельность отдельных экономических субъектов, в частности производителей и потребителей продукции, а также отдельных производителей и потребителей между собой. Именно при помощи транспорта реализуется значительная часть транзакций, при которых товары физически перемещаются от одних собственников к другим. Транспорт активно участвует и во внутрихозяйственной деятельности отдельных субъектов. И наконец, услугами транспорта ежедневно пользуются миллиарды жителей Земли, используя их как конечное потребительское благо, обеспечивающее социальные коммуникации людей. Всё это обуславливает колоссальное значение повышения экономической и экологической эффективности реализации транспортных процессов, предполагающего, в том числе, их значительную дематериализацию (снижение материалоёмкости и энергоёмкости).

Достижения Т.п.р. и Ч.п.р. открывают новые перспективы экологически обусловленной трансформации и сестейнизации транспортных систем. В числе ключевых направлений сестейнизации транспорта можно выделить:

- электрификацию транспорта;
- использование новых источников энергии (прежде всего водорода);
- использование транспортных средств и их гибридизацию;
- роботизацию транспортных средств;
- замещение материальных перемещений информационными;
- совершенствование транспортной логистики.

Следует отметить, что все перечисленные направления трансформации транспорта уже находятся в процессе реализации. Причём можно отметить, что темпы происходящих свершений постоянно ускоряются. Начиная с 2014 года эти процессы приобретают уже лавинообразный вид.

Приоритеты транспортной политики ЕС. Европейцы поставили перед собой две амбициозные задачи: с одной стороны, построить на практике единый транспортный рынок (сейчас транспортный сектор ЕС складывается из слабо интегрированных национальных сегментов), с другой – повысить уровень общественной мобильности при одновременном сокращении вредных выбросов в атмосферу. Ради данной цели Еврокомиссия

планирует осуществить кардинальные преобразования в транспортной системе континента.

Принятая 28 марта 2011 года «Белая Книга-2011 предполагает переход к единому европейскому транспортному пространству – через создание конкурентоспособной и ресурсно-эффективной транспортной системы» (что названо: «Транспорт – 2050»). Это является очередным концептуальным документом, на основе которого ЕС будет определять политику развития европейского транспорта на ближайшие десятилетия.

«Белая Книга» ставит двуединую цель. Во-первых, планируется завершить создание общеевропейского транспортного пространства и резко снизить негативные экологические эффекты транспорта, добившись к 2050 г. снижения объемов выбросов в атмосферу парниковых газов на 60%. Во-вторых, документ предусматривает полный запрет до 2050 года использования автомобильного транспорта на таких видах топлива, как бензин, дизельное топливо и другие углеродные виды топлива.

Документом обозначены *основные задачи* (White paper, 2017; Даргужите, 2011):

1) вдвое уменьшить использование автомобилей на нефтяных топливах в городах к 2030 г.; полностью исключить его к 2050 г.; практически освободить от выбросов CO₂ городскую грузовую логистику к 2030 г.;

2) обеспечить применение экологичных авиатоплив в размере 40% от общего их потребления к 2050 г.; также к 2050 г. снизить на 40-50% экодеятельность по CO₂ судовых топлив; все предпринимаемые меры должны уменьшить объем вредных выбросов в атмосферу на 60% по сравнению с началом века;

3) обеспечить к 2030 г. переключение 30% (а к 2050 г. – 50%) автомобильных перевозок на расстояние более 300 км на железнодорожный и водный транспорты за счет создания эффективных и «зелёных» транспортных коридоров;

4) завершить к 2050 г. создание европейской сети высокоскоростных железных дорог; утроить к 2030 г. их протяженность; обеспечить к 2050 г. перевозку основной части пассажиров, путешествующих на средние расстояния, по железной дороге;

5) обеспечить к 2030 г. создание в основном мультимодальной транспортной сети ЕС, завершив ее создание к 2050 г. с необходимым информационным обеспечением;

6) к 2050 г. обеспечить соединение всех базовых аэропортов с железнодорожной сетью, преимущественно – высокоскоростной; обеспечить также соединение основных морских портов с сетью грузовых железных дорог и, где возможно, с внутренними водными путями;

7) внедрить до 2020 г. модернизированную инфраструктуру управления воздушным движением и завершить создание единого европейского

воздушного пространства; внедрить аналогичные системы управления движением на наземном и водном транспорте; внедрить европейскую систему глобальной спутниковой навигации Galileo;

8) к 2020 г. создать основы для формирования единой европейской мультимодальной информационно-управляющей системы и системы взаиморасчетов;

9) к 2050 г. снизить практически до нуля смертность в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП); к 2020 г. снизить вдвое количество ДТП; обеспечить мировое лидерство ЕС в сфере безопасности перевозок и транспортной безопасности на всех видах транспорта;

10) добиться применения в полном объеме принципов «пользователь платит» и «загрязнитель платит» для недопущения дисбалансов и субсидирования наносящих экологический ущерб видов транспортной деятельности; обеспечить достаточные доходы для будущих инвестиций в транспортную систему;

11) центры городов планируется полностью избавить от автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями, сделав акцент на гибридные и электрические.

Для решения перечисленных задач в «Белой Книге» определен перечень 40 инициатив (в том числе законодательных), т.е. направлений конкретных действий. Среди них дальнейшее ужесточение экологических стандартов, введение «экологических» приоритетов в систему оплаты услуг инфраструктуры, стимулирование инноваций и мер по рационализации перевозок, дающих экологический результат, и т.п.

После принятия «Белой Книги» началась разработка пакета нормативных правовых актов, создающих основу для реализации ее положений. Всего с 2010 по 2050 год только на инфраструктуру будет выделено порядка 1500 млрд евро.

Развитие автомобильного транспорта в ЕС идет быстрыми темпами. Около 40% товаров перевозится в ЕС по автодорогам. Каждый год увеличивается количество личного автотранспорта. Жители ЕС любят путешествовать на собственных автомобилях. Рынок автоперевозок практически полностью либерализован. В данном секторе существует жесткая конкуренция.

Несмотря на свободное передвижение в границах ЕС, не следует забывать, что в странах ЕС существуют значительные различия в нормах, относящихся к использованию автомобильного транспорта (максимальная скорость движения и максимальный вес автомобилей, разрешенный уровень алкоголя в крови водителя и др.). В настоящее время в ЕС существует около ста образцов водительских документов. В 2006 году государства-члены ЕС достигли соглашения о введении единых водительских прав на территории Евросоюза. К 2032 году в качестве водительских прав будут

использоваться только пластиковые карты с микрочипом, на котором будет содержаться необходимая информация. Их начали выдавать с 2012 года.

Европейский проект развертывания системы глобальной спутниковой навигации «ГАЛИЛЕО» планировалось ввести в эксплуатацию в 2008 г., однако из-за финансовых и технических разногласий запуск был отложен до 2020 г. В настоящее время странам ЕС удалось преодолеть разногласия по вопросу о распределении промышленных заказов между национальными компаниями и найти недостающие для финансирования средства. Министрам транспорта ЕС удалось найти компромисс, который пыталась блокировать Испания, недовольная тем, что ей достался лишь небольшой центр по контролю за сигналами «ГАЛИЛЕО», тогда как Италия и Германия получают по полноценному координационному центру. Распределение промышленных заказов и функций между странами ЕС означает, что проект тронется с места. Этому способствует и достигнутая ранее договоренность стран ЕС покрыть недостающие 2,5 миллиарда евро из европейских фондов. Проект «ГАЛИЛЕО» строится как аналог американской «Джи-Пи-ЭС».

6.2. Электрификация автодорожного транспорта

Электромобили. Электрификация транспорта становится магистральным направлением развития не только транспортных систем, но и всей экономики. Ведь это обуславливает ход трансформационных процессов в энергетике, изменяет инфраструктуру городов, влияет на структуру доходов населения и финансовую сторону деятельности предприятий.

Историческая справка

Электромобиль появился на свет гораздо раньше своего бензинового «коллеги». Ещё в 1827 году словацко-венгерский физик Аньош Иштван Йедлик (Anyos Istvan Jedlik) создал первый в мире работающий электродвигатель. Благодаря этому изобретению в 1835-м году голландский профессор Сибрандус Стрэттин (Sibrandus Elzoo Stratingh) создал первый электрокар.

Но первый электрокар, приближенный к практическому применению, построил в Лондоне в 1884 г. Томас Паркер (Thomas Parker). Он использовал высокоёмкие аккумуляторные батареи многократной зарядки собственной конструкции. Его электрокар напоминал конскую тележку (рис. 6.1) (Страницы, 2015; Electric car, 2017).

Четыре года спустя в 1888 году свою собственную конструкцию электрокара (внешне напоминал британский вариант) предложил в Германии изобретатель Андреас Флокен (Andreas Flocken).

В 1899 году Фердинанд Порше (Ferdinand Porsche) представил первый «гибрид». Он был оснащён бензиновым агрегатом (тот заряжал блок электроаккумуляторов) и электромоторами (они вращали передние колёса). Развитие электромобиля было фактически заблокировано массовым выпуском дешёвых бензиновых авто-... От добра добра не ищут. Лишь в 1960-е годы снова вернулись к совершенствованию электромобиля. Второе рождение он получил в последнее десятилетие (Электромобили, 2017).



Рисунок 6.1 – Электрокар, построенный Томасом Паркером (фото 1895) (Страницы, 2015)

К началу 2017 года количество электромобилей в мире выросло до 2 миллионов, а в Европе превысило 500 тыс. (До кінця, 2016). В США продажа электромобилей в 2016 году выросла почти на 50% по сравнению с предыдущим годом. Рост составил почти 200 тыс. единиц. Лидером по этому показателю является Китай. Там количество электромобилей в 2016 году возросло на 350 тысяч (106%). Всего на начало 2017 года общее количество электромобилей в стране достигло 650 тысяч. Это больше, чем в США (560 тысяч) и Европе (630 тысяч) (Статистика, 2017; Федосенко, 2016 а; Ревадзе, 2016 а).

В 2016 году доля электротранспорта в общих продажах автомобилей в мире превысила 1%. В частности, в США она составила 1,1%, в Европе – 1,2%, в Китае – 1,4% (Ревадзе, 2016 а). Приятно констатировать, что по этому показателю Украина достигла значительного успеха, доведя долю электромобилей в общем количестве зарегистрированных транспортных средств в 2016 году до 4%. По этому показателю Украина оказалась на четвёртом месте среди лучших стран Европы, пропустив вперёд лишь Норвегию, Нидерланды и Исландию (Україна, 2017). Лидером же является Норвегия, у которой доля электромобилей в общем количестве проданных в 2016 году транспортных средств достигла 25%. Ещё 10% составляют гибриды (Шавырин, 2016).

Ожидается, что к 2020 году количество электромобилей в мире вырастет до 20 млн, то есть их станет в 10 раз больше, чем на начало 2017 года. Но если нынешние темпы сохранятся, то такое количество электромобилей удастся увидеть уже 2019 году или даже на конец 2018 года (Окашин, 2017).

Массовый выпуск электромобилей наладили все ведущие автопроизводители мира. Мировыми лидерами продаж электрокаров являются из-

вестные бренды: Nissan, Tesla, BYD, Mitsubishi, Renault, Chevrolet, Toyota, Mercedes, Ford, BAIC, BMW, SAIC, JAC, Kandi, Ford, Audi, Volkswagen, Kia, Volvo, Porsche, Hundai, Honda, Mazda (Статистика, 2017; Итоги, 2016). Запас хода лучших представителей приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Запас хода на одной заправке различных моделей (Кулеш, 2017 а; Федосенко, 2016 в)

Модель	Запас хода, км	Модель	Запас хода, 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

Сегодня на мировых рынках активно продаётся не менее 100 различных моделей. В одном только Китае их количество достигает 70 (Ревадзе, 2016 а).

Можно говорить уже о трёх поколениях массовых относительно недорогих электромобилей. Первое поколение успешно эксплуатируется уже несколько лет. В Европе его представляют различные модели электромобилей: Nissan Leaf, Tesla Motors, Renault и др. Они имеют средний пробег на одной зарядке 100–130 км, развивают максимальную скорость до 110–135 км/час, время их заправки составляет до 6 час (при напряжении 220 В) и от часа до 3–4 часов (при повышенном вольтаже).

Во втором поколении электромобилей запас хода на одной зарядке поднят до 250–300 км. Они могут развивать максимальную скорость до 150–160 км/час. Используется скоростная зарядка до 30–45 мин (на 80% заряда).

Запускаются в серийное производство представители третьего поколения, у которых запас хода может достигать 400–600 км (Турлікьян, 2016 а). Они могут развивать скорость до 200–220 км в час. В ряде случаев уже используются методы скоростной зарядки, сокращающие её время до нескольких минут (Ревадзе, 2016 а; Федосенко, 2016 б; Федосенко, 2016 д).

В мае 2016 года электромобиль Mira EV, оснащённый литиево-ионными аккумуляторами (8320 батарей), преодолел без подзарядки 1003 км. Пробег в японской префектуре Ибараки длился 27,5 часов при средней скорости 40 км/час на специальном автодроме. Ранее этот же электромобиль

биль уже устанавливал рекорд в 2009 г., проехав от Токио до Осаки без подзарядки 556 км (Электромобиль, 2017).

Через три месяца команда японских водителей на электромобиле Suzuki Every EV установила новый рекорд продолжительности езды. На одной зарядке пилоты, сменяя друг друга, преодолели 1300 км. Рекордный заезд по 25-километровому гоночному треку в префектуре Акита продолжался 43 часа. Средняя скорость движения была 30 км/час (Electric car runs, 2017).

Suzuki Every EV представляет собой минивэн (т.е. небольшой фургон). В стандартной комплектации (со стандартными батареями) он способен перевезти 250 кг груза. И на одной заправке проезжает до 100 км – так же, как и серийные электромобили Nissan Leaf Mitsubishi i-MiEV. Новая модель Tesla Models на одной зарядке может проехать до 480 км (Электрокар, 2017).

В 2017 году одна из моделей Tesla Motors – Genovation установила новый рекорд скорости среди дорожных электромобилей. Во Флориде он сумел развить скорость в 336 км/час. В обычном режиме он проезжает до 240 км без подзарядки (Ларина, 2017) (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 – Электромобиль Genovation, побивший рекорд скорости среди дорожных электромобилей (Ларина, 2017)

Неоспоримым преимуществом электромобилей является дешевизна их эксплуатации. В условиях Украины стоимость проезда электромобилей оценивается в 20–30 грн на 100 км пути, что практически на порядок дешевле стоимости эксплуатации бензиновых автомобилей (Сколько, 2017; Широкун, 2017).

Особую группу представляют гоночные электромобили. Их призвание – устанавливать рекорды, в том числе скорости, мощности, быстроты разгона и др. В частности, компания Venturi Automobiles вместе с американскими учёными создала электрокар VBB-3 (рис. 6.3). Мощность его двигателя составляет 3 тысячи л.с., скорость – до 600 км/час. Время разгона до 100 км/час – за 2 сек. (Найпотужніший, 2016).



Рисунок 6.3 – Суперэлектрокар (Найпотужніший, 2016).

Сочетание электро- и бензиновых двигателей позволяет бить рекорды и в классе гибридных автомобилей. В конце 2016 года серийный корейский Kia Niro установил новый рекорд эффективности. Путь от Лос-Анжелеса до Нью-Йорка протяженностью в 6000 км он преодолел, расходуя в среднем 3,07 литра топлива на 100 км пути (Берча, 2016).

Компания Volkswagen, само имя которой («народный автомобиль») обязывает стремиться к доступности её продукции широким массам, заявила о своём очередном «самом дешёвом в мире автомобиле». На этот раз – электрическом (рис. 6.4).



Рисунок 6.4 – Ожидаемый электромобиль фирмы Volkswagen (Самый дешёвый, 2016).

О цене его, правда, не говорится, но сообщается, что начало производства намечено на 2017 год, а премьера на дорогах состоится в 2018 году. Запас его хода составит не менее 300 км (Самый дешёвый, 2016).

Одновременно компания Volkswagen представила концепт «умного» (беспилотного) электрического микроавтобуса Budd-e с солнечными бата-

реями на крыше (рис. 6.5). Его заявленный запас хода составляет 530 км, скорость 180 км/час, причём зарядить аккумулятор на 80% можно будет всего за полчаса.



Рисунок 6.5 – Volkswagen Budd-e (Volkswagen, 2016).

Как всегда, в рыночной экономике идёт борьба не только за рекорды, но и за карманы потребителей. И важнейшим инструментом в такой борьбе служит недорогая цена. Так, китайский производитель JAC выпустил бюджетный электрический пятидверный хэтчбэк (рис. 6.6). У него довольно скромные эксплуатационные показатели: мощность 80 л.с., предельная скорость – 102 км/час, запас хода на одном заряде – 152 км. Зато и цена достаточно скромная, всего 5,5 тысяч долларов (JAC, 2017).



Рисунок 6.6 – Бюджетный электромобиль JAC (JAC, 2017)

Электромобиль Synchronous представила и Украина. Он не похож ни на одну существующую модель и напоминает больше современную карету-салон для торжественных приёмов (рис. 6.7).



Рисунок 6.7 – Первый прототип украинского электромобиля Synchronous (Первый прототип, 2016)

Электромобиль вмещает 6 пассажиров, имея запас хода 130–160 км на одной зарядке. Солнечные панели на крыше обеспечивают работу кондиционера в салоне. Хочется верить, что электромобиль найдёт свою нишу на рынке в качестве комфортного городского такси, шаттла для отелей, экскурсионного авто.

Выше мы упомянули о многих рекордах, поставленных электромобилями. Приятно отметить, что свои собственные рекорды в электрификации транспорта бьёт Украина.

В 2016 году украинцы купили около полутора тысяч электромобилей (1434), в то время как в 2015 году – лишь около 290. То есть продажа выросла в 5 раз (в частности благодаря отмене акциза). Всего же на 01.01.2017 в стране зарегистрировано 2600 электрокаров, из них 1710 – на электроприводе, и около 890 – гибридных. Ещё около 600 автомобилей ездят на альтернативных видах топлива (биоэтанол, биодизель). В общей сложности количество экологических авто- в стране приблизилось к 3200 (Федосенко, 2017 а; Яковлева, 2017 б).

Только за первые пять месяцев 2017 года в Украине было зарегистрировано 1381 электромобилей, на 251% больше, чем за аналогичный период прошлого года (Кулеш, 2017 г).

Понятие «электрификация транспорта» предполагает соответствующую трансформацию не только легковых авто, но также автобусов и грузовых автомобилей.

Электробусы. Думается, читатель давно знаком с небольшими транспортными средствами под названием *электрокар*. Они давно использовались в нашей стране для перевозки небольших грузов или пассажиров на небольшие дистанции. Главным образом это происходит там, где по экологическим соображениям неуместно использование топливного транспорта.

Электрокары можно встретить в производственных помещениях, аэропортах, экспоцентрах, зонах отдыха, туристических территориях и пр. Современные электрокары (типа Taylor-Dunn) могут проезжать 40–50 км на одной зарядке и могут развивать максимальную скорость от 20 до 30 км/час. В пассажирском варианте могут перевозить (с прицепом) до 30 пассажиров, а в грузовом – от 1,5 до 5 тонн. В тяговом режиме – тянуть до 25 тонн.

Однако дальше мы будем вести речь об электрических транспортных средствах, которые сейчас начинают конкурировать в рыночных нишах, где раньше господствовали только топливные автомобили.

Китайская компания BYD Motor представила самый большой в мире городской автобус (рис. 6.8). Его запас хода на одном заряде 288 км. Вместимость – 120 пассажиров (Юртайкин, 2014).



Рисунок 6.8 – Китайский городской автобус (Юртайкин, 2014).

Украинские автомобилестроители также пытаются находиться в русле прогрессивной мировой мысли. Львовский концерн «Электрон» выпустил электробус, запас хода которого на одном заряде составляет 200 км, вместимость – до 100 пассажиров, максимальная скорость – 70 км/час (рис. 6.9). Себестоимость проезда по сравнению с дизельным автобусом в 10 раз меньше. С начала 2016 г. электробус вышел на улицы Львова (Кулеш, 2015; «Электрон», 2015).



Рисунок 6.9 – Украинский автобус во Львове («Электрон», 2015).

В Луцке вышел на маршрут первый украинский мини-электробус, созданный на базе автобуса «Богдан» (рис. 6.10). Запас хода 250 км на одной заправке. Базовая скорость 80 км/час. Время заправки 8 часов от сети 220 В и 5 часов от сети 380 в. В салоне бесплатный Wi-Fi (В Луцке, 2015; Кулеш, 2014).



Рисунок 6.10 – Луцкий мини-электробус (Кулеш, 2014).

В начале 2017 года компания Volkswagen выпустила на дороги страны новый электрический фургон Crafter, способный работать как в пассажирском, так и в грузовом варианте (рис. 6.11). Он создан на основе своего одноименного дизельного предшественника. Максимальная скорость электрофургона – 80 км/час. Одно из преимуществ нового электрофургона – быстрая зарядка. Используя специальную зарядку, его можно зарядить на 80% всего за 45 мин. При полной зарядке запас хода – около 210 км. В настоящее время тестируются аккумуляторы, обещающие повысить запас хода до 400 км. Фургон способен перевозить груз до 1,7 т, ёмкость кузова – 11,3 куб. м. (Гоголев, 2016; Скворцов, 2016).



Рисунок 6.11 – Электрофургон Crafter (Гоголев, 2016).

Компания Proterra в конце 2016 года представила новую модель с рекордным пробегом. Электроавтобус Catalyst E2 способен проехать 350 миль (560 км) на одной зарядке. То есть без подзарядки он может работать полный рабочий день. На тестовой трассе (без остановок и пробок) этот показатель удалось довести до 600 миль (960 км). Своим успехом новый электробус обязан двум гигантским аккумуляторам, ёмкость которых достигает 660 кВт-час. Для сравнения у новых легковых электромобилей ёмкость батареи в 6–10 раз меньше. При этом весит электробус меньше таких же по вместимости автобусов. Время полной зарядки составляет 5 часов. При доукомплектовании электробуса он сможет заряжаться во время езды. Он также оснащен регенеративной тормозной системой, способной возвращать часть кинетической энергии, освобождаемой во время торможения (Lambert, 2016).



Рисунок 6.12 – Электроавтобус Catalyst E2 (Lambert, 2016).

Электрогрузовики. Производство большегрузных электромобилей отстаёт пока ещё от своих легковых коллег. Однако и в этой области намечен существенный прогресс.

Американская компания Nikola Motor (от первого имени знаменитого физика Николы Теслы) во главе с бизнесменом Тревором Мильтоном представила гибридный грузовик Nikola One мощностью 2000 л.с. (рис. 6.13). Кроме набора аккумуляторов ёмкостью 320 кВт-час, он снабжен турбиной для их зарядки, способной работать на любом топливе. При этом запас хода при полной заправке / зарядке превышает 1900 км.

Фирма представила также чисто электрический внедорожник – багги Nikola Zero с гигантским дорожным просветом 37 см. Его аккумуляторы обеспечивают запас хода до 240 км (Во имя, 2016).

Компания Mercedes-Benz представила прототип полностью электрического грузовика Urban eTruck. По расчётам грузовик сможет перевозить в разных модификациях от 18 до 26 т груза при запасе хода до 200 км (рис. 6.14). В настоящее время он проходит испытания, а в массовое производство должен пойти – до 2020 года (Коломинов, 2017).



Рисунок 6.13 – Гибридный грузовик Nikola One (Во имя, 2016)



Рисунок 6.14 – Электрогрузовик Urban eTruck (Клименко, 2017)

Ранее эта же компания представила концепт беспилотного грузовика Future Truck, который способен без водителя развивать скорость до 84 км/час (Mercedes, 2017; Представлен, 2016).

Британская фирма Charge заявила, что в ближайшее время начнёт выпуск электрогрузовиков Charge (рис. 6.15).



Рисунок 6.15 – Электрогрузовик Charge (Британская, 2016)

Это предполагается делать в большом диапазоне грузоподъёмности: от 3,5 до 26 т. Применение композитных материалов позволит значительно сократить вес новой модели. А благодаря использованию модульного метода одному человеку можно будет собрать машину всего за 4 часа. Планируется, что штат сотрудников всего в 10 человек будет в год собирать 10000 машин. Грузовик сможет развивать скорость до 160 км/час, проезжая на одной зарядке до 200 км. Предполагается также, что компания будет работать над внедрением технологий автопилотирования, и взаимодействовать с машиной можно будет через обычный смартфон (Британская, 2016).

В ногу с развитием производства и использования электротранспорта идет развитие соответственной инфраструктуры, прежде всего качественных сетей зарядки электромобилей. В мире количество зарядных станций уже становится сопоставимым с количеством бензозаправок. А в Японии их число уже превысило количество АЗС.

Приятно отметить, что Украина следует курсом мирового тренда, создавая необходимую инфраструктуру для развития электротранспорта. В частности, на начало 2017 года количество зарядных станций в стране оценивалось в 600 единиц. В России в этот же период на 722 зарегистрированных в стране электромобилей приходилось около 60 зарядных станций (На всех, 2016). К концу 2017 года только по линии WOG (национальной сети автозаправочных комплексов) в Украине количество зарядных станций планировалось увеличить ещё на 300 единиц, 30 из которых будут скоростными. Практически половина АЗС будет оснащена также зарядными станциями. Причём, нескоростные зарядные станции будут функционировать бесплатно (Кулеш, 2017 б)

Электрификация пассажирских и грузовых транспортных средств является очень важной задачей, так как позволяет решить две существенные проблемы: во-первых улучшения экологической ситуации, особенно в городской среде; во-вторых, значительного удешевления транспортных операций.

6.3. Электрификация агротехники

Электротрактор. Мысль использовать электричество для приведения в движение трактор уже не нова. Ещё в 1920-е годы энтузиасты советского государства, воодушевлённые идеями «электрификации всей страны», пытались создать подобие трактора-троллейбуса, получавшего питание от внешних источников.

В 1970–80-е годы эта идея трансформировалась в несколько ином направлении. С высоты самолёта можно было увидеть, что некоторые сельхозтерритории имели форму правильных кругов. На этих угодьях удалось избавиться от трактора. Точнее, трактор, повинувшись нелинейной логике, претерпел революционное изменение, вобрав в себя всю остальную сельхозтехнику, превратившись в суперкомбайн. Теперь он стал электрическим, заодно значительно уменьшив свои размеры и растеряв свою колоссальную энергоёмкость. Кроме того, исчезло много промежуточных звеньев, механизмов, работ.

Представьте себе хорду радиусом 250–280 метров, которая одним концом закреплена на подвижной оси, а другим стоит на небольшом одноколесном шасси. Шасси бегаёт по кругу, возможно, по рельсе. На хорде попеременно устанавливаются необходимые сельскохозяйственные механизмы, обрабатывающие землю, вносящие удобрения, выполняющие необходимую обработку земли, растений, собирающие урожай. За один оборот хорды производится обработка концентрических рядов растений, и соответствующий механизм передвигается на один шаг к следующему ряду. Процесс легко автоматизировать. Эта установка может сниматься и переноситься на другие поля, причем на всем поле нужна для этого только одна узенькая тропинка. Площади между круглыми полями могут быть заняты лесопосадками. При этом выдерживается оптимальное (по рекомендациям ученых) соотношение интенсивно и пассивно эксплуатируемой земли – $2/3 : 1/3$ (Мельник, 1988).

Подобный метод и сейчас используется в ряде стран, в том числе и в тепличных хозяйствах, т.е. уже под крышей. Он означает переход от огульного полеводства к индивидуальному (по отношению к каждому растению) земледелию.

Такой принцип впервые предложили французские ученые. Хотя впервые ли? В первые годы Советской власти, когда была поставлена задача электрификации экономики, широким фронтом шел поиск подходов к решению этой задачи в сельском хозяйстве. Один из вариантов электротрактора строился по принципу его концентрического движения по круговому полю...

Новый импульс идея электрификации транспорта получила в наши дни.

Европейский филиал крупного американского производителя сельхозтехники John Deere представил трактор на электрическом ходу (рис. 6.16). Электрический гигант построен на основе серийного колёсного трактора серии 6R. Один электродвигатель приводит в движение колёса. Второй – обеспечивает работу навесного оборудования. При необходимости оба двигателя могут работать по одному из упомянутых направлений. Полного заряда батарей хватает в среднем на 4 часа работы в поле (в зависимости от тяжести работ) или давать запас хода 55 км по шоссе. Полная за-

рядка аккумулятора от специального «быстрого» терминала занимает около 3 часов (Костин, 2016).



Рисунок 6.16 – Электрический трактор фирмы John Deere (Костин, 2016).

Свой электрический трактор Edison выпустил Харьковский тракторный завод (ХТЗ) (рис. 6.17). Он разработан совместно с компанией «АвтоЕнтерпрайс» на базе серийного ХТЗ 3512 и на сегодняшний день не имеет аналогов в мире. Оснащён японским электродвигателем Nissan Motor / Electric Motors мощностью 35 л.с. Для полной зарядки аккумуляторов требуется от 2 до 4 часов от зарядного устройства и от 8 до 10 часов от электросети 220 В. В режиме передвижения (скоростью до 40 км/час) трактор может работать до 8 часов. При дополнительной нагрузке заряда батарей хватает на 4 часа (Электрический трактор, 2015).



Рисунок 6.17 – Электрический трактор Edison (Электрический трактор, 2015).

Главной проблемой электротракторов является малая продолжительность работы на одном заряде. Действительно, 4 часа интенсивной работы на одном заряде явно недостаточно для обеспечения необходимой потребности сельхозпроизводства, которая зачастую (в пиковые периоды) превышает 10–15 часов работы в поле.

Тем не менее, колоссальная дешевизна эксплуатационного обслуживания по сравнению с топливными аналогами во многих случаях компенсирует этот недостаток, однако заставляет искать организационные и технические решения для разумного внедрения электротракторов в аграрное

производство. С одной стороны, должна развиваться техническая база для удлинения периода работы (в частности, за счёт съёмных аккумуляторов). С другой стороны, необходим поиск нетрадиционных форм организации, позволяющих использовать на первых порах электротрактора для выполнения тех функций, которые бы позволяли гибкий режим работы, открывающий возможности оперативной зарядки аккумуляторов. К сказанному следует добавить, что первая (экспериментальная) партия харьковских электротракторов (10 шт.) была продана за несколько дней (Иванович, 2016). А спрос, как известно, знает лучше.

6.4. Электрификация авиации

Авиация играет важную роль в осуществлении транспортных процессов. Она позволяет попадать туда, куда неподвластно попадать другим видам транспорта, в частности тем же автомобилям. Кроме того, авиация с лёгкостью преодолевает преграды, создающие проблемы для сухопутных видов транспорта: бездорожье, усложнённый рельеф местности, водные поверхности и пр. С учётом всего этого электрификацию авиации следует рассматривать как важную меру в сестейнизации транспорта. Она позволяет значительно экологизировать транспортные операции, удешевить их себестоимость и упростить эксплуатацию транспортных средств.

Электросамолёты (электролёты). Самолёты являются самым пространённым авиационным средством. Они относительно легки в управлении, имеют развитую инфраструктуру и систему обучения пилотов. Поэтому не случайно, что электрификация затронула самолёт одним из первых летательных средств.

Страницы истории

Первый электродвигатель в авиации был использован тогда, когда самолёты ещё не летали. В 1883 году французский химик и воздухоплаватель Гастон Тиссандье (Gaston Tissandier) совершил первый полёт на дирижабле La France с использованием электрического двигателя Сименса. Он приводился в движение почти полутонной (435-килограммовой) батареей. Запуски электрических авиамodelей начались с 1957 года. В 1973 году Фред Милишки (Fred Milischky) и Хейно Брдишка (Heino Brditschka) на базе австрийского планера Brditschka HB-3 создали вариант Militky MB-E1 с электродвигателем. Брдишка в том же году совершил на нём полёт продолжительностью в 14 мин. (Электрический самолёт, 2017).

Впервые целенаправленно сконструированный электросамолёт AstroFlight Sunrise поднялся в небо США в ноябре 1974 года. Правда, он был беспилотным (AstroFlight, 2017). Первый пилотируемый полёт электросамолёта Mauro Solar Riser был совершён также в США в 1979 году. Как и его самый первый бензиновый предшественник (т.е. самолёт братьев Райт),

первый электролёт тоже был бипланом, т.е. имел двойные крылья, и больше напоминал небольшой дельтаплан. Мощность «бошевского» электромотора обеспечивал никель-кадмиевый аккумулятор на 3,5 л.с., снятый с вертолёта (Mauro, 2017).

В июле 1979 г. свой Solar Powered Aircraft Development (Solar One), который уже больше походил на настоящий самолёт, подняли в воздух британцы (рис. 6.18). Его батареи смогли обеспечить почти десятиминутный полёт (Solar-Powered, 2017).



Рисунок 6.18 – Электросамолёт Solar Powered Aircraft Development (Какие, 2015)

В 1980 году в США школьная учительница Джанис Браун (Janice Brown), пилотируя один из первых самолётов на солнечных панелях Solar Challenger (рис. 6.19), смогла пролететь почти 2 мили за 14 мин и 21 секунду (NASA, 2014)



Рисунок 6.19 – Электросамолёт на солнечных батареях Solar Challenger (NASA, 2014).

В 1987 году подобную модель смогли поднять в воздух немцы.

В 1990 году электросамолёт Sunseeker с солнечными панелями пересёк США, совершив для этого 21 полёт и проведя 121 час в воздухе (Электрический самолёт, 2017).

В 2010 году беспилотный летательный аппарат Qinetiq Zephyr с питанием от солнечных батарей установил мировой рекорд длительности полёта среди подобных моделей, пробыв в воздухе две недели (там же).

В 2012 году аппарат Long-ESA установил рекорд скорости для самолётов с электродвигателем, разогнавшись до 326 км/час (там же).

В 2001 году экспериментальный беспилотный аппарат Helios, чьё строительство спонсировалось NASA, смог подняться на рекордную высоту 29,5 км. Аппарат с 75-метровыми крыльями, на которых размещены солнечные батареи, был способен продержаться ночь на накопленной днём энергии (рис. 6.20) (NASA, 2017).



Рисунок 6.20 – Беспилотный самолёт Helios (NASA, 2017).

За истёкшее время производство электросамолётов шагнуло далеко вперед, постоянно совершенствуясь. Растут грузоподъёмность, скорость и дальность полёта. Улучшаются эксплуатационные характеристики. В наши дни началось серийное производство электросамолётов.

Первым серийным электросамолётом стал китайский Yuneec International E 430 (рис. 6.21). Его серийный выпуск начался в 2012 году. Он весит 430 кг, поднимает в полёт двух человек и может заряжаться от обычной



Рисунок 6.21 – Электросамолёт Yuneec International E 430 (Какие, 2015).

розетки за 3–4 часа. Мощность двигателя 54 л.с., скорость – 150 км/час, максимальная дистанция на одной зарядке – 225 км, максимальная высота полёта – 3000 м (Yuneec, 2017; Какие, 2015).

Очень скоро конкуренцию китайцам составили немецкий Schempp-Hirth Flugzeugbau (рис. 6.22), словенский четырёхместный Panthera Electro (с дальностью полёта 400 км и возможностью парашютного спуска самолёта на случай разрядки батарей) (рис. 6.23).



Рисунок 6.22 – Электросамолёт Schempp-Hirth Flugzeugbau (Какие, 2015)



Рисунок 6.23 – Электросамолёт Panthera Electro (Wood, 2012)

Значительная часть истории развития электроавиации связана с самолётами немецкой компании PC-Aero. Ещё в 2011 г. её специалисты подняли в воздух одноместный электросамолёт Elektra One (рис. 6.24). Позже этот самолёт был оснащён дополнительно также солнечными панелями. В 2015 г. самолёт этой модели вылетел из Германии, перелетел через Альпы на высоте 3798 м и приземлился в Австрии через 2,5 часа полёта. Через 2 дня был совершён обратный полёт. Суммарная дальность полёта составила около 500 км. Около 30% необходимой электроэнергии обеспечивали солнечные панели на крыльях, остальное – литий-ионные аккумуляторы.

Крейсерская скорость составила более 100 км/час. Самолёт способен поднять груз до 100 кг (Голосуй, 2015).



Рисунок 6.24 – Электросамолёт PC-Aero Elektra One (Электросамолёт, 2015)

В 2017 году предполагалось начать серийное производство двухместного электросамолёта Elektra Two. Его выпуск планировалось осуществлять в двух модификациях: с размахами крыльев 14 и 17 м. Технические характеристики для этих двух вариантов составляют соответственно: длина перелёта – 500 и 700 км; скорость – 140 и 120 км/час; продолжительность полёта – 5 и 8 часов. Идёт работа над созданием 4-местного самолёта (PC-Aero, 2017).

Французская компания Electraviva также внесла весомый вклад в развитие электроавиации. К 2015 году ею было произведено 70 электросамолётов (рис. 6.25). Одному из них принадлежит рекорд скорости для электрических самолётов (283 км/час), установленный в Ле-Бурже в 2011 году.



Рисунок 6.25 – Электросамолёт Electraviva Electro Light (Electraviva, 2017)

Самолёт именно этой компании первым из аккумуляторных самолётов пересёк Ла-Манш 9 июля 2015 г. В самолётах используется литий-полимер-

ные технологии батарей. Стандартные одноместные модели развивают максимальную скорость до 160 км/час, крейсерскую – до 140 км/час, достигают набора высоты – до 3000 м (Electravia, 2017).

Компания Airbus совместно со специалистами ряда французских предприятий разработала двухместный аккумуляторный самолёт Airbus E-FAN (рис. 6.26). Впервые он поднялся в воздух в 2014 г., а с 2017 г. должен был быть запущен в серию. Максимальная скорость самолёта – 220 км/час, крейсерская – 160 км/час, продолжительность полёта – 1 час. Ожидается, что стоимость одного лётного часа будет всего 19 долларов вместо 55 долл. на бензиновых аналогах (Airbus E-FAN, 2017; Чуб, 2015).



Рисунок 6.26 – Электросамолёт Airbus E-FAN (Чуб, 2015)

В марте 2017 года прототип электрического спасательного самолёта Extra 330 LE с аккумуляторным питанием, разработанный концерном Siemens, во время испытательного полёта установил два мировых рекорда для электросамолётов. Во-первых, он развил скорость до 343 км/час, а, во-вторых, буксируя планер, поднял его на высоту 600 м всего за 76 секунд. Ключём к успеху стала инновационная силовая установка: при весе всего 50 кг она обеспечивает мощность в 260 кВт. Создатели убеждены, что шести таких двигателей будет достаточно, чтобы стандартный гибридный электросамолёт легкого класса смог перевозить 19 пассажиров (Скрипин, 2017 г).

Первый в мире многоместный электролайнер представила на международном авиасалоне в Ле-Бурже израильская компания Eviation Aircraft (рис. 6.27). Лайнер, конструкция которого напоминает военный беспилотник Reaper, рассчитан на 6–9 пассажиров и способен преодолеть на одной зарядке 965 км. Его корпус полностью изготовлен из композитов, поэтому аппарат под названием Alice весит всего 6 тонн, что делает его в 300 раз энергоэффективнее по сравнению с самолетами аналогичного размера.

Двигатель питается от инновационного аккумулятора ёмкостью 980 киловатт-часов. Вероятно, самолет будет заряжать аккумуляторы прямо в



Рисунок 6.27 – Первый в мире многоместный электрический самолет компании Eviation Aircraft (Вайнер, 2017).

воздухе, используя термические подъемы воздуха и отключая на это время моторы. Заявленная крейсерская скорость Alice – 450 километров в час, рабочий потолок – 3 километра. Новинка уже прошла несколько тестов совместно с NASA, а все необходимые для полетов сертификаты производитель рассчитывает получить в 2018 году (Вайнер, 2017).

Самолёты на солнечных батареях внесли особый вклад в развитие авиации. Они демонстрируют неограниченные возможности автономного полёта летательных аппаратов без источников топлива.

Solar Impulse – так называется первый в истории самолёт, использующий исключительно энергию солнца благодаря солнечным батареям (рис. 6.28). Теоретически он способен летать за счёт энергии солнца неограниченно долго, днём запасая энергию в аккумуляторных батареях и набирая высоту. Самолёт разработан швейцарской фирмой Solar Impulse. Он имеет четыре двигателя, 12 тысяч солнечных батарей и огромный размах крыльев (63 метра), сравнимый с пассажирским аэробусом Airbus A



Рисунок 6.28 – Самолёт на солнечных батареях Solar Impulse (Приходько, 2014).

340. Его масса – 1600 кг, крейсерская скорость – 70 км/час, высота полёта 8500 м, КПД солнечных батарей – 22,5%. Руководителями проекта, реализуемого на частные деньги, выступили швейцарцы: инженер и бизнесмен Андре Боршберг (Andre Borschberg) и психиатр и воздухоплаватель Бертран Пиккар (Bertrand Piccard). Они же впоследствии по очереди пилотировали своё детище во время его полётов (Solar Impulse, 2017; Приходько, 2014).

В финансировании проекта (около 150 млн долл.) принимали участие 80 разных компаний (включая предприятие лично Боршберга): от Google и химической корпорации Solvay до производителя швейцарских часов Omega. Спонсоры помогали не только деньгами, но и делами. Solvay, например, разработал для самолёта ультралёгкие материалы, а также элементы солнечных панелей, что значительно повысило их эффективность (Пророков, 2015; Электрический самолет, 2015).

Страницы истории

Первый полёт на одноместном Solar Impulse был осуществлён в декабре 2009 года. В июле 2010 года самолёт совершил 26-часовой полёт, в том числе 9 часов пришлось на ночное время. В 2012 году соруководители проекта Пиккар и Боршберг в качестве пилотов осуществили успешный перелёт сначала из Швейцарии в Испанию, а затем оттуда в Марокко. В 2013 г. они же с несколькими посадками перелетели через США (Джеджула, 2016; Solar Impulse, 2016).

В 2014 году была построена усовершенствованная модель *электро-солнцелёта* Solar Impulser 2. Она содержала больше солнечных элементов (17 тыс.), имела более мощные моторы. Самолёт по-прежнему оставался одноместным, однако были улучшены условия салона. Сидение пилота стало работать также, как туалет и как откидывающаяся койка, что позволяет спать прямо в воздухе. Последнее было жизненно необходимым, так как инициаторами проекта был задуман новый амбициозный план – кругосветное чрезвычайно рискованное путешествие с несколькими посадками. Оно стартовало в марте 2015 года в Абу Даби (ОАЭ) и согласно предварительному плану должно было закончиться там же в августе того же года. Однако жизнь внесла свои коррективы, и успешный финиш пришлось отложить без малого на год. Поочерёдно пилотируя самолёт, Боршберг и Пиккар осуществили с посадками перелёт по маршруту: Абу-Даби – Маскат, Оман (441 км, 13 часов) – Ахмадабад, Индия (1485 км, 15 часов) – Варанаси, Индия (1215 км, 13 часов) – Мандалай, Мьянма (1398 км, 13 часов) – Чунцин, Китай (1459 км, 20 часов) – Нанкин, Китай (1344 км, 17 часов) – Нагоя, Япония (2600 км, 44 часа) – Гавайи, США (7212 км, 118 часов). На Гавайях полёт пришлось прервать. К тому времени прошло почти четыре месяца с момента его старта. Причиной вынужденной долговременной паузы стало то, что в ходе рекордного перелёта над Тихим океаном некоторые аккумуляторы из-за перегрева вышли из строя. За общее время перелёта самолёт преодолел свыше 17 тысяч км, проведя в воздухе

более десяти с половиной суток. Во время перелёта над Тихим океаном самолёт пилотировал Андре Боршберг, проведя в воздухе непрерывно около пяти (!) суток. Он спал десять раз в сутки отрезками по 20 минут, ставя в это время самолёт на автопилот. Здесь же, в кресле, пилот ел, пил и занимался физическими упражнениями. Над океаном самолёт летел со средней скоростью 61 км/час.

В апреле 2016 г. полёт продолжился: Гавайи – Маунтин, США (4086 км, 62 часа) – Финикс, США (1113 км, 16 часов) – Талса, США (1570 км, 18 часов) – Дейтон, США (1113 км, 17 часов) – Долина Лихай, США (1044 км, 17 часов) – Нью-Йорк, США (265 км, 5 часов) – Севилья, Испания (6765 км, 71 час) – Каир, Египет (3745 км, 51 час) – Абу Даби (2694 км, 49 часов). Вторая половина пути заняла чуть больше трёх месяцев. За это время самолёт преодолел дистанцию в 22 тыс. км, находясь в воздухе 12 с половиной суток. Во время самой длинной дистанции над Атлантическим океаном самолёт пилотировал Бертран Пиккар, проведя в воздухе почти трое суток. В это время средняя скорость самолёта превышала 95 км/час (Джеджула, 2016; Solar Impulse, 2016).

Остаётся добавить, что этот перелёт потребовал колоссальной выносливости и мужества от пилотов. Причем не только во время самого полёта. Много сил отнимала сама подготовка к полёту. Пилоты изучали технику йоги, дыхания и самогипноза, позволявшую расслабиться и не терять концентрацию внимания в замкнутом пространстве на столь «марафонских», многодневных перелётах.

Есть и другие результаты полёта. Получен бесценный опыт подготовки людей, а также создания уникальных технологий и материалов. Достаточно сказать, что двигатели солнцелёта (хочется назвать его как-то необычно) теряют всего 3% энергии через тепло, тогда как в обычном самолёте – до 70% (Пророков, 2015).

Завершив успешно свой кругосветный перелёт, создатели солнечного электrolёта достигли главной цели реализации своего выдающегося проекта. Они доказали, что преодолевать расстояния по воздуху можно, абсолютно не загрязняя природную среду. Кроме того, они продемонстрировали потенциал солнечной энергетики, обеспечивающей неограниченные возможности автономного полёта авиации. Он может быть использован уже в ближайшем будущем при создании на подобной основе многоцелевых летательных аппаратов (в том числе на беспилотных) для выполнения коммуникационных и мониторинговых функций.

Электровертолёты. Вертолёты занимают отдельную нишу в авиаперевозках. Проигрывая самолётам в удельной эффективности транспортирования единицы груза на дистанцию, они с успехом компенсируют это возможностью вертикального взлёта/посадки. Это значит, что по сравнению с самолётами они требуют минимальных условий для своего приземления или взлёта. Кроме того, они способны выполнять многие задачи, во-

обще не приземляясь, а зависая над необходимым объектом. Сфера применения вертолѐта чрезвычайно широка: от грузоподъёмных функций в строительстве до пассажирских перевозок и незаменимого средства (в том числе спасательного) при чрезвычайных ситуациях (наводнениях, пожарах и пр.). Поэтому не случайно, процесс электрификации авиации коснулся и вертолѐта.

Страницы истории

Официально первым электровертолѐтом считается одноместная машина Firefly («Светлячок») представленная компанией Sikorsky Aircraft в США в июле 2010 года (рис. 6.29).



Рисунок 6.29 – Электровертолѐт Sikorsky Firefly (Sikorsky, 2016).

Свою собственную модель одноместного электрического вертолѐта в сотрудничестве с компанией Tier 1 Engineering смогла создать изобретатель и предприниматель Мартина Ротблайт (Martine Rothblatt) (рис. 6.30). Вертолѐт смог находиться в воздухе в течение 20 мин, развив скорость до 150 км/час (Fehrenbacher, 2016).

Однако, похоже, что на сегодня самой успешной и перспективной следует признать модель двухместного мультикоптера (такое название получила машина с несколькими подъёмными винтами), созданная немецкой компанией E-VOLO (E-Volo VC 200) (рис. 6.31). Только она имеет в активе несколько регулярных полѐтов, продемонстрировав в небе достаточную стабильность. В 2013 г. состоялся первый беспилотный полѐт опытного образца, а в марте 2016 г. – первый пилотируемый полѐт (Volocopter, 2017; Лучший, 2013).



Рисунок 6.30 – Электровертолёт Rothblatt во время испытательного полёта (Fehrenbacher, 2016)



Рисунок 6.31 – Электрический мультикоптер Volocopter VC 200 (Лучший, 2013).

Фактически мы имеем дело с новым типом летального аппарата. Он может поддерживать крейсерскую скорость около 100 км/час и набирать высоту до 2000 м. В настоящее время продолжительность полёта не превышает 20 мин. Разработчики готовятся перейти к серийному выпуску и надеются, что серийные образцы смогут находиться в воздухе не менее часа. Достоинством вертолёта является его относительная безопасность. Большое количество двигателей снижает вероятность аварии. В случае отказа нескольких двигателей имеется дополнительная батарея для аварийной посадки, а также парашют, смягчающий её в случае отказа всех двигателей. Машина очень проста в управлении. Полёт можно контролировать одним джойстиком с парой кнопок. Все операции по стабилизации аппа-

рата в воздухе берёт на себя электроника. Аппарат легко разбирается и собирается, что позволяет хранить его прямо в сарае. Возможны режим автопилота и дистанционное управление. Со временем такие машины смогут заменить вертолёты и личные автомобили.

Первый этап развития электрической авиации наглядно продемонстрировал объективные трудности на этом пути. В частности, здесь малоприспособна механическая замена бензинового двигателя на электрический. При несопоставимом размере допустимого веса у них просто несопоставимы размеры мощностей. А ведь у летательных аппаратов в отличие от других транспортных средств значительная часть мощности расходуется просто на поддержание аппарата в воздухе. По этой же причине не подходит механическое наращивание мощности батарей для увеличения дальности перелёта, что, например, с успехом применяется в автотранспорте для увеличения дальности поездок на одной заправке. Самолёт или вертолёт должны оставаться лёгкими, чтобы не потерять свои лётные качества.

С учётом сказанного, развитие электрической авиации идёт по следующим направлениям: максимального сокращения веса летательных аппаратов (в том числе за счёт применения новых материалов); создания новых более эффективных двигателей (в том числе более лёгких на единицу мощности); создания более эффективных аккумуляторов (в том числе более лёгких на единицу ёмкости); сочетания аккумуляторных и солнечных источников энергии; гибридизации аппаратов (т.е. сочетания электрических и бензиновых двигателей); интеграции водородных схем аккумулялирования и использования энергии в солнечную систему питания; использования новых форм летательных аппаратов.

6.5. Электрификация водного транспорта

Суда являются древнейшим видом транспорта. Не случайно об их электрификации люди задумались ещё тогда, когда других транспортных альтернатив (автомобиля и самолёта) ещё просто не существовало. Впрочем, тогда ещё не существовало и альтернативы (в качестве двигателя внутреннего сгорания) самому электродвигателю. Ведь ДВС появился лишь в середине XIX века, когда электродвигатель уже всюду использовался.

Страницы истории

Видимо, совсем не случайно мысль об использовании электродвигателя на водных судах пришла в голову именно его изобретателю российскому физики немецкого происхождения Морицу Герману Якоби (Moritz Hermann von Jacobi, на русский лад: Борис Семёнович Якоби). В 1834 году в Кёнигсберге он построил свой электродвигатель. А уже в 1839 году его

моторная лодка, приводимая в движение 69 гальваноэлементами, в присутствии самого императора Николая I развила мощность в 1 л.с. и с 14 пассажирами проплыла по Неве против течения. Это было первое использование электродвигателя на транспорте.

В 1880 году француз Густав Труве (Gustave Trouve), установив на лодке пропеллер, продемонстрировал реальные возможности передвижения на электродвигателе. А в 1882 году свидетели на Темзе смогли наблюдать за 7-метровой электролодкой австрийца Антони Рекенцауна (Anthony Reckenzaun). Лодка смогла развить скорость до 8 миль в час (т.е. почти 13 км/час). С тех пор электродвигатель в судоплавании прошёл значительный путь (Electric boat, 2017).

В настоящее время электродвигатели широко используются на флоте. Они применяются в сотнях модификаций моторных лодок, катеров, прогулочных судов, пассажирских кораблей, подводных лодок. Фактически современные атомные субмарины и ледоколы представляют собой электросуда. Только энергия для их двигателей вырабатывается здесь же – на борту судна. Довольно эффективные решения находятся при сочетании ДВС с электродвигателями. Применение гибридных схем позволяет повысить эффективность использования топлива на 30–35%.

Флот не стоит в стороне и от более радикальных достижений Третьей промышленной революции. В качестве примера можно привести несколько успешно реализованных проектов.

PlanetSolar Türanor. Немецкие инженеры построили самый большой в мире корабль, работающий на солнечных батареях, под названием PlanetSolar Türanor (рис. 6.32). Он представляет собой огромный катамаран длиной 31 м, шириной 15 м и высотой 6 м (Türanor, 2017).



Рисунок 6.32 – Катамаран PlanetSolar Türanor (Самое большое, 2017)

Корпус его состоит целиком из пластмасс, армированных углеродным волокном. Судно было построено фирмой Knierim Yachtbau GmbH в Киле. Его конструктор – новозеландец Крэг Лумес из фирмы Lomosean Design. Инициатором и спонсором проекта стоимостью 14 млн евро стал предприниматель Иммо Штрёер из Дармштеттера, которому принадлежит швейцарская инвестиционная компания Rivendell, а также берлинское предприятие по производству солнечных панелей, предоставившее солнечные коллекторы для корабля.

Площадь солнечных панелей составляет 527 кв.м, 825 модулей содержат около 38 000 солнечных батарей. Это обеспечивает мощность в 127 л.с., что позволяет развивать среднюю скорость до 7 узлов (примерно 13 км/час). Максимальная скорость может достигать 14 узлов.

Инновационными являются не только форма и конструкционные материалы, но и аккумуляторная система. В частности, были применены высокоэффективные литиево-ионные батареи. Шесть аккумуляторных блоков накапливают энергию в 1,1 МВт-час и весят целых 11 тонн. Но если бы здесь использовались обычные автомобильные батареи такой же ёмкости, они бы весили 77 тонн. Для крепления солнечных панелей также были использованы инновационные материалы (в частности клей). Судно сконструировано так, что оба поплавка, на которых лежит корпус корабля, при волнении на море разрезают («протыкают») волны, а не всходят на них, что обеспечивает устойчивость судна.

Солнечный катамаран был спущен на воду в Киле в марте 2010 года. И уже в сентябре он отправился в кругосветное плавание, которое успешно завершилось (рис. 6.33).

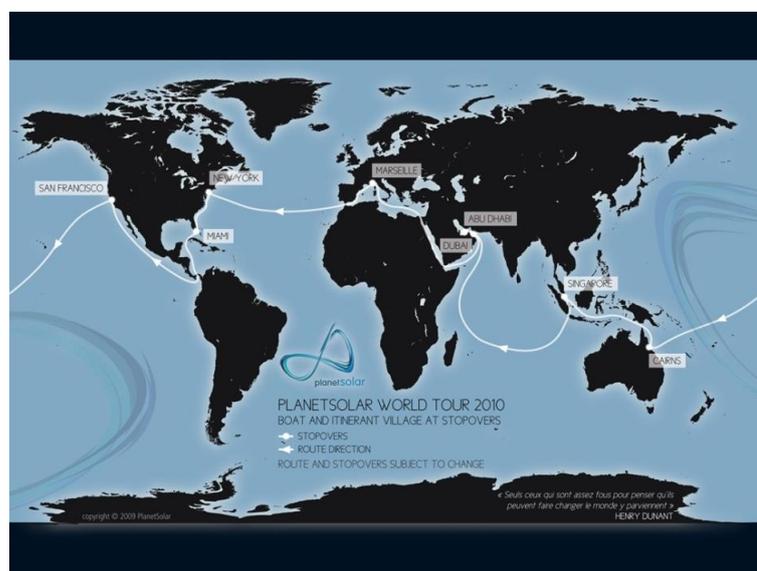


Рисунок 6.33 – Маршрут кругосветного плавания PlanetSolar Türanor (Самый большой, 2017)

Международный экипаж состоял из шести человек. За время плавания было установлено несколько рекордов, включая рекорд дальности пла-

вания и скорости пересечения Атлантики. Последний был побит им же в 2013 году и составил 22 дня 12 часов 32 минуты (Самое большое, 2017).

SolarWave. Электрокатамаран повышенной комфортности (рис. 6.34) стал совместной разработкой швейцарской компании SolarWave AG и турецкой Imesag, которая производит электродвигатель. Судно оснащено электродвигателями мощностью 260 кВт, комплектом аккумуляторов на 80 кВт-час и двумя площадками солнечных панелей общей мощностью 15 кВт.



Рисунок 6.34 – Электрокатамаран SolarWave (Красильникова, 2016 б).

Предельная скорость корабля составляет 15 узлов (28 км/час), а крейсерская – 5 узлов (9 км/час). При последней катамаран может двигаться неограниченно долго, так как начинает работать исключительно в режиме солнечных батарей. В резерве у обладателей корабля есть и дизельный двигатель, который может быть активизирован, например, при трансатлантическом путешествии.

По цене катамаран может сравниться с элитной яхтой; минимальная стоимость – 2,5 млн евро. На его борту – четыре каюты, каждая с собственной ванной. Первый электрокатамаран спущен на воду в 2016 году, второй – планировалось спустить в первой половине 2017 года. Всего принято заказов на 9 кораблей. Имеются три варианта изготовления судна: длиной 16, 19 и 22 м (Красильникова, 2016 б).

Energy Observe. Это судно (рис. 6.35) уникально тем, что, во-первых, оно полностью автономно (с точки зрения энергообеспечения), а, во-вторых, в нём представлены сразу несколько форм альтернативной энергии: солнце, ветер для электрогенератора, ветер для паруса и водород (как средство аккумуляции энергии и топливо). По аналогии с солнечным электролётом его уже назвали «Solar Impulse of the Sea».

«Energy Observer» создан во Франции. Над проектом в течение трёх лет работало 30 человек: конструкторы, инженеры, моряки. Работы велись на северо-западе Франции – в Сен-Мало, где корабль был спущен на воду в январе 2017 года (Energy Observer, 2017; «Зелёный», 2017).

На катамаране длиной 30 м и шириной 13 м установлены солнечные панели, ветрогенераторы и система топливных элементов на базе водорода. Для возможности передвижения в случае выхода из строя бортовых источников питания лодку оборудовали кайтом (воздушным змеем), который при необходимости будет выполнять роль паруса. Предполагаемая скорость – 8–10 узлов (т.е. 15–18 км/час). Планируется, что 130 кв.м солнечных батарей и 2 ветрогенератора будут питать 2 электрических мотора в солнечные часы. Ночью или при плохой погоде двигатели будут работать на водороде. Последний будет генерироваться из воды (реакция электролиза) за счёт избытка производимой энергии (Первый в мире, 2016).

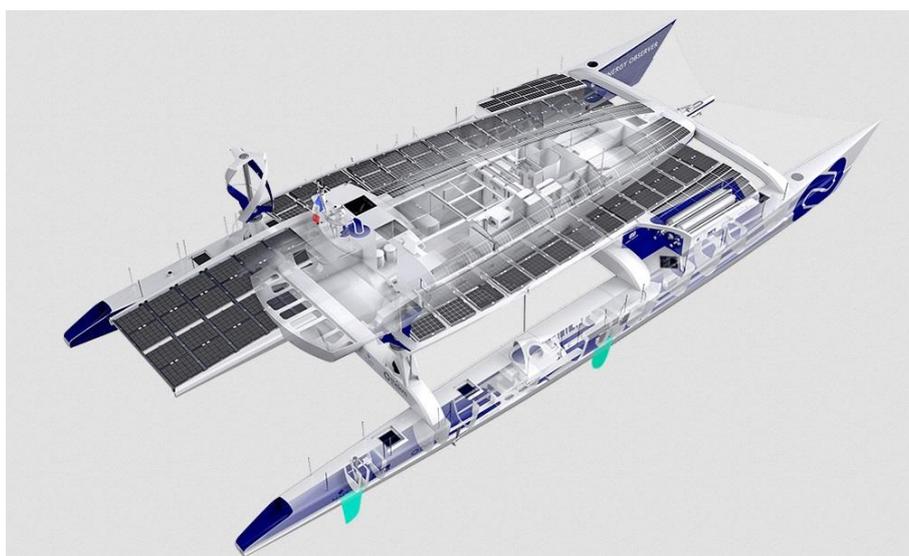


Рисунок 6.35 – Катамаран Energy Observer («Зелёный», 2017).

В 2017 г. успешно началось кругосветное путешествие корабля. Маршрут проложен через 50 стран (100 портов) и, как ожидается, может продлиться 6 лет. Планируется, что на борту катамарана будет 4 профессиональных моряка, а также инженер и оператор, которые будут распространять мультимедийный контент в сети. Как и «Solar Impulse», этот проект финансировался на частные деньги. Профессиональные моряки Фредерик Даирель (Frederic Dairel) и Викториен Эруссар (Victorien Erussard), а также аквалангист Жером Далафосс (Jerome Delafosse), потратили 5 млн евро. Кстати, последние двое отправились в кругосветное плавание в качестве руководителей экспедиции («Зелёный», 2017).

Над созданием собственной яхты на солнечной энергии работает британская фирма Duffy London. Проектируемое морское судно обещает развивать максимальную скорость до 45 узлов (т.е. свыше 83 км/час – невиданная скорость!), получая энергию от солнечных батарей. Яхту стоимостью 33 млн долл. планируют представить в 2020 году (Красильникова, 2016 б).

Как видим, сестейнизация судоплавания представляет широкий фронт научных исследований и прикладных работ, в котором практические эко-

номические результаты по повышению эффективности транспортных операций сегодняшнего дня соседствуют с технологическими прорывами, обеспечивающими революционные преобразования уже в недалёком будущем. Описанные инновационные проекты по созданию и практическому использованию судов с альтернативными источниками энергии следует рассматривать в качестве экспериментальных лабораторных площадок, где рождаются новые материалы, технологии, источники энергии и знания специалистов завтрашнего дня.

6.6. Водородизация транспорта

Перевод транспорта на водородные источники питания является ещё одним актуальным направлением экологизации транспорта.

На сегодня используется три основных направления применения водородного топлива на транспорте.

Первое – основано на применении *водорода в обычных двигателях* внутреннего сгорания с небольшой их доработкой. Последние могут работать на чистом водороде или на его смеси с обычным топливом. В обоих случаях повышается КПД двигателя (на 20–25%) и снижается содержание вредных веществ в выхлопах (окиси углерода и углеводов до 1,5 раза, а окислов азота до 5 раз).

Второе направление носит *гибридный* характер, так как предполагает сочетание электродвигателя и ДВС. Последний используется для зарядки аккумулятора, от которого работает электродвигатель, ДВС работает на водороде или смеси водорода с бензином. Это также позволяет существенно (иногда на 20–30%) поднять КПД всей системы двигателей и повысить степень экологичности транспортного средства.

Третье направление связано с использованием *чисто водородного двигателя*, работающего от так называемого топливного элемента. Последний представляет собой электрохимическое устройство, в котором молекулы водорода не горят, соединяясь с кислородом, а при помощи мембраны в присутствии катализатора разделяются на положительные и отрицательные заряды (протоны и электроны). Таким образом, в *водородных топливных элементах* происходит превращение химической энергии топлива (водорода) в электричество, минуя малоэффективные, идущие с большими потерями, процессы горения. В настоящее время удалось уже создать двигатель на топливных элементах, в которых КПД достигает 75%, т.е. вдвое выше, чем у обычных ДВС (Водневий, 2017; Водородный транспорт, 2017).

Из названных трёх направлений предпочтение всё больше отдаётся третьему.

Страницы истории

Водородизация транспорта – это в значительной степени его возвращение к своим истокам (хотя и на новой основе), так как первый двигатель внутреннего сгорания и первый автомобиль были водородными.

В 1807 г. французско-швейцарский изобретатель Франсуа Исаак де Риваз (François Isaac de Rivaz) построил первый поршневой двигатель, называемый часто «двигателем де Риваза». Двигатель работал на газообразном водороде, имея элементы конструкции, с тех пор используемые в ДВС: поршневую группу и искровое зажигание (правда, в нём не было кривошипно-шатунного механизма). Де Риваз же построил и первую самодвижущуюся тележку на своём двигателе) (Двигатель, 2017).

Первый пригодный для практического использования двухтактный газовый ДВС (12 л.с.) был создан в 1860 году французским механиком бельгийского происхождения Этьеном Ленуаром (Jean Joseph Etienne Lenoir). Двигатель также в значительной степени можно считать водородным, так как он работал на смеси воздуха и светильного газа (водород – 50%, метан 34%, окись углерода 8 %, другие горючие газы, получаемые при пиролизе угля или нефти). В конструкции уже появился кривошипно-шатунный механизм. Двигатель использовался главным образом на лодках.

Открытие в 1838 году водородно-кислородного топливного элемента (ТЭ) принадлежит английскому учёному У. Грове (William Grove). Исследуя разложение воды на водород и кислород, он обнаружил побочный эффект: электролизёр вырабатывал электрический ток. Впервые идея использования ТЭ в энергетике была сформулирована немецким учёным В. Освальдом (Wilhelm Oswald) в 1894 году. В 1930-е годы в Германии был создан лабораторный прототип ТЭ. А в 1950-е годы в Великобритании и США проводились исследования по созданию промышленных образцов ТЭ (Fuel cell, 2017). Топливные элементы нашли практическое применение на космических кораблях «Аполлон». Они были основными энергоустановками для питания бортовой аппаратуры и обеспечивали космонавтов водой и теплом. В настоящее время существует около десяти основных видов топливных элементов, которые различаются по электролиту и виду топлива, в том числе: *фосфорно-кислотные, мембранные, твердооксидные, твердополимерные, щелочные, твердокислотные* и другие ТЭ (Топливный элемент, 2017).

Вообще же использование водорода на транспорте теоретически может вести отсчёт от начала полётов «шарльёра» (фр. charliere) – аэростата, наполненного водородом (позднее – гелием или другими газами легче воздуха). Первый такой полёт на аэростате собственной конструкции совершил с экипажем французский профессор физик Жак Шарль (Jacques Alexarde Cesar Charles) на Марсовом поле в Париже в августе 1783 году. Позднее этот же принцип был применён при создании дирижаблей (Шарль, 2017).

В блокадном Ленинграде использовались оба упомянутых направления. Водородом наполнялись заградительные аэростаты и из-за дефицита бензина на водороде работало около 600 автомобилей. Они, кстати, за-

праваялялись водородом из отслуживших аэростатов (Водородный транспорт, 2017).

Несколько аварий дирижаблей надолго отбили желание иметь дело с водородом. Наиболее нашумевшей является катастрофа в 1939 году воздушного корабля «Гинденбург», в котором после завершения трансатлантического рейса в США при приземлении от образовавшейся искры вспыхнул водород. В пожаре погибло 35 из 97 находившихся на борту человек.

К 1970-м годам шок от водородных аварий стал постепенно забываться. К тому же стали появляться новые более безопасные технологии эксплуатации водородного транспорта. Наступивший нефтяной кризис стимулировал работы по использованию водорода на транспорте.

Первое современное водородное транспортное средство было создано в США в 1959 году на топливных элементах. Последние были установлены на трактор. В 1962 году – на автомобиль для гольфа (Водородный транспорт, 2017).

В 1972 году специалисты университета Майами (США) переделали обычный автомобиль под использование водородного топлива. В 1975 году в Риверсайде, штат Калифорния (США), начал ходить работающий на водороде городской автобус. Начиная с 1985 года несколько моделей водородных автомобилей стал выпускать «Мерседес». После этого много успешных водородных модификаций стали выпускаться автомобилепроизводителями США, Японии, Германии, Канады (Но безопасно, 2015).

В 1970–80-е годы исследования по водородизации транспорта проводились в Харьковском институте проблем машиностроения (ИПМ) НАН Украины. Были созданы экспериментальные образцы всего спектра автотранспортной техники, начиная с легковых автомобилей, микроавтобусов, городских маршрутных автобусов и заканчивая автопогрузочной техникой для работы в складах и трюмах. Институт разработал тогда системы хранения водорода и его использования в качестве топлива. Со середины 1980-х годов в Харькове стали курсировать первые в мире такси на водородном топливе. Эксперимент продолжался полтора года. В значительной степени результаты харьковских исследований можно считать научно-технологическим прорывом. К сожалению, из-за политических и экономических изменений в стране работы не вышли за рамки экспериментальных (Гаташ, 2005).

Из существующих проблем развития водородного транспорта наиболее серьёзные связаны с тремя сферами: *получения* водорода, его *хранения* и *формирования* достаточной обслуживающей *инфраструктуры*, прежде всего системы заправок.

Производство водорода. На сегодня используется несколько направлений получения водорода, и все они далеки от совершенства.

Наиболее масштабным (500 млрд куб. м мирового производства в год) является производство на основе *парового реформинга* природного газа.

Метан при высокой температуре (900°C) в присутствии никелевого катализатора реагирует с паром. В результате газовая смесь, содержащая водород, углекислый газ; пары воды и метан разделяется на водород и другие газы. В настоящее время подобным способом производится около половины всего водорода. Полученный водород используется главным образом в промышленности (производство удобрений, стали, стекла, маргарина, пр.). Пока такой водород является самым дешевым.

При *термохимическом* способе водород получают из биомассы, которую нагревают (от 500° до 1000°C) без доступа кислорода. В *биохимическом* процессе водород вырабатывают бактерии. Если применять различные ферменты для ускорения производства, процесс может проходить при температуре 30°C. Проводятся исследования по *получению водорода* из мусора путём его анаэробного сбраживания или пиролиза. В частности, по данным Лондонского водородного партнёрства, из лондонского мусора можно ежедневно производить 141 тонну водорода, что достаточно для работы более 13 000 автобусов с ДВС (Производство водорода, 2017).

Учёные калифорнийского университета в Беркли (США) исследуют процессы *получения водорода из водорослей*. Такие реакции идут при нехватке водорослям кислорода и серы.

Одним из наиболее перспективных направлений является получение водорода при *электролизе* воды (расщепление воды на водород и кислород). Существенной проблемой является низкая эффективность процесса. В частности, для производства 1 куб. м водорода необходимо затратить 4 кВт электроэнергии, в то время как при его сгорании можно получить лишь вдвое меньшее количество энергии (Водневий, 2017). Данный метод становится актуальным только при наличии дармовой энергии, т.е. такой, которая, во-первых, не требует для своего производства ископаемых энергоресурсов, а во-вторых, по ряду причин оказывается невостребованной в определённый период времени. Такая энергия может появиться только при наличии достаточного количества возобновимых энергоресурсов.

Безусловно, каждый из приведенных методов имеет много проблем. Общим у них является относительная дороговизна производимого водорода. Однако с каждым годом технологии совершенствуются. Результатом является удешевление водорода. Особенно следует выделить метод электролиза воды, который можно наладить везде, где есть дешёвый источник энергии (например, солнце или ветер), а также вода в жидком и даже газообразном состоянии.

Особое внимание уделяется методам, позволяющим получать водород в домашних условиях. Причем в этом направлении уже получены многообещающие результаты.

Заглядывая за горизонт используемых сегодня технологий, следует упомянуть о ряде исследований, которые могут принести ощутимые результаты в более отдалённом будущем.

Ученые университета Индианы на основе технологий генетической модификации работают над созданием на клеточном уровне своеобразного биологического «нано-реактора» по производству водорода. Он обещает оказаться на порядок более эффективным, чем существующие биохимические технологии. Если практические испытания подтвердят научные результаты, это будет означать существенный прорыв в экологизации технологии производства водорода, так как его можно будет получать при комнатной температуре в ходе простой реакции брожения. Метод должен существенно удешевить производство водорода (Барабаш, 2016).

Компания Voing запатентовала самолет, работающий на энергии термоядерных взрывов. Основной элемент устройства – лазеры, ударяющие по дейтерию и тритию – радиоактивным элементам водорода, попадающим в камеру сгорания. В результате будет проходить ядерная реакция синтеза, напоминающая небольшой термоядерный взрыв. Продукты реакций (водород или гелий) будут выходить через сопло двигателя, создавая тягу. Кроме того, будет в значительной степени выделяться тепловая энергия, приводящая в движение лазеры (Boeing, 2015).

Хранение водорода. Для хранения водорода используются три основных метода. Водород хранится: 1) как сжатый газ в ёмкостях высокого давления; 2) в жидком состоянии в теплоизолированных сосудах (для поддержания его низкой температуры) и 3) в гибридах – химических соединениях с некоторыми металлами и сплавами, которые адсорбируют в себе водород.

Последний метод является уникальным, в том смысле, что может использоваться только для водорода. Никакое иное топливо не может храниться подобным образом. Гидридообразующие металлы впитывают его, как губка воду. Иными словами, они могут очень компактно хранить водород (Но безопасно, 2015).

В 2016 году американский журнал Physical Review Letters сообщил об очень перспективных исследованиях харьковских учёных Н. Крайнюковой и Е. Зубарёва. Они работают над созданием углеродных «сот» из графена. Имея объёмную структуру (рис. 6.36), они способны служить эффективными «ёмкостями» для адсорбции (впитывания и хранения водорода. Это

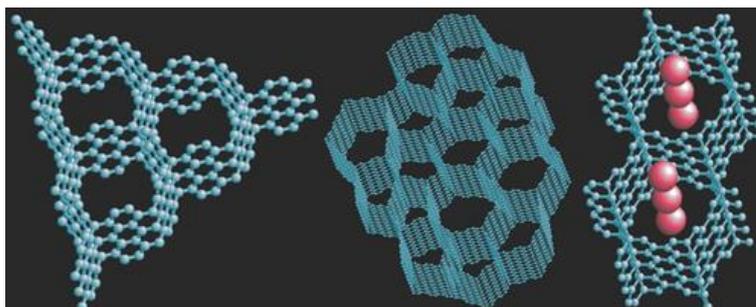


Рисунок 6.36 – Структуры графеновых сот (Maciel, 2016).

открывает путь для хранения водорода при нормальной температуре, что может привести к значительному удешевлению эксплуатации водородного транспорта (Maciel, 2016). Как известно, существующие способы хранения водорода (либо в газообразном состоянии при очень высоком давлении, либо в жидком – при очень низких температурах) сопряжены с затратами огромного количества энергии.

В научных исследованиях и практической деятельности отрабатывается инструментарий использования всех трёх перечисленных методов. При этом совершенствуются и приёмы безопасной работы с водородом. Хотя следует учитывать, что повышение уровня безопасности сопряжено с удорожанием применяемых технологий.

Опасность использования водорода как топлива связана с двумя факторами: высокой его летучестью (он может проникать через небольшие зазоры и поры) и лёгкостью воспламенения. Первое может усиливать второе, если существует опасность заполнения замкнутых пространств. При соблюдении мер безопасности первое может оказаться относительно выигранным моментом, если вспомнить, какой ущерб наносили разливы традиционных энергоносителей (в частности нефти). Водород всего лишь испаряется.

Создание инфраструктуры. Любые попытки перейти на водородное топливо неосуществимы без адекватной инфраструктуры, предполагающей в первую очередь сеть соответствующих заправок. Осознавая это, страны, развивающие водородный транспорт, создают у себя достаточное количество заправок.

В частности, Германия, имея на 2017 год около 60 заправок, собирается довести их количество до 100 к 2020 году; Япония, используя механизмы государственной поддержки, к 2017 году довела количество заправок до 100; Корея, имея сопоставимое с Японией количество заправок, планирует довести его до 160 к 2020 году; Великобритания, имея к 2017 году больше 20 заправок, намерена увеличить их количество до 65 к 2020 году. Свои программы развития водородной инфраструктуры имеют и другие европейские страны (Дания, Франция, Исландия).

Начиная с 2014 г. некоторые автопроизводители, стимулируя потребителей переходить на водородные автомобили, стали реализовывать трёхлетние программы бесплатных заправок водородных автомобилей. Ожидаемая стоимость водородного топлива примерно 10 долларов за 1 кг на рынке США (25 забавных фактов, 2014). Один кг водорода считается равным по энергетической ценности 3,8 л бензина (Водородный транспорт, 2017).

Автомобилестроение. На сегодня большинство ведущих автомобильных компаний производят и испытывают автомобили с силовыми

установками на водородных топливных элементах. Среди них следует выделить: Ford, Honda, Hyundai, Nissan, Toyota, Volkswagen, General Motors, Daimler. На производстве топливных элементов специализируются компании Thor industries и Irisbus.

Легковые авто. Первый в мире серийный легковой автомобиль на топливных элементах (Toyota Mirai) поступил в продажу в конце 2014 года. Правда, он является гибридным (Водородный транспорт, 2017).

Toyota Mirai. Кроме своей абсолютной экологической чистоты (при работе на водороде), автомобиль подтверждает анонсируемые высокие эксплуатационные характеристики. Пробег на одной заправке достигает 650 км. Период пополнения запаса водорода составляет всего 3 минут. Автомобиль продается в Японии, Германии, Дании, Бельгии, Нидерландах, Норвегии, Швеции (Toyota Mirai, 2017).

Ещё одним заметным явлением стал выпуск водородного внедорожника Colorado ZHX. В 2016 году компания Chevrolet представила новый *военный* внедорожник с водородными топливными элементами Colorado ZHX. Он передвигается при помощи электромоторов, питающихся от водородных топливных элементов. Кроме того, он может служить электрогенератором, выдавая мощность от 25 до 50 кВт. Продуктом его работы является вода, которую можно будет использовать. Это немаловажно при проведении военных операций в засушливых районах, например, пустынях. Преимуществами автомобиля является также его бесшумность и низкая «заметность» в тепловом спектре. Он обладает значительной дальностью пробега по сравнению с чистыми электромобилями (Chevrolet, 2016).

Водородный автобус. Городской автобус одним из первых стал массово осваивать водородное топливо. И на то, видимо, существуют веские причины. Первая из них – экологическая. Автобус, как правило, перемещается по густонаселённым территориям, где ущерб от загрязнения воздуха (в частности здоровью населения) особенно ощутим. Экологическая чистота водородного топлива и экономия на ущербе в значительной степени компенсируют весьма недешевые показатели эксплуатации водородных автобусов. Второй причиной является экономическая состоятельность муниципалитетов многих городов, которые могут позволить себе дополнительные расходы в пользу экологической чистоты воздуха на своих территориях.

Страницы истории

Первым городом, на улицы которого вышел водородный автобус, был Мадрид (май, 2003 г.). Вскоре его примеру последовали Гамбург (Германия), Перт (Австралия) и Рейкьявик (Исландия). В 2006 году 14 автобусов появились на улицах Берлина (в 2016 году их число возросло до 40). Свои

водородные автобусы начал использовать и Лондон (Лондон, 2010; Водородный транспорт, 2017).

В 2017 году компания Тойота начала продажу водородных автобусов (Toyota FC BUS) на топливных элементах. К началу Олимпийских игр в Токио в 2020 году планируется выпустить до 100 таких автобусов.

Автобус вмещает 10 топливных баков, в которых хранится до 600 л водорода. Автобус рассчитан на перевозку 77 пассажиров (26 сидячих и 50 стоячих). В движение он приводится двумя установками по 113 кВт каждая. Такая производительность позволяет автобусам выполнять функцию вспомогательного генератора электроэнергии на случай стихийных бедствий (Водородные автобусы, 2016).

Китайская компания Zhongzhi New Energy Vehicle разработала водородный автобус на топливных элементах, вмещающий 106 пассажиров. На его подзарядку уходит всего от 5 до 10 минут. Запас хода достигает 380 км. Машина обладает очень низким уровнем внутреннего шума. Автобус оснащен электронными системами активной безопасности, которые помогают обеспечивать слежение: во-первых, за идущим впереди транспортом, во-вторых, за пешеходами в мертвых зонах, в-третьих, за движением по заданной полосе (Гоголев, 2017).

Водородный грузовик. В конце 2016 года американская компания Nikola Motor презентовала первый прототип водородного грузовика Nikola One (рис. 6.37). Он представляет собой фуру грузоподъемностью свыше 15 тонн, приводимую в движение электроприводом с батареей ёмкостью 320 кВт·час. Энергией обеспечивает в роли своеобразного усилителя блок водородных топливных элементов (ВТЭ). Первоначально планировалось,



Рисунок 6.37 – Водородный грузовик Nikola One (Nikola One, 2016).

что топливом для усилителя будет природный газ. Но в таком сочетании не обеспечивалась 100% экологическая чистота. Грузовик имеет запас хода почти 2000 км.

Компания планирует сама производить водород при помощи солнечных электростанций (СЭС) и электролиза воды, создав для этого к 2020 году 50 СЭС. Она же собирается создать сеть водородных заправок (более чем 300 станций) в Северной Америке (рис. 6.38). Начало эксплуатации первых станций ожидается во второй половине 2019 года. Время заправки не должно превышать 15–20 мин.

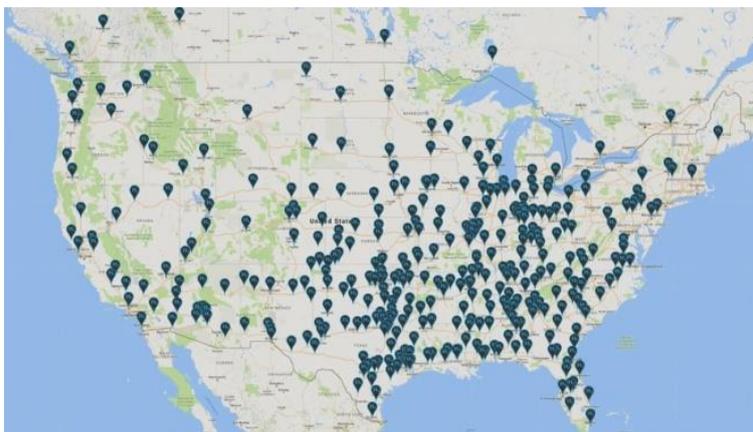


Рисунок 6.38 – Планируемая сеть водородных заправок компании Nikola Motors (Nikola One, 2016).

По-своему уникальны условия, которые устанавливает производитель для потребителей своей продукции. Ни грузовики, ни топливо для них продаваться не будут. За абонентную плату (от 5 до 7 тысяч долларов в месяц) производитель передаёт потребителю грузовик с полным его обслуживанием (включая бесплатную заправку водородом). После 7 лет эксплуатации или пробега в 1 млн миль (1,6 млн км) водитель сможет продлить аренду уже с новой машиной.

В качестве эксклюзивного поставщика и сервисного центра в северной Америке объявлена компания Ryder System, владеющая сетью из 800 пунктов техобслуживания. Предполагается также создание сервиса для перевозки грузов, в том числе независимыми водителями, которые смогут брать электрические тягачи (выпускаемые той же компанией) в лизинг.

Начало серийной эксплуатации водородного грузовика намечено на 2020 год. К тому времени предполагается совместно с производителем большегрузов Fitzgerald изготовить первые 5000 машин (Nikola One, 2016).

Водородный поезд. В 2016 году французская транспортная компания представила на пока самой длинной в мире дистанции поезд с водородными двигателями. Его планируется запустить в регулярные поездки с

конца 2018 года. Одной заправки водородом хватает на 800 км пути. Максимальная скорость поезда составляет 140 км/час.

Поезд будет курсировать по дорогам в Нижней Саксонии. При удаче эксперимента подобные поезда запустят и в других районах Германии. Заинтересованность в подобных поездах проявили также в Нидерландах, Дании, Норвегии (В Германии, 2016).

Водородные локомотивы функционируют в США с 2009 года. Япония запустила поезд на водородных топливных элементах в 2010 году. Дальность его пробега на одной заправке составляет 300–400 км. Поезд способен развивать скорость до 120 км/час (Водородный транспорт, 2017).

Водородный трактор. Первый водородный трактор NH2 создан специалистами итальянской компании FIAT (CRE) на основе серийной модели New Holland T 6.140 (рис. 6.39).



Рисунок 6.39 – Водородный трактор NH2 (Первый в мире, 2016).

Трактор может использоваться во всех видах полевых работ: подготовке почвы, посеве, сборе урожая и его транспортировке. Он оснащен тремя блоками топливных элементов мощностью 100 кВт (что сопоставимо с дизельным двигателем в 120 л.с.). Они питают токком два электродвигателя. Один – используется для движения, второй – для привода сельхозоборудования. Максимальная скорость – 50 км/час. Топливо хранится в газообразном виде под давлением 350 атмосфер. Бак вмещает 8,2 килограмма водорода. Этого достаточно для 3 часов работы в поле. Сегодня трактор проходит полевые испытания (Richard, 2011; Первый в мире, 2016).

Водородный самолет. Популярный европейский перевозчик EasyJet проводит испытание нового гибридного самолета, объединившего в себе

все три вида энергообеспечения: обычные двигатели, водородные топливные элементы и солнечные панели с электроаккумуляторами.

Водородные элементы будут накапливать энергию во время торможения или приземления. Она будет использоваться во время движения самолета по земле или когда его двигатели будут выключены. За счет этого будет экономиться около 4% топлива. Кроме того, фюзеляж оборудуют солнечными панелями, которые будут служить дополнительным источником для зарядки аккумуляторов. Предполагается, что гибридный самолет сможет экономить до 50 тысяч тонн топлива в год (Smith, 2016).

Самолёт с твердотопливными гранулами. В Шотландии состоялся полет самолета (беспилотника), использующего в качестве топлива водород, «упакованный» в твердые гранулы.

Сами гранулы состоят из химического соединения, которое способно адсорбировать, а при нагревании выделять водород. Топливный контейнер содержит 100 твердых гранул и легче в три раза, чем сопоставимые с ним по энергетической способности литиевые батареи. Испытательный полет длился всего 10 мин, хотя топлива хватило бы на два часа полёта. Новые топливные гранулы разработаны британской фирмой Cella. Они могут найти широкое применение в гражданской авиации (First flight, 2016).

Водный транспорт. За счёт относительно меньших ограничений в своих габаритах водный транспорт имеет больше возможностей для развития возобновимых источников энергии, включая водородное топливо (о чём уже говорилось в разделе 6.5). В частности, на судах могут быть размещены ветровые генераторы и солнечные панели. Получаемая энергия может быть использована для производства здесь же водородного топлива (благо, неограниченный источник ресурсов – вода – находится «под рукой»). Такие возможности используются судостроителями уже многих стран (рис. 6.40).



Рисунок 6.40 – Немецкий танкер Hydrogen Challenger (водород производится на борту за счёт энергии ветра) (Водородный транспорт, 2017)

Для внедрения водородных топливных элементов в морской транспорт в Европе в 2003 году был создан консорциум FellowSHIP (Fuel Cells for Low Emissions Ships). В консорциум FellowSHIP входят компании Det Norske Veritas (DNV), Eidesvik Offshore, MTU CFC Solutions, Vik-Sandvik и Wärtsilä Automation Norway.

В Германии и Испании производятся подводные лодки на топливных элементах. Их применение позволяет сократить уровень шума и увеличить время нахождения под водой. Исландия планирует перевести на водород все рыболовецкие суда (Водородный транспорт, 2017).

Электроэнергия или водород? Представленный материал позволяет сделать вывод, что в настоящее время на транспорте происходит своеобразное соревнование двух альтернативных видов энергии: электричества и водородного топлива. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

В частности, водородное направление пока проигрывает электрическому (а в ряде случаев и традиционному топливному) в стоимостном отношении. Увы, производство водорода, его хранение и обеспечение надежных условий безопасности являются весьма энергоёмкими, а поэтому слишком дорогими процессами. Стремительный научно-технический процесс, между тем, создаёт реальные предпосылки для фундаментальных и прикладных прорывов, позволяющих значительно удешевить процессы использования водорода. Существенное удешевление возобновимой энергии и создание неэнергоёмких безопасных процессов хранения водорода (например, при комнатной температуре) раскрывают значительные перспективы для водородных технологий. Возобновимая энергетика не может работать без значительных перепадов производства энергии, когда периоды её перепроизводства сменяются обострением энергетического голода. Первое происходит при благоприятных природных условиях (сильный ветер, солнечная погода) и снижении энергопотребления (праздники, спад экономической активности и пр.). Второе наступает при неблагоприятных условиях и усилении энергопотребления.

В такой ситуации могут раскрыться преимущества водородного топлива, которое может выступить в роли удобного аккумулятора. Избыток возобновимой энергии с нулевыми переменными издержками (не нужно тратить топливо на её производство) может быть использован на дешёвое производство водорода (например, путём электролиза воды). Если к тому времени появятся неэнергоёмкие, дешёвые средства хранения водорода, потенциал его как топлива может быть максимально использован, в том числе и на транспорте.

Узким местом электроприводного транспорта является аккумулялирование энергии. Значительный вес аккумуляторов, недостаточная ёмкость и весьма продолжительный период зарядки создают существенные про-

блемы при эксплуатации электрического транспорта. Как мы увидели, идёт напряжённая работа учёных и инженеров, обещающая значительное повышение эффективности аккумуляторного инструментария.

Электрические приводы, впрочем, имеют неоспоримое преимущество, которое по мере развития беспилотных систем будет лишь усиливаться. Речь идёт об универсальности электрического тока, способов его передачи и зарядки. В частности, подключение и зарядка транспортного средства могут осуществляться без непосредственного участия человека – в автоматическом режиме. В этой связи новые возможности раскрываются по мере развития безконтактных систем зарядки транспортных средств.

И всё же водородное топливо, по всей вероятности, имеет перспективную траекторию своего развития в качестве аккумулятора в транспортных средствах. Тем более, что для этого имеются существенные предпосылки. Ведь в водородных автомобилях также используются электродвигатели. Они и являются связующим звеном между электрическими и водородными видами транспорта.

6.7. Другие альтернативные источники энергии на транспорте

Одним из распространённых видов альтернативных источников энергии на транспорте, который условно считают «зелёным», т.е. экологичным, является *биотопливо*. При внимательном изучении, однако, можно констатировать, что к биотопливу можно предъявить достаточно серьёзные претензии в части его экологического совершенства.

Биоэтанол и биодизель. К основным видам биотоплива, которые используются на транспорте, обычно относят *биоэтанол* и *биодизель*. В настоящее время этанол составляет около 74% рынка транспортного биотоплива, биодизель – 23% (преимущественно в форме метиловых эфиров жирных кислот).

Основным недостатком данных видов топлива является то, что их производят из пищевого сырья. Этанол (иными словами, этиловый спирт) получают из сахарного тростника (61%), зерна (39%), а также из других сельскохозяйственных культур (картофеля, свеклы и пр.). Основными видами сырья для производства биодизеля является соя, рапс, кукуруза и пр. Все попытки наладить дешёвое производство биотоплива из ресурсов, не конкурирующих с продуктами питания (например, отходов, целлюлозы), пока не привели к статистически значимым рыночным результатам. Всё дело в том, что производство спирта не из пищевого сырья обходится существенно дороже. Более трети зерна в США, более половины рапса в Европе и почти половина сахарного тростника в Бразилии идут на производство биотоплива. Лидерами производства и использования биотоплива являются США

и Бразилия. В частности, на долю этих стран приходится около 90% мирового производства этанола. Из-за производства биотоплива значительный ущерб наносится экосистемам в странах Африки и Азии (Мозамбик, Индонезия, Малайзия, Борнео, Суматра и др.), где для создания пальмовых плантаций вырубается значительная часть тропических лесов. По расчётам экономистов из университета Миннесоты, из-за изъятия почв для выращивания сырья под биотопливо число голодающих на планете к 2025 году может возрасти до 1,2 млрд чел. (Биотопливо, 2017).

Таким образом, биотопливо являясь значительно более экологической альтернативой традиционным видам топлива на стадиях эксплуатации транспорта, выступает в качестве существенного экодеструктивного фактора на стадиях производства самого биотоплива.

В настоящее время складывается парадоксальная ситуация, когда в одних странах (более 30 стран) из экологических соображений лимитируется минимальное содержание биотоплива в реализуемых видах топлив (обычно от 5 до 10%), а в других – из тех же экологических соображений – максимальная. В частности, с 2016 года в Директиву ЕС внесены поправки, ограничивающие долю биотоплива из пищевого сырья семью процентами (Renewables, 2017).

Сказанное позволяет сделать выводы, что использование биотоплива на транспорте носит ограниченный характер и не выходит за рамки вспомогательного источника энергии, сопутствующего традиционному топливу. Перспективы его использования будут постепенно затухать по мере того, как последнее будет вытесняться электрическим и водородным видами энергии. Однако в настоящее время биотопливо пока является средством снижения экологических проблем эксплуатации транспорта, что, вероятно, ещё останется актуальным на ближайшее десятилетие. После этого использование биотоплива (особенно получаемого из отходов) перейдёт в сферу его конвертации в электрическую или водородную энергию.

Биогаз. Ещё одним видом биотоплива является биогаз, получаемый на биогазовых установках в сельском хозяйстве и коммунхозе (при газификации полигонов отходов). Однако его использование ограничено локальными масштабами по ряду причин. Во-первых, из-за относительно небольших объемов производства биогаза; во-вторых, из-за отсутствия развитой инфраструктуры (в частности, системы заправок); в-третьих, вследствие отсутствия экономической мотивации (в частности, при наличии «зелёных» тарифов биогаз выгоднее конвертировать в электроэнергию и использовать автомобили с электроприводом).

Похожая ситуация сложилась и с использованием такого условно альтернативного вида топлива, как попутный газ (метан) при добыче угля или нефти. Его часто также рассматривают в качестве «зелёного» топлива, так

как утилизация данного ресурса, снижает выбросы в атмосферу (по сравнению с бензином) и способствует повышению безопасности горнодобывающих работ. Примеры использования биогаза и шахтного метана в качестве транспортного топлива существуют в экономике отдельных стран (в том числе Украины), однако претендовать на масштабное явление они не могут.

Энергия сжатого воздуха. Мы умышленно сузили сферу рассматриваемого вида транспорта, используя вместо термина «пневмотранспорт» сочетание, вынесенное в подзаголовок. Таким образом, упомянутый термин зарезервирован для вопроса, который будет рассматриваться ниже. Здесь же конкретно речь пойдёт лишь о транспортных средствах на *сжатом воздухе*.

В данном виде транспортных средств передача энергии поршням осуществляется от сжатого воздуха. Последний запасается в специальных баллонах.

Страницы истории

В 1861 году на Александровском заводе в Санкт-Петербурге С.И. Барановским был построен локомотив на пневматическом приводе, который получил название «духоход Барановского». Локомотив использовался на Николаевской железной дороге до 1862 года. (Транспортные средства, 2017). С 1880-х годов и вплоть до 2 августа 1914 года в Париже функционировал трамвай на сжатом воздухе. При этом последний запитывался от центральной общегородской пневматической распределительной сети (Парижский трамвай, 2017).

В 1903 году компания «Сжиженный воздух» (Liquid Air Company), расположенная в Лондоне, производила автомобили на сжатом и сжиженном воздухе. Главными проблемами в этих автомобилях являлся недостаточный вращательный момент пневмодвигателя и высокая стоимость сжатого воздуха. В 1997 году по заказу мексиканского правительства люксембургская компания Motor Development International (MDI) разработала прототип пневмоавтомобиля для последующей замены парка такси в Мехико (одного из самых загрязнённых городов мира) (Транспортные средства, 2017).

Как часто бывает в жизни, новым может оказаться «хорошо забытое старое». Индийской компании Tata Motors в сотрудничестве с уже упомянутой компанией MDI, удалось наладить первый в мире серийный выпуск автомобиля с двигателем на сжатом воздухе Tata One CAT (рис.6.41). Автомобиль способен проехать на одном запасе сжатого воздуха до 90 км, развивая при этом скорость до 100 км/час. При ограничении скорости до 80 км/час пробег может быть увеличен до 130 км. Предполагаемая цена пневмоавтомобиля – всего 5100–7800 долларов (Tata, 2017; Автомобиль, 2016).



Рисунок 6.41 – Автомобиль на сжатом воздухе Tata One CAT (Tata, 2017)

Для заполнения каждого из расположенных под днищем автомобиля четырех углеродопластиковых баллонов длиной в 2 и диаметром в 0,25 м необходимо 400 л сжатого под давлением в 300 бар воздуха. При заправке на специализированной компрессорной станции это потребует 3–4 мин. «Подкачка» при помощи вмонтированного в машину мини-компрессора займёт 3–4 часа.

Автомобиль полностью экологичен и практически безопасен. В нём ничего не может взорваться. При повреждении баллона он лишь трескается, выпуская воздух. В отличие от электромобилей здесь не возникает проблем с утилизацией отслуживших аккумуляторов. А в отличие от водородных автомобилей, не нужно решать сложных проблем получения и хранения водорода.

Сегодня «воздушное» топливо, благодаря относительному удешевлению электроэнергии, становится сравнительно недорогим. Если перевести его по стоимости в бензиновый эквивалент, то получается, что такая машина расходует около литра на 100 км пути.

Двигатель пневмоавтомобиля значительно проще, чем у бензинового, так как в нём нет трансмиссии. Он требует минимальных затрат на профилактику (техосмотр один раз на 100 тыс. км пути). Масла необходимо лишь 1 л на 50 тыс. км пробега, тогда как у обычных автомобилей уходит до 30 л.

Суммарный КПД в полном цикле предприятия по производству энергоресурсов (нефтедобыча – «нефтеперегонный завод») – автомобиль у пневмоавтомобиля выше, чем у электрического и водородного. Сжатый воздух можно накапливать про запас в периоды избытка энергии. Безусловно, он не лишён недостатков. Его мощность (а с ней и скорость) падает по мере снижения давления в баллонах. Существуют технические проблемы (особенно в холодные периоды времени) охлаждения до обмерзания деталей двигателя при расширении воздуха. Впрочем, при жаркой погоде это явление может быть использовано для охлаждения салона.

Для подстраховки некоторые модели пневмоавтомобиля (CityCat) комплектуют двигателем внутреннего сгорания. Это увеличивает диапазон поездки до 800 км при затратах топлива 1,5 л на 100 км пути (Tata, 2017; Compressed, 2017).

Рассмотренный материал наглядно демонстрирует, что сегодня транспорт переживает эпоху качественных преобразований, которые могут быть названы *сестейнизацией* транспорта. Происходящие изменения, безусловно, касаются прежде всего экологического совершенствования транспорта. Именно на это направлены его электрификация и водородизация, а также использование других альтернативных источников энергии. В значительной степени решению экологических проблем способствует и существенное повышение эффективности транспортных операций, снижающее за счёт системной дематериализации общую экологическую нагрузку на природу.

Однако экологизация – не единственный вектор сестейнизации транспорта. Ведь сестейновое развитие призвано создавать предпосылки для социального развития человека. Одной из задач в этой связи является увеличение скорости осуществления транспортных операций. Это коренным образом изменяет пространство деятельности человека и социализирует стиль его жизни. Важной задачей также является гуманизация условий реализации транспортных операций. Это позволяет более интенсивно использовать время, в течение которого человек находится в пути, совмещать его с активной деятельностью или полноценным отдыхом.

Глава 7

НОВЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

7.1. Наземный скоростной транспорт

В качестве новых видов транспорта здесь представлены те виды транспортных средств, которые находятся только на начальных этапах освоения обществом (стадии проектирования, испытаний, доводки пилотных образцов, освоения начальных серий). Массовое их внедрение в общественную жизнь обещает качественную трансформацию характера транспортных коммуникаций, что может стать одновременно и причиной, и следствием изменения стиля жизни людей.

Из видов транспорта, которые могут быть отнесены к новым, особенно выделяются две группы. Первая может занять нишу межконтинентальных и трансконтинентальных коммуникаций, вторая – локального транспорта, обеспечивающего индивидуальное перемещение людей в районах их непосредственного проживания, работы или отдыха. Среди транспортных средств первой группы прежде всего следует назвать поезда на основе принципа «маглева», *гиперлуп* и *суборбитальные перелёты*.

Маглев. Данный вид транспорта на самом деле означает *поезд на магнитной подушке*. Ещё два его используемых названия – *магнитоплан* и *маглев*. Последнее – от английских слов *magnetic levitation*, т.е. магнитная левитация.

Этот поезд удерживается над полотном дороги, приводится в движение, управляется и тормозится электромагнитным полем (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Шанхайский маглев (Марке, 2013)

Так как между поездом и поверхностью полотна существует зазор, трение между ними исключается, и единственной тормозящей силой является аэродинамическое сопротивление. Относится к монорельсовому транспорту. Скорость, достигаемая поездом на магнитной подушке, срав-

нима со скоростью самолёта и позволяет составить конкуренцию воздушному транспорту на ближне- и среднемагистральных направлениях (до 1000 км). Поезд приводится в движение так называемым линейным двигателем, в котором создается электродвижущая сила, благодаря возникновению магнитного поля между статором и якорем. При этом отсутствуют вращающиеся элементы двигателя, в частности ротор (Линейный, 2017; Shah, 2014).

Достоинствами маглева являются:

- самая высокая скорость из ныне существующих видов наземного транспорта (до 600 км/час);
- относительно низкие (по сравнению с автомобилями и самолётами) удельные эксплуатационные затраты, в том числе благодаря значительному уменьшению трения;
- высокий уровень экологичности (процесс передвижения не требует сжигания топлива, воздействие магнитного поля минимально, низкий уровень шума);
- относительно высокий уровень безопасности (в транспорте отсутствуют взрывоопасные элементы и, как показала практика, высокий уровень защиты от разрушения); даже при отключении электроэнергии от магистральной сети поезд сможет плавно «приземлиться» на основание благодаря аккумуляторным батареям, которые способны заряжаться во время движения поезда;
- достигнута автоматичность (беспилотность) управления;
- позволяет использовать сложившуюся инфраструктуру ж/д транспорта (в частности вокзалы);
- имеет большие перспективы многократного повышения скорости при условии помещения состава в вакуумный тоннель для преодоления аэродинамического сопротивления (один из вариантов получившего известность гиперлупа предполагает именно подобную технологию).

К недостаткам маглева обычно относят высокие капитальные затраты на создание специальной колеи (сопоставимы с прокладкой метро закрытым способом) и уникальность пути маглева (он не пригоден для использования другими видами транспорта).

Страницы истории

С начала XX века в битве за маглев поочерёдно лидировали немецкие и британские инженеры. Ещё в 1902 году патент на линейный двигатель получил немецкий изобретатель Альфред Цеден (Alfred Zehden). Через четыре года британец Франклин Скотт Смит (Franklin Scott Smith) предположил свой собственный вариант двигателя. В 1937–1941 годах немецкий инженер Герман Кемпер (Hermann Kemper) оформил несколько патентов в данной области. В конце 1940 г. британский инженер Эрик Лейзвейт (Eric Laithwaite), профессор из Лондона, создал первый работающий линейный

двигатель. В 1960-е годы в Британии разрабатывался проект поезда Tracked Hovercraft, но в 1973 году он был свёрнут из-за недостаточного финансирования.

Первый в истории поезд на магнитной подвеске Transrapid 05 начал курсировать в Гамбурге на Exro-79. Длина пути составляла 908 м, а максимальная скорость – 75 км/час. С 1984 по 1995 год в Бирмингеме маглев совершал регулярные рейсы между аэропортом и железнодорожной станцией (600 м). В 1995 году железнодорожную ветку протянули до аэропорта и линию маглева демонтировали.

В 1989–1991 гг. в Западном Берлине функционировал маглев на тупиковой линии метро. После разрушения Берлинской стены линия магнитного поезда была также демонтирована для восстановления сквозного сообщения метро между двумя частями города (Поезд, 2016; Maglev, 2017).

Первый испытательный трек маглева длиной 31,5 км был построен немецкой компанией Transrapid в 1984 г. Дорога проложена между Дёрпеном и Латеном, имеет одну колею с оборотными петлями на каждом конце. Поезда беспилотные, весь контроль за движением осуществляется из диспетчерского пункта. Максимальная скорость движения, которую удавалось развить на прямом участке дороги во время испытаний, – 501 км/ч. На этой трассе в течение почти двадцати лет проводились демонстрационные поездки пассажиров. В 2006 году на трассе случилась серьёзная авария. На скорости около 170 км/час поезд врезался в вагон ремонтной службы, из-за ошибки диспетчера оказавшийся на трассе. В результате инцидента 21 человек погиб и 10 получили серьёзные ранения. После этого трассу законсервировали. Как это ни парадоксально, авария продемонстрировала относительную безопасность данного вида транспорта. Даже после сильного механического удара состав не сошёл с направляющей (что обычно случается с обычными поездами). В нём также ничего не взорвалось и не загорелось (Скрипин, 2014).

Первая коммерческая линия маглева была открыта в Шанхае в 2002 году. Двухколейная трасса длиной в 30 км связала аэропорт с городом. Скорость поезда достигает 430 км/час, время в пути – 10 мин, цена билета 40 юаней (примерно 6 долларов США). В Китае также проектируется трасса маглева, связывающая города Пекин и Шанхай (свыше 1200 км). Строительство этого пути обойдётся в 22 млрд долларов США, т.е. 18 млн за каждый км дороги (Суперсооружения, 2016).

В 2003 году испытания линии маглева начались в Японии. В 2005 году в Нагое к открытию Exro 2005 была введена в коммерческую эксплуатацию нескоростная (до 100 км/час) трасса маглева в 9 километров, включающая 9 станций. А в 2015 г. на экспериментальном участке в 43 км состав с вагонами развил скорость в 603 км/час. В 2027 году планируется открыть регулярное сообщение маглева между Токио и Нагоя со средней скоростью 500 км/час. Дистанцию в 260 км поезд будет преодолевать за немногим более получаса (Japan's maglev, 2015).

В 2016 году начата эксплуатация нескоростной линии маглева (до 110 км/час) в Южной Корее.

Сегодня раскрываются новые перспективы маглева. Если верить сообщениям СМИ, в 2016 году были установлены новые рекорды поездами маглев. В Японии поезд развил скорость 825 км/час, а в США – 1018 км/час (Поезд, 2016). Как видим, на расстоянии до 1000 км маглев с успехом может заменить авиационный транспорт.

В настоящее время начато строительство новых линий маглева в Израиле, Китае, США, Японии. Планируются проектные работы в Австралии, Великобритании, Германии, Гонг Конге, Италии, Индии, Иране, Китае, Малайзии, Тайване, Швейцарии, США, Японии (Maglev, 2017).

По всей вероятности, перспективы данного вида транспорта могут в полной мере раскрыться при его высокоскоростном использовании на длинных дистанциях (500 км и более). Именно при таких условиях маглев может максимально достигать своих конкурентных преимуществ по сравнению с авиацией.

Hyperloop. Среди различных образцов новых видов транспорта, безусловно, наибольшее внимание к себе привлекает проект создания нового вида пневмотранспорта под названием *гиперлуп* (английская транскрипция – «хайперлуп»). По своему содержанию этот вид транспорта фактически является масштабированием (однако на новом качественном уровне) известного варианта пневмопочты, когда грузы доставляются по трубам за счёт создания там разницы в атмосферном давлении. Впрочем, в гиперлупе давление воздуха (близкое к вакууму) играет роль не движущей силы, а среды передвижения. Хотя идея, казалось бы, не нова, и этот проект ещё не реализован, он уже успел приобрести колоссальную популярность. Причина в том, что он может качественно изменить саму концепцию и базовые характеристики перемещения в пространстве людей и грузов. Главный инициатор проекта Илон Маск назвал Hyperloop новым – пятым – видом транспорта после поезда, самолёта, автомобиля и корабля.

Hyperloop (с англ. – «гиперпетля») – проект вакуумного поезда. Петля – потому что капсулы, которым в условно вакуумной трубе предстоит перемещать людей и грузы, будут «снывать» по гигантской петле, длиной в сотни километров.

Как гласит Википедия, проект «Hyperloop» был предложен в 2012–2013 годах американским венчурным капиталистом Илоном Маском (Elon Musk). Наибольшую активность в воплощении проекта в жизнь проявляют компании SpaceX, Hyperloop One и НТТ (Hyperloop Transportation Technologies). Во всех трёх – значительную роль в качестве ведущего акционера и идеолога играет именно И. Маск (Hyperloop Transportation, 2017).

Страницы истории

Идея Hyperloop возникла как отрицательная реакция на правительственный проект высокоскоростной железной дороги, которая к 2029 году должна была соединить Лос-Анжелес и Сан-Франциско. Предполагалось, что эту дистанцию (561 км) поезда будут преодолевать со скоростью 322 км/час. При этом стоимость проекта в опубликованном в 2012 году бизнес-плане оценивалась в 68 млрд долларов. По этому поводу И. Маск заявил, что калифорнийская дорога станет самой дорогой в пересчете на милю среди скоростных железных дорог. Как известно, он и раньше остро реагировал на большие суммы правительственных расходов. В частности, в своё время он пообещал добиться сокращения в 10 раз расходов на запуск космических ракет. Он сдержал свое обещание, реализовав возвращение на землю в рабочем состоянии использованных первых ступеней запущенных ракет.

В 2012 году предприниматель пообещал, что новое транспортное средство, которое он назвал Hyperloop, будет в 2 раза быстрее самолёта и в 3–4 раза быстрее запланированного скоростного поезда. Время же в пути от Лос-Анжелеса до Сан-Франциско займет всего 30 минут.

Позже Маск сделал ещё ряд громких заявлений: проект окажется в 10 раз дешевле по сравнению с планируемым скоростным поездом; транспорт не будет подвержен авариям; дорога должна работать от солнечной энергии; пассажирам не придётся подстраиваться к расписанию, так как транспортные капсулы будут двигаться с короткими интервалами в несколько минут (как в метро); все спецификации окажутся в свободном доступе. В августе 2013 года была опубликована «альфа-версия» проекта на 58 страницах (Апбин, 2015; Dodson, 2013).

Согласно первоначальной концепции, Hyperloop должен представлять собой расположенный на опорах надземный трубопровод, внутри которого со скоростью от 480 до 1200 км/час (в зависимости от ландшафта) с короткими интервалами (от 30 секунд до нескольких минут в одном направлении) перемещаются транспортные капсулы длиной 25–30 м. (Напомним, что скорость звука в воздухе – 1192 км/час). Последовавшее позже моделирование показало, что по условиям трассы между Лос-Анжелесом и Сан-Франциско скорость в 1220 км/час будет недостижима. Предполагается, что билет в один конец будет стоить 20 долларов, и при общей стоимости создания системы в 7,5 млрд долларов окупаемость проекта будет достигнута за 20 лет. Последующие расчёты показали, что стоимость дороги может возрасти до 16 млрд долларов США, причём, судя по всему, это не окончательные суммы удорожания проекта (Hyperloop Transportation, 2017).

Предусмотрено два варианта системы:

- пассажирский – предполагает внутренний диаметр трубопровода 2,23 м, сечение капсулы – 1,35 м в ширину и – 1,1 м в высоту; капсула

вмещает 2 ряда сидячих мест по 14 кресел в каждом (последующее компьютерное моделирование однако показало, что диаметр трубы целесообразно увеличить вдвое);

- пассажирско-грузовой (нечто вроде парома) – даёт возможность пассажирам перемещаться вместе с их легковыми автомобилями; внутренний диаметр трубы 3,3 м (в дальнейшем возможно увеличение диаметра, согласно результатам моделирования).

Руководствуясь стремлениями к удешевлению конструкции, Маск принял за основу модель вакуумного поезда. В нём отпадает необходимость преодолевать трение опоры и встречное сопротивление воздуха. Стремясь опять же удешевить затраты, предприниматель предложил создавать в трубе не полный вакуум, а так называемый форвакуум (1/1000 от атмосферного давления). Его поддерживать значительно легче и дешевле: во-первых, можно использовать компрессоры умеренной мощности, а во-вторых, изготавливать трубу можно из обычной стали – 20–25 мм. Разрежённый воздух в трубе предполагается использовать для создания воздушной подушки. Если расчёты окажутся верными, это позволит отказаться от более дорогого варианта магнитной подушки. Последний, правда, ещё не исключён в качестве одной из альтернатив.

Корпус капсулы предполагается изготавливать из углеродного волокна, которое в 8 раз легче, чем алюминий, и в 10 раз прочнее стали.

Капсула должна приводиться в движение линейным электродвигателем, разгоняющим её посредством электромагнитного поля. Энергия для него будет производиться с помощью солнечных батарей. Кроме того, предполагается конвертировать в электроэнергию и кинетическую энергию торможения капсулы. Это будет дополнительным источником финансирования (25 млн долларов ежегодно) и, в конечном счёте, снижать эксплуатационные расходы (Hyperloop Transportation, 2017).

В 2016 году был построен испытательный участок новой дороги длиной 500 м. Диаметр тоннеля составил 3,3 м (рис. 7.2). В мае 2016 года в пустыне Невада, близ Лас-Вегаса успешно прошли испытания капсулы-прототипа. За 1,1 сек ей удалось развить скорость в 187 км/час (Илон, 2017).



Рисунок 7.2 – Испытательный участок гиперлупа (Илон, 2017).

Первая линия вакуумных поездов может появиться в ОАЭ. Рассматривается также вариант строительства дороги из Братиславы в Вену. Представлены 11 возможных маршрутов дороги в США. В частности, поездка из Шайенна в Хьюстон

(1853 км) может занять всего 1 час 45 мин. В 2020 году планируется начать грузовые перевозки, а в 2022 г. – пассажирские (Красильникова, 2017 а).

Безусловно, *гиперлуп* имеет шанс стать транспортом будущего, где он мог бы выполнять функции трансконтинентального вида транспорта. Однако для этого его создателям предстоит решить ряд сложнейших технических проблем.

Главные из них можно описать следующим образом:

1. *Обеспечение безопасности людей в капсуле.* Любая разгерметизация капсулы будет вести к немедленной смерти пассажиров, как в открытом космосе (в том числе вследствие «закипания крови», что, к сожалению, уже подтверждено конкретным случаем в истории освоения космоса).

2. *Кондиционирование капсулы.* В полностью изолированной капсуле чрезвычайно трудно (особенно при поездке на длинные дистанции) поддерживать нормальный для дыхания людей состав воздуха и избежать быстрого повышения концентрации углекислого газа.

3. *Обеспечение целостности транспортной трубы.* Колоссальное внешнее давление атмосферного воздуха создаёт значительную уязвимость транспортной системы. Любое повреждение трубы может привести к мгновенному катастрофическому разрушению всей системы. От разгерметизации трубы создаётся ударная волна ворвавшегося воздуха, как при взрыве.

4. *Компенсация температурного дисбаланса.* Перепад температур воздуха в районе Сан-Франциско – Калифорния может составить от 0° С до 40° С. На дистанции 600 км это может вести к колебаниям длины трубы от 50 до несколько сотен метров. Технически компенсировать подобные перепады чрезвычайно сложно. В частности, это требует установки значительного количества компенсационных герметических манжет и решения технических задач транспортировки пассажиров и грузов.

5. *Обеспечение процессов посадки / высадки пассажиров.* Это связано с решением сложных технических задач шлюзования и перехода от нормального атмосферного давления к вакууму и обратно.

Это лишь часть технических проблем, связанных с эксплуатацией системы Hyperloop (Более подробно – в: Разрушение, 2016). Они ставят под сомнение возможность реализации пассажирских перевозок и требуют существенного дополнительного увеличения затрат для обеспечения безопасных грузоперевозок.

Возможно, технически все эти проблемы решаемы. Однако не вызывает сомнений, что это сопряжено со значительными экономическими издержками. Сможет ли общество пойти на них ради существенного повышения скорости своего передвижения, тем более, что несколько меньшие показатели скоростей сможет предложить более безопасный и проверенный временем вид транспорта – тот же маглев?

Вероятно, понимая проблемы, связанные с использованием гиперлупа для пассажирских перевозок, словацкая и канадская компании планируют его внедрение прежде всего для грузовых перевозок. Один из основателей компании Hyperloop One Джош Гигель (Josh Giegel) проиллюстрировал актуальность использования гиперлупа для грузоперевозок рядом цифр. «Только в портах США работают 13 тысяч фур, которые развозят грузы по разным городам страны, сжигая при этом 250 млн литров бензина ежегодно. Связанный с этим ущерб мог бы предотвратить гиперлуп, однако его создание требует миллиардных капиталовложений» (Ревадзе, 2016 б).

Скоростной вакуумный поезд может также появиться в России. Он соединит китайский город Хуньчунь с российским портом Зарубино (Приморский край). Однако предполагается, что и на этой 65-километровой ветке гиперлуп будет работать (как минимум, в первое время) в режиме грузового транспорта (Али, 2017).

В 2017 году в деле продвижения гиперлупа произошло несколько важных событий.

Во-первых, начались испытания реальных прототипов версий капсулы гиперлупа в реальных условиях.

Для этого был построен испытательный участок трассы длиной в 0,5 км и с диаметром трубы 1,8 м. 27 августа 2017 г. капсула, предложенная командой из Мюнхенского технического университета, развила скорость в 327 км/ч. Но всего через несколько дней – 31 августа – капсула, созданная совместно компаниями Space X и Тесла (рис. 7.3), достигла скорости 355 км/ч (Капсула, 2017; One Introducing, 2017; Ohnsman, 2017). В декабре 2017 года был установлен новый рекорд – 387 км/час. В трубе была создана почти безвоздушная среда (как на высоте 60 км) (Капсула, 2017).



Рисунок 7.3 – Капсула для гиперлупа, создана компаниями Space X и Тесла (Лещёв, 2017)

Во-вторых, гиперлуп получил шанс стать не только надземным, но и подземным видом транспорта. В частности, И. Маск сделал заявление, что он получил разрешение от властей США на строительство тоннеля между Нью-Йорком и Вашингтоном для реализации проекта Hyperloop. В случае реализации подземка этого вида транспорта соединит центры городов: Нью-Йорк, Филадельфия, Балтимор, Вашингтон (Маск, 2017).

В-третьих, несмотря на скептическое отношение к гиперлупу со стороны многих ученых, количество стран, желающих принять участие в амбициозном проекте, увеличивается.

Компания Hyperloop One объявила список десяти стран, которые она выбрала для первоочередной реализации проекта. В частности, там значатся: США, Великобритания, Мексика, Индия, Канада, Нидерланды, ОАЭ и др. Протяженность путей будет разной: от 355 км (между индийскими Бангалором и Ченнаи) до 1,1 тыс. км (между Ченнаи и Мумбаи) (Hyperloop One, 2017).

По сообщению СМИ, у гиперлупа начали появляться конкуренты.

В частности, китайские корпорации China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC) работают сейчас над собственным проектом «летающего поезда» T-Flight.

Этот поезд, двигаясь внутри «вакуумной магистрали», по мнению создателей, сможет разогнаться до скорости в 4000 км / ч. Предполагается, что он будет парить за счет эффекта магнитной левитации. Кроме специалистов уже упомянутых корпораций, в проекте будут задействованы специалисты из более 20 научно-исследовательских институтов. Представители проекта уверяют, что путешествие в вакуумном поезде будет полностью безопасным (Проект, 2017).

Такой информационный шум вокруг проекта века дает основания для проявления богатой фантазии. В Интернете начали даже появляться карты, на которых будущие линии гиперлупа напоминают некое глобальное метро (Скрипин, 2017 б).

Это дает основания пофантазировать и украинцам. Так, «Экономические известия» опубликовали статью «5 из 11 веток Hyperloop будут проходить через Украину» с соответствующей картой (рис. 7.4).

На основании указанной карты, авторы статьи делают вывод, что три из пяти ветвей этого метро будут проходить через Киев. Первая соединит Китай, Европу и Канаду. Вторая – Азию, Ближний Восток и Северную Африку, а третья – Испанию и Китай. С Днепра и Кривого Рога на таком метро можно будет добраться в Индию, а из Харькова, Донецка или Одессы – в Америку. Если это действительно сбудется и гиперлуп будет развивать



Рисунок 7.4 – Гипотетическая карта Hyperloop – мирового метро (5 из 11 веток, 2017).

скорость 1200 км / ч, то из Киева в Одессу или до Днепра можно будет доехать за 23 минуты (5 из 11 веток, 2017).

Конечно, если подобные перспективы и реальны, они принадлежат только очень отдаленному будущему. Но, если им суждено сбиться вообще, такие проекты приносят пользу уже в нашем настоящем. Ведь они заставляют искать новые решения, способствуя рождению новых материалов, технологий, концепций, мнений.

Струнный транспорт. Это концепция наземной (а точнее, надземной) транспортной системы, в которой легкие вагоны двигаются по рельсам, натянутым при участии специальных струн между опорами. Линии струнного транспорта предполагается размещать на специальных эстакадах (рис. 7.5). Кроме навесного, возможен вариант и подвешеного рельсового варианта.



Рисунок 7.5 – Струнный транспорт Юницкого (Струнный, 2017).

Идею струнного транспорта в 1977 году выдвинул русский инженер Анатолий Эдуардович Юницкий. Им же разработаны и проекты основных обеспечивающих инженерных сооружений (Струнный, 2017).

Официально новая технология называется «Струнный транспорт Юницкого», или сокращённо СТЮ. На рынок она выводится под брендом SkyWay («Небесный путь»). Сам движущийся по рельсам вагон называют «юнибусом» (Струнные, 2017).

Система допускает любые виды приводов: ДВС, электродвигатель, линейный электродвигатель, газовая турбина, пропеллер с любым двигателем, тяговый канат.

Разработано несколько вариантов (*сверхлёгкий, лёгкий, средний, тяжёлый, сверхтяжёлый*) грузовых и пассажирских струнных транспортных средств: от 3 человек или 0,5 т груза – до 500 человек или 10 000 т груза.

Предполагается, что в навесном состоянии струнный транспорт сможет развивать скорость до 500 км/час, а в подвесном до 150 км/час (Струнный, 2017).

Существенным преимуществом струнного транспорта является его низкая капиталоемкость и материалоемкость. Он может занять свою нишу региональных и локальных коммуникаций в тех регионах стран, где отсутствует развитая транспортная инфраструктура (сеть железных дорог и автомагистралей). И здесь может сыграть роль ещё одно значительное преимущество струнного транспорта. Для прокладки своих линий он в отличие от железнодорожного и автомобильного транспорта не требует существенного изменения природных ландшафтов. Достаточно лишь на определённом расстоянии друг от друга (от 30 до 1000 м) поставить опоры и на них натянуть рельсы-струны. Система также малотребовательна к рельефу местности: может пролегать над водными объектами, лесными массивами, горными преградами. Таких уголков планеты, где может быть востребован этот вид транспорта, более чем достаточно: от малозаселённых территорий Северной Америки и Евразии до регионов с пустынными районами или сложным рельефом местности в Латинской Америке, Африке, Австралии, Азии.

Ещё одна ниша, которую может занять струнный транспорт, – это «лёгкое метро», которое может связать различные районы населённых пунктов, разделённых какими-либо природными преградами (заливами, фьёрдами, речками, каньонами, глубокими оврагами и пр.).

Существенным недостатком струнного транспорта является то, что он, пока, несмотря на более чем 30 летний период проектных работ, так нигде ещё и не внедрён, хотя в ряде районов России и Белоруссии построены испытательные трассы.

По информации создателя проекта, в 2017 году было подписано соглашение с властями индийского штата Джаркханд, одного из наиболее промышленно развитых регионов страны, о создании на основе струнных технологий транспортной системы в столице штата и соединении двух городов линией скоростного транспорта. Ведутся также переговоры о сотрудничестве с представителями Австралии, Турции, Филиппин (Струнные, 2017).

7.2. Гибриды наземного и воздушного транспорта

Летающие автомобили. Этот вид транспорта является попыткой совместить в одной машине функции транспортных средств, предназначенных для функционирования в двух совершенно различных средах. Его создание и эксплуатация сопряжены с тремя видами трудноразрешимых проблем.

Первая – связана с неизбежными потерями эффективности при соединении двух форм, эволюция которых происходила в двух несовместимых средах. Несколько перефразируя известную горьковскую фразу, можно сказать, что «рождённый ползать плохо предназначен для того, чтобы летать». Даже аэродинамические характеристики автомобиля и самолёта (или вертолёт) должны иметь разные параметры. Впрочем, можно утверждать и другое: рождённый летать неизбежно утрачивает навыки передвижения по земле. На автомобильной трассе излишней обузой становится то, что было необходимо для полётов в воздухе. Возникает избыточный, а главное нефункциональный вес, появляются излишние формы. За избыточность функций в каждой из сред приходится платить свою цену, которая в конечном счёте ведет к снижению удельной эффективности по сравнению с обычным автомобилем (при эксплуатации в наземном режиме) и с самолётом или вертолёт (при эксплуатации его в воздухе).

Вторая группа проблем связана с организацией функционирования машины. Мало обеспечить возможность её передвижения на земле или в воздухе, необходимо, чтобы она вписывалась в существующий порядок (трафик) функционирования там других транспортных средств.

Значительные проблемы могут возникать в части организации воздушного трафика, который для данного вида транспортных средств просто ещё не сложился. Расхожие заверения журналистов в том, что такси скоро будут воздушными, тут же «приземляются», как только мы начинаем размышлять о взаимодействии этих летающих машин друг с другом и с другими объектами техносферы (высотными сооружениями, линиями электропередач, эстакадами, пр.) на урбанизированных территориях. Даже на земле – в двумерном измерении – эта задача порой решается с большими

проблемами. Что уж говорить о сложности её решения в условиях трехмерного передвижения транспортных средств!

Третья группа проблем связана с узким спектром эксклюзивных функций, которые могут (должны) выполняться исключительно данным видом гибридного транспорта и не могут быть замещены другими, более простыми, а значит, более эффективными транспортными средствами, например, обычным автомобилем и самолетом (вертолётом) с гораздо меньшими издержками. Иначе говоря, сомнительно, чтобы в ближайшей перспективе нашлось достаточное количество потенциальных потребителей, согласных и имеющих финансовую возможность выложить приличную сумму денег (обычно начиная от 100 тыс. долларов США и выше) за обладание подобной машиной. Кроме финансовых затрат, приходится нести и другие издержки, связанные с получением лицензии пилота, повышенным риском передвижения, пр. Тем не менее, развитие летающих автомобилей продолжается.

Страницы истории

Идеи объединить самолёт и автомобиль появлялись ещё в первой половине XX века. Причём предлагалось как приспособить самолёт под автомобиль, так и наоборот. Последнее, в частности, было предложено в одном из патентов США в 1940 году.

В 1946 году Роберт Фултон (Robert Fulton) начал разработку подобного гибрида, назвав его «аэрофибией» (Airphibian) (рис. 7.6). Причём, по его мнению, именно самолёт должен быть приспособлен к дороге. Крылья и секция хвоста этого самолёта снимались, а пропеллер прикладывался к фюзеляжу. «Аэрофибия» могла лететь со скоростью до 200 км/час и ехать со скоростью 80 км/час. Операция преобразования авто в самолёт и обратно занимала до 5 минут. Машина стала первым в мире летающим автомобилем, получившим официальный сертификат Управления гражданской авиации США. Несмотря на очевидный успех, Фултон не смог обеспечить массовое производство. В 1990-е годы «аэрофибия» была восстановлена



Рисунок 7.6 – Летающий автомобиль Фултона со своим аэроприцепом (Щербаков, 2013)

(Airphibian, 2010). На сегодня известно около 20 конструкций машин, объединяющих способности летать и передвигаться по дорогам (конструкторы – из Германии, Голландии, Израиля, Норвегии, России, Словакии, США) (Летающие, 2015).

Летающий автомобиль – любимый «персонаж» фантастических произведений и кинофильмов. В кинофильме «Фантомас разбушевался» главный герой спасается от погони на автомобиле Citroën DS с выдвигаемыми крыльями. В кинотрилогии «Назад в будущее» летающий автомобиль является по совместительству машиной времени. В фильме «Пятый элемент», действие которого происходит в XXIII веке, весь городской транспорт состоит из летающих машин. Фигурируют летающие машины и в других фильмах: «Гарри Потер и тайная комната», «Чёрная молния», «Такси-2», «Восход чёрной луны», «Кин-дза-дза», а также во многих мультфильмах (Щербаков, 2013).

Последние несколько лет отметились появлением вполне функционирующих прототипов летающих самолётов, некоторые из которых поступят в продажу в ближайшее время.

Terrafugia Transition. Эта четырёхместная модель является на сегодня наиболее испытанным летающим автомобилем, представляющим из себя своеобразный трансформер (рис. 7.7). Машина разработана американской компанией Terrafugia. Автомобиль-самолёт дебютировал на международном автосалоне в Нью-Йорке в 2009 году. Он допущен к полётам Федеральной авиационной службой США по классу «легких спортивных самолётов». Для них упрощено получение лицензии пилота (Ходоренко, 2016).



Рисунок 7.7 – Летающий автомобиль Terrafugia Transition (Ходоренко, 2016)

Машина развивает скорость в воздухе более 185 км/час, а на шоссе – 105 км/час. Переход на режим самолёта и обратно занимает полминуты. Запуск производства коммерческой партии создатели обещали на 2017 год. Её цена будет более 200 тыс. долларов США. Расход топлива на крейсерской скорости полёта в 170 км/час составляет 19 л/час. Запас топлива на 78 км полёта (Terrafugia, 2017).

AeroMobil 3.0. Двухместная машина словацкого производства (рис. 7.8). Её конструктор Штефан Клейн (Stefan Klein) работал над проектом четверть века, а первые испытания удалось провести в 2013 году (AeroMobil, 2017).



Рисунок 7.8 – Летающий автомобиль AeroMobil 3.0 (Андриевский, 2017)

Машина имеет весьма элегантный вид. Кузов изготовлен из композитных материалов. В автомобильном варианте крылья размещаются на крыше машины. По дороге автомобиль может разогнаться до 160 км/час, а в воздухе – до 200 км/час. Запаса бензина хватает, чтобы проехать 875 км или пролететь 700 км. Для взлёта необходимо около 300 м шоссе или грунтовой дороги. В 2015 году при испытаниях разбилась одна из моделей машины. Пилот, которым был сам её конструктор, благополучно спасся благодаря парашюту. Для управления машиной понадобятся права водителя и лицензия пилота. По последним сведениям, самолёт запущен в серийное производство и объявлена возможность делать предзаказы (Андриевский, 2016; Левчук, 2017).

Остальные модели летающих транспортных средств двойного назначения (земля – воздух) находятся пока в состоянии экспериментальной доводки. Некоторые из них имеют стаж разработок в несколько десятилетий.

К подобным относится очень красивая ракетообразная модель машины Moller Skycar M 400 с четырьмя турбинными двигателями. Её создатель Поль Моллер (Paul Moller) работает над своим детищем уже свыше 40 лет. Однако, похоже, до коммерческого прототипа её удастся довести ещё не скоро (Moller, 2017).

Конструкторы летающих машин проявляют большую изобретательность при создании своих творений. Здесь присутствуют гибриды мотоцикла и вертолёта (представлен голландской компанией Pal-V), автомобиля и квадрокоптера (представлен под названием Pop.Up компанией Airbus), автомобиля и вертолёта (представлен компанией Pal-V), автомобиля и парашюта (параплан) (разработчик – I-Tech-Mavarlic), гоночного автомобиля и самолёта к тому же с вертикальным взлётом (разработку ведёт Krossblade Aerospace Systems). Кстати, уже упомянутая компания Terrafugia, кроме представленного гибрида автомобиля и самолёта Terrafugia Transition, ведёт разработку гибрида автомобиля и вертолёта с двумя параллельными винтами Terrafugia TF-X-Animation.

Следует отметить, что своеобразными испытательными полигонами для разработки и доводки летающих автомобилей являются дроны, которые позволяют без риска для жизни и здоровья человека совершенствовать предлагаемые модели. Сами же эти модели смогут брать на борт людей.

Lilium Jet. Одной из таких моделей является разработанный командой инженеров и аспирантов Мюнхенского университета электросамолёт вертикального взлёта Lilium Jet, позиционируемый как аэротакси (рис. 7.9).



Рисунок 7.9 – Летающее такси Lilium Jet (Jeffrey, 2016)

Деятельность команды финансируется известной фирмой Uber. В 2017 году были успешно проведены испытания первого реального прототипа. Предполагается, что он будет развивать скорость до 300 км/час, преодолевая расстояние на одной зарядке до 300 км (Hodgetts, 2017).

Cormorant. Ещё один летающий автомобиль Cormorant (старое название Air Mule) был испытан в ноябре 2017 года израильской компанией Urban Aeronautics (рис. 7.10). Он может взлетать и садиться вертикально.



Рисунок 7.10 – Летающий автомобиль Cormorant (Авельсник, 2017 а)

Внешне аппарат похож на вертолёт без пропеллеров. Вместо них он оборудован внутренними винтами. Такая конструкция делает его более безопасным. Он может маневрировать между зданиями и пролетать под линиями электропередач, не рискуя задеть их лопастями.

Мощный беспилотник весит около 500 кг и может перевозить до 500 кг грузов. Аппарат сможет летать со скоростью 185 км/час. Дрон предназначен для эвакуации людей или грузов из зоны бедствий. В ближайшие три года разработчики рассчитывают получить сертификат Федерального управления гражданской авиации США (FAA). Предполагается, что аппарат выйдет на рынок к 2020 году. Его примерная стоимость составляет 14 млн долларов.

В декабре 2016 г. похожую разработку представила норвежская компания Griff Aviation. Радиоуправляемый октокоптер Griff 300 может перевозить грузы массой до 225 кг и держаться в воздухе больше 30 минут. Ещё один дрон этой же компании разработан для помощи пожарным, военным, полицейским, поисковым командам. Его грузоподъёмность до 800 кг. Он уже получил сертификат FAA.

Созданием пассажирских беспилотников занимаются также китайская компания E-Hang, немецкая – E-Volo, российская «Авиатон» (Авельсник, 2017а).

Завершая данный подраздел о летающих автомобилях, приведём слова Илона Маска: «Если вы получаете летающий автомобиль, вы добавляете дополнительное измерение, где автомобиль может свалиться вам на голову и будет зависеть от погоды... Даже, если он будет на автопилоте, и у него будут надежные двигатели и лопасти, вы никак не сведёте к нулю шансы, что он случайно не упадёт вам на голову... Думаю, если вы... обзаведётесь тоннелями для машин и избавитесь от пробок, вам не нужен будет летающий автомобиль, и всё будет работать, даже если погода будет плохой...» (Хель, 2015 б). Не исключено, что эти слова И. Маска останутся актуальными, как минимум, на ближайшие несколько десятилетий. Видимо, не случайно, по итогам 2017 года, летающее такси от Uber вошло в ТОП-10 самых бесполезных изобретений года (Определены, 2017).

7.3. Новые виды индивидуального транспорта

К данным видам транспорта можно отнести средства передвижения отдельных людей на небольшие расстояния, в том числе для прогулок в парках, а также для передвижения в городе или в больших по размеру сооружениях (например, цехах, экспозициях, аэропортах, пр.) (10 самых, 2015; Самый необычный, 2016).

Двойной круглый скейт. Позволяет увеличить скорость передвижения, не создавая значительной угрозы причинить вред окружающим. При этом позволяет свободно управлять ногами, поворачивать и крутиться. В основе скейта – два кольца диаметром 25 см и удобные платформы для ног (рис. 7.11).



Рисунок 7.11 – Двойной круглый скейт (Самые, 2015)

Электромеханический одноколёсный скейт. Данный вид транспорта получил название One wheel (т.е. одно колесо). Он имеет свойство самобалансирования, работает на аккумуляторных батареях. Кроме ускорения передвижения, он также развивает координацию человека в пространстве. Развивает скорость около 19 км/час (рис. 7.12).



Рисунок 7.12 – Электромеханический одноколёсный скейт (Самые, 2015)

Segway-skates. Представляет своеобразный моторизованный гибрид роликовых коньков, способных передвигаться автономно друг от друга, и руля от велосипеда, посредством которого контролируется направление движения моторизованного средства (рис. 7.13).



Рисунок 7.13 – Гибрид роликовых коньков и велосипеда (Самые, 2015)

Suitcase-скутер. Своеобразный гибрид скутера и чемодана. Имеет руль, как у скутера, а место рамы занимает чемодан, в котором можно перевозить вещи, сидя сверху на них, в смысле, – на чемодане. При этом чемоданы могут быть различной величины. Возможен также вариант, что вместо стандартного вмонтированного в устройство чемодана человек сможет ставить настоящий suitcase, который он собирается нести на вокзал или в аэропорт. Кроме основного пассажира, он может перевозить и его спутника. Разгоняется до 19 км/час и на полной батарее проезжает до 60 км. Весит всего 7 кг, поэтому удобен для перевозки в других видах транспорта (рис. 7.14).



Рисунок 7.14 – Suitcase Scooter (Самые, 2015)

Одноколёсный самобалансирующий электроскутер. Представляет собой колесо, от центра которого в стороны отходят удобные складные подставки для ног. Весит 9 кг. Имеет ручку, благодаря чему его удобно при необходимости перенести (в транспорте, на лестнице). Развивает скорость до 16 км/час и может заряжаться за 80 минут (рис. 7.15).



Рисунок 7.15 – Одноколёсный самобалансирующий электроскутер (Самые, 2015)

Segway-скутер. Электрический самобалансирующий самокат с двумя колёсами, расположенными по обе стороны от водителя (рис. 7.16). Позволяет значительно увеличить скорость передвижения и даёт возможность покрывать существенно более значительные расстояния при тех же затратах физических сил. Это, в частности, очень помогает туристам увидеть больше интересных мест. Развивает скорость до 20 км/час, а аккумулятор обеспечивает пробег до 40 км.



Рисунок 7.16 – Segway-скутер (Самые, 2015)

Гироскутер. Представляет собой транспортное средство, работающее за счёт электромотора (фактически – «электроскейтборд») (рис. 7.17). Управляется за счёт динамической балансировки. Устройство может перемещаться как вперёд – назад, так и осуществляя повороты. Его преимущества – лёгкость в управлении, экологичность, мобильность и манёвренность. Способен развивать скорость до 20 км/час.



Рисунок 7.17 – Гироскутер (Гироскутер, 2017)

Реактивный ранец. Приспособление, позволяющее его владельцу подниматься в воздух за счёт сбалансированных потоков воздуха, создаваемых несколькими турбинами (рис. 7.18). Новозеландская компания Martin Air Craft обещала поставить их в продажу в 2017 году.



Рисунок 7.18 – Реактивный ранец (Самые, 2015)

Общим достоинством всех перечисленных транспортных средств является то, что они заставляют человека быть активным участником про-

цесса передвижения. Кроме развития физических навыков управления транспортным средством и совершенствования мышечной координации, они способствуют активному информационному контакту с внешним миром. Всё это чрезвычайно важно в современном техногизированном мире с преобладанием сидячего образа жизни для активизации развития соционачала человека.

7.4. Суборбитальная авиация

Этот вид транспорта также может быть отнесён к числу новых. Он соединяет в себе возможности традиционной авиации и космической техники.

Космоплан VSS Unity. Согласно замыслу одного из инициаторов таких проектов Ричарда Бренсона (Richard Branson), предполагается, что на первом этапе двухфюзеляжный самолёт-носитель (stratolaunch carrier) под названием «Белый рыцарь» (WhiteKnight) поднимет на высоту 15–20 км космический корабль (космолёт, космоплан) SpaceShipTwo. Отсюда космолёт сможет самостоятельно подняться до высоты 110–130 км, а потом так же самостоятельно сесть на космодроме в любом регионе планеты. Самолет-носитель является детищем компании Stratolaunch Systems, основанной Полом Алленом (Paul Allen), одним из основателей компании Microsoft, и Бертом Рутэном (Burt Rutan), основателем компании Scaled Composites, которая разработала и изготовила космический корабль SpaceShipTwo для компании Virgin Galactic (Самый большой, 2015).

В декабре 2016 года после нескольких совместных испытательных полётов в связке с самолётом-носителем «Белый рыцарь» (WhiteKnight) суборбитальный пилотируемый восьмиместный (рассчитан на два пилота и шесть пассажиров) космоплан VSS Unity класса SpaceShipTwo успешно завершил свой самостоятельный полёт, отстыковавшись от самолёта-носителя и приземлившись на землю. В полёте было испытано хвостовое оперение (Virgin, 2017; Boyle, 2016; White Knight, 2017) (рис. 7.19 и 7.20).



Рисунок 7.19 – Полёт космоплана VSS Unity с самолётом-носителем White Knight (Virgin, 2016)



Рисунок 7.20 – Космолёт VSS Unity в самостоятельном полёте (VSS, 2017)

Увы, путь космолёта к успеху не всегда был гладким. В октябре 2014 года во время испытательного полёта разрушилась первая модель космического корабля VSS Enterprise. Причиной катастрофы стало то, что пилоты попытались изменить конфигурацию хвостового оперения тогда, когда высокая скорость ещё не позволяла этого сделать. В результате корабль разрушился. Погиб один из лётчиков-испытателей, а другой получил серьёзные повреждения (Воронцов, 2016 б).

В мае 2017 года над Аэрокосмическим центром «Мохаве» (Mojave) был успешно проведен очередной испытательный полёт корабля VSS Unity. На этот раз проверялись ряд систем аппарата. Завораживающие кадры запуска космоплана с борта самолёта-носителя и его самостоятельного полёта можно пронаблюдать в YouTube.

Компания Virgin Galactic – все ближе к моменту полёта корабля с космическими туристами на борту. Согласно последним объявленным планам, это должно произойти до конца 2018 года. Шесть пассажиров и два пилота – таким будет экипаж космического аппарата, который доставит людей на высоту свыше 100 км. Там они смогут в течение нескольких минут испытать состояние невесомости, а заодно заработать почётный статус астронавта. Весь полёт должен продлиться два с половиной часа. Стоимость билета для такого путешествия будет составлять 250 000 долларов с человека. На сегодня приняты заявки от 450 человек, из них 150 – уже внесли деньги на депозит (Хижняк, 2017 а; Virgin, 2016).

Исполнительный директор компании Virgin Galactic Джордж Уайсайдс (George Whitesides) заявил, что туристическими полётами в космос программа суборбитальной авиации не ограничивается. Его идея заключается в том, чтобы превратить суборбитальные полёты в межконтинентальные коммерческие коммуникации. «Представьте себе SpaceShipFour, выходящий за пределы атмосферы и затем приземляющийся в необходимом регионе Земли» (рис. 7.21). Посредством подобных коммуникаций перелёт

из Лондона в Нью-Йорк мог бы занять 45 минут, а из Лондона в Сидней – полтора часа (Будущее, 2014).

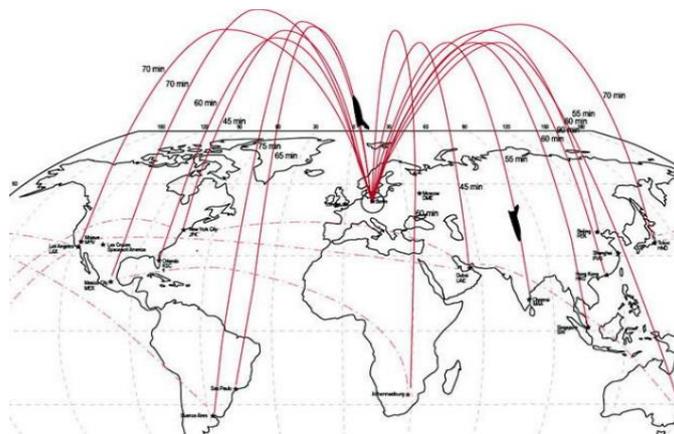


Рисунок 7.21 – Схема межконтинентальных коммуникаций посредством суборбитальных полётов (Иллюстрация из исследования Spaceport Associates) (Будущее, 2014)

Космолёт *New Shepard*. Компания Virgin Galactic не единственная, кто хочет заниматься космическим туризмом. Джефф Безос (Jeff Bezos) владелец компании Amazon.com также пытается составить конкуренцию на рынке этой сферы. По его инициативе была создана компания Blue Origin, успевшая создать многократный космический аппарат New Shepard. Он представляет собой пилотируемую капсулу (для 6 человек), стартующую с помощью одноступенчатой многократной ракеты и затем приземляющуюся при помощи парашютов (New Shepard, 2017).

За 2015–2016 гг. было осуществлено пять полётов ракеты с капсулой. При этом капсула каждый раз поднималась выше 100 километров (от 101 до 112 км), т.е. условной линии, разделяющей стратосферу и космос, и благополучно возвращалась на землю. Кроме одного раза, ракета также совершала мягкую посадку. В настоящее время создаются три новых ракеты и два космических корабля, так как считается, что прежние выработали свой срок во время предыдущих полётов. Первый пилотируемый полёт запланирован на 2018 год (New Shepard, 2017).

Идут работы по созданию ещё одного американского космического корабля Lунх. В ближайшее время могут начаться его испытания (Сычѳв, 2016).

Китайский ракетоплан. Известно также, что Китай намерен построить свои собственные суборбитальные ракетопланы для космического туризма (Воронцов, 2017).

Новый китайский ракетоплан будет использовать двигатель на жидком метане и жидком кислороде. Космический корабль будет взлетать в

вертикальном положении, а после достижения нужной высоты будет спускаться и садиться как самолёт (рис. 7.22).



Рисунок 7.22 – Схема полёта китайского ракетоплана (Китай построит, 2016)

Планируется создать две версии ракетоплана. Одна сможет поднять на высоту свыше 100 километров 5 человек, которые проведут в невесомости около двух минут. Вторая версия ракетоплана сможет поднять на высоту в 130 км до 20 человек, которые проведут в невесомости около четырёх минут. На данный момент успешно испытаны отдельные системы будущего корабля. Первые тестовые полёты планируются в течение ближайших двух лет. Коммерческие запуски запланированы ориентировочно на 2020 год. В случае их успеха предполагается начать полёты с пассажирами на борту. Ракетоплан сможет осуществить до 50 полётов в космос. Стоимость одного билета для космических туристов ожидается в пределах 200–250 тысяч долларов США (Китай построит, 2016).

SolarStratos. Желание проникнуть в космические просторы начинает дополняться стремлениями сделать это, не нанося ущерб природе. В этой связи примечательным является создание и полёт ещё одного образца авиационной техники. В Швейцарии состоялся первый полёт двухместного самолёта SolarStratos, источником энергии которого являются солнечные батареи, расположенные на его крыльях.

Полёт состоялся на аэродроме города Пайерн 5 мая 2017 года. Лётчиком-испытателем был Дамиан Хишиер (Damian Hishier). К концу 2018 г. создатели самолёта планируют достигнуть рекордной для самолёта на солнечных батареях высоты в 25 км. Один из создателей самолёта Рафаэль Домьян (Raphaël Domjan) мечтает лично пилотировать его при полёте в стратосферу. В последствии планируется также использовать самолёт для коммерческих полётов в стратосферу. У самолёта негерметичная кабина, поэтому пилот и пассажир должны будут надевать скафандры. Достаточно сказать, что температура на такой высоте будет достигать минут 70°C (В Швейцарии, 2017; Temperton, 2016).

Космолёт X-37B. В связи с затронутой темой уместно упомянуть ещё об одном аппарате. В мае 2017 года после двухлетней космической миссии вернулся на землю американский военный космолёт X-37B.

Космолёт способен быстро менять орбиты и маневрировать в диапазоне высот от 200 до 750 км. Он способен доставлять в космос небольшие грузы. Хотя полёт и совершался в беспилотном режиме, в принципе он может осуществляться и с экипажем на борту. Внешне космолёт похож на своих предшественников – советский «Буран» и американский «Шатл». По непроверенным данным, в космосе проходили также испытания нашумевшего электромагнитного двигателя EM Drive, ротор которого, якобы, способен работать в электромагнитном поле вопреки третьему закону Ньютона.

X-37B, известный также как Orbital Test Vehicle, или OTV, впервые был запущен в 2010 году. Полёт продлился 8 месяцев. Вторая миссия началась в 2011 году и длилась 15 месяцев. Третья – стартовала в 2012 году и завершилась через 22 месяца. Всего имеется два таких аппарата (Космос, 2017).

SpaceLiner. Это концепция суборбитального гиперзвукового пассажирского космолета. Пока он существует только в мыслях и мечтах его проектировщиков из Германского центра авиации и космонавтики (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt – DLR) (рис. 7.23). Разработки начались в 2015 году.



Рисунок 7.23 – SpaceLiner 7 на взлёте в представлении художника (SpaceLiner, 2017)

Космоплан представляет собой двухступенчатую авиационно-космическую систему, состоящую из стартовой ступени ускорителя и пассажирской суборбитальной ступени, рассчитанной на 50 пассажиров. Источник энергии – жидкий водород (LH₂) в сочетании с жидким кислородом (LOX).

Предполагается, что после выключения ракетных двигателей суборбитальная ступень сможет за кратчайшее время покрывать большие межконтинентальные расстояния. При этом могут достигаться высоты до 80 км и скорости в 20 большие, чем скорость звука.

Продолжительность полёта на таком космоплане по маршруту Австралия – Европа составит 90 мин, а на маршруте Европа – Калифорния – не более 60 мин. При этом перегрузки не будут превышать 2,5 g, т.е. будут ниже нагрузок астронавтов челнока SpaceShuttle. Более того, предполагается, что пассажирская кабина будет выполнена в форме спасательной капсулы, которая при необходимости сможет отделиться от космического корабля и обеспечить пассажирам безопасное возвращение на Землю. Ожидается, что в эксплуатацию такой космолёт сможет быть введен в 2040–2050 годах (SpaceLiner, 2017).

ZEHST. Это аббревиатура от полного названия вида транспорта Zero Emission Hypersonic Transport – гиперзвуковой транспорт с нулевым уровнем выбросов. Так назван гиперзвуковой лайнер, проект создания которого реализуется Европейской авиационно-космической корпорацией Airbus под руководством европейского авиакосмического агентства EADS. Впервые проект был представлен (4-метровой моделью) 18 июня 2011 года на авиасалоне в Ле Бурже (ZEHST, 2017).

Относительная экологичность данного самолёта будет достигаться за счёт того, что во время взлёта и набора высоты он будет работать на биотопливе, а в стратосфере переходить на использование ракетного горючего. При этом высота полёта нового лайнера должна составить 32 км, что примерно втрое больше, чем высота полёта обычных пассажирских самолётов. Предполагается, что скорость самолёта будет свыше 5000 км/час, т.е. в 4,5 раза превышать скорость звука в атмосфере. Пассажиры этого лайнера смогут долететь из Парижа в Токио всего за 2,5 часа. Он сможет вмещать от 50 до 100 человек.

Постройка прототипа самолёта планируется на 2020 г., а начало его коммерческой эксплуатации – около 2050 г. (Airbus, 2011).

Как видим, суборбитальная авиация вплотную приблизилась к её коммерческому использованию. Это будет означать не только очередной шаг к освоению человеком ближнего космоса, но и новую ступень в совершенствовании межконтинентальных коммуникаций людей на просторах планеты.

7.5. Гиперзвуковая авиация нового поколения

В истории было только два серийно выпускавшихся пассажирских сверхзвуковых самолёта, выполнявших регулярные рейсы. Советский самолёт Ту-144 совершил первый полёт 31 декабря 1968 года. Он был в эксплуатации с 1975 по 1978 год. Французско-английский «Конкорд» первый рейс выполнил двумя месяцами позже 2 марта 1969 года и совершал трансатлантические рейсы с 1976 по 2003 год. Эксплуатация этих самолётов позволяла не только значительно сократить время перелёта на дальние расстояния, но и использовать незагруженное воздушное пространство на больших высотах (около 18 км). Основное используемое обычными лайнерами воздушное пространство находилось на высотах от 9 до 12 км и уже в те годы было сильно перегружено. Большие высоты позволяли гиперзвуковым самолётам также совершать полёты по спрямлённым маршрутам, которые пролегали выше напряжённого воздушного трафика (Сверхзвуковой, 2017).

Как известно, оба упомянутых лайнера по ряду причин (нерентабельность, недостаточная комфортность перелёта, значительное звуковое загрязнение и пр.) были выведены из эксплуатации. Приход в авиастроение новых технологий и материалов позволило снова «вспомнить» о сверхзвуковой авиации на предстратосферных высотах. Это привело к появлению новых перспективных проектов сверхзвуковых самолетов.

XB-1, или «Baby Boom». Аэрокосмическая компания «Boom» из штата Колорадо представила прототип своего нового сверхзвукового пассажирского самолёта. Модель получила название XB-1, или «Baby Boom» (рис. 7.24). Она является копией будущего оригинала в масштабе 1:3 и оборудована тремя реактивными двигателями. Благодаря им самолёт сможет развивать скорость, на 10% превышающую скорость Конкорда (Пономарёв, 2016).



Рисунок 7.24 – Модель сверхзвукового пассажирского самолёта XB-1 «Baby Boom» (Райт, 2016)

В число её инвесторов и партнёров входят известные компании (Y Combinator, Sam Altman, SpaceShip Company и др.). Они оказывают инженерам Boom помощь в разработке проекта и производстве будущего самолёта, предоставляя необходимое бортовое оборудование, разрабатывая двигатели и поставляя композиционные материалы. Последние играют большую роль в создании самолёта. В частности, алюминий, из которого была сделана обшивка Конкорда, не выдерживал высоких температур, вызванных трением воздуха. Он начинал плавиться. Поэтому скорость Конкорда была ограничена величиной в 2400 км/час. Благодаря использованию новых материалов предполагается, что полноразмерный самолёт Boom будет способен развивать скорость свыше 8300 км/час. При этом его вместимость более чем вдвое будет уступать вместимости Конкорда (45 против 100 пассажиров).

Представители компании Boom утверждают, что перелёт из Лондона в Нью-Йорк будет стоить всего 5000 долларов США (половина стоимости билета на Конкорд по тому же маршруту). Полёт по маршруту Лондон – Нью-Йорк должен занять 3 часа 24 мин; Сан-Франциско – Токио – 5 часов; Лос-Анджелес – Сидней – 6 часов). Лайнер будет подниматься на высоту 18 км. Причем, скорее всего, во время долгих перелётов самолёту понадобится дозаправка в воздухе. Предполагается, что полноразмерный самолёт будет построен в 2023 году. Авиакомпания Virgin Atlantic, организующая длинномагистральные перелёты из Великобритании, заявила, что хотела бы приобрести 10 самолётов Boom Jet. Кроме того, 15 самолётов намерена приобрести ещё одна европейская компания, чьё название не оглашается (Райт, 2016).

Испытание уменьшенного прототипа лайнера «Baby Boom» намечалось на конец 2017 года, а полноразмерного варианта – на 2020-е годы.

Лайнер Skreemr. Сверхзвуковой лайнер Skreemr также может занять своё место в парке будущей авиации. Правда, пока он существует только в чертежах. Его спроектировали канадские конструкторы. Особенностью самолёта будет то, что с Земли он будет запускаться с помощью электромагнитной рельсовой пушки со скоростью, близкой к 5000 км/час. Затем должен запускаться водород-кислородный жидкостный ракетный двигатель, который должен разогнать самолёт до скорости в 12 000 км/час.

По всей вероятности, такая конструкция призвана сэкономить на первой ступени ракеты-носителя и удешевить стоимость полёта. Однако вместе с тем возникают значительные технические проблемы. В частности, непонятно, можно ли будет найти по доступной цене материал, способный выдержать экстремальную температуру при ускорении, особенно на низких высотах. Непонятно также, как пассажиры смогут переносить столь высокие перегрузки при взлёте.

При успешном решении возникающих проблем Skreemr будет летать в пять раз быстрее «Конкорда» и нести на борту 75 пассажиров (Сверхбыстрый, 2015).

«**Конкорд-2**». В конце 2015 года компания Airbus запатентовала конструкцию нового сверхзвукового самолёта под названием «Конкорд-2» (рис. 7.25).

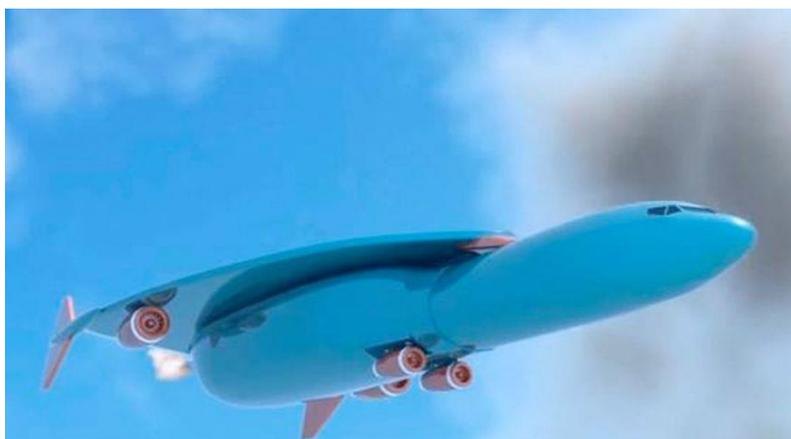


Рисунок 7.25 – Сверхзвуковой самолёт под названием «Конкорд-2» (Airbus, 2015).

Предполагается, что он в 4,5 раза превысит скорость звука. Таким образом, он будет летать в три раза быстрее своего предшественника «Конкорда», который был выведен из эксплуатации в 2003 году. Его создатели надеются, что он сможет подняться на высоту до 30 км. Подобные качества будут достигнуты благодаря более совершенной динамике, новым материалам и футуристической конструкции. Количество пассажиров, которые самолёт сможет взять на борт, ограничено – 19. Правда, новый лайнер на первых порах будет использоваться только военными. Впрочем, создатели самолёта не исключают, что в последствие на нём могли бы также летать бизнесмены и VIP пассажиры, которые бы желали за день «обернуться» туда-назад в межконтинентальной поездке. Ведь перелёт из Лондона в Нью-Йорк займёт лишь один час. Предполагается, что первые испытания лайнера смогут начаться в 2019 году (Airbus, 2015).

7.6. Горизонты беспилотного транспорта

Общие вопросы. Анализируя перспективы развития транспорта, нельзя оставить без внимания *создание беспилотных систем* управления транспортными средствами, которое не только превращается в одно из важнейших направлений сестейнизации транспорта, но и становится ключевым фактором трансформации стиля жизни людей. Сегодня все ведущие

компании, связанные с производством и обслуживанием транспорта, ведут исследования в области конструирования систем автопилотирования и обеспечения беспилотного вождения транспортных средств.

Автопилот (система автоматического управления) – это устройство или программно-аппаратный комплекс, ведущий транспортное средство к определённому заданному пункту назначения или по заданной траектории.

Беспилотным принято называть транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое способно передвигаться без участия водителя.

До недавнего времени автопилоты применялись в авиации или в железнодорожном транспорте (к которому условно можно отнести и маглев). Это объясняется тем, что в данных видах транспорта движение происходит в пространстве, которое не содержит большого количества препятствий. В последнее время автопилот стал активно использоваться и в автодорожном транспорте.

Страницы истории

Первая автоматизированная система управления самолётом была разработана американским предприятием Sperry Corporation в 1912 году. Она обеспечивала автоматическое удержание курса и стабилизацию крена. В 1930-е годы автопилоты уже устанавливались на некоторых самолётах, прежде всего – на пассажирских. В 1947 году самолёт C-54 ВВС США впервые совершил трансатлантический перелёт полностью под управлением автопилота, включая взлёт и посадку (Автопилот, 2017).

Эксперименты по автоматизации отдельных функций управления автомобилем начались ещё в 1920-е годы. Хотя они обещали создание беспилотных автомобилей уже в 1950-е годы, пришлось ожидать 1980-х, чтобы увидеть реальные результаты таких работ. В 1984 г. беспилотный автомобиль (проект Navlab) впервые испытали в университете Карнеги-Меллон (Carnegie Mellon) в Питтсбурге, США. Одной из первых смогла создать свой автомобиль-робот (проект Prometheus) и команда из университета Bundeswehr из Мюнхена под руководством Эрнста Дикманнса (Ernst Dickmanns). Их автомобиль на автопилоте смог развить скорость до 96 км/час, правда, на пустой улице. Однако уже в 1995 году их же Мерседес-беспилотник смог проехать по обычным автобанам 1678 км из Мюнхена в Данию и обратно, развивая скорость до 180 км/час и обгоняя другие автомобили. При этом система GPS не использовалась (Prof. Schmidhuber's, 2017).

В современных беспилотных автомобилях используются алгоритмы на основе Байесовского метода одновременной локализации и построения карт (SLAM, simultaneous localization and mapping). Суть работы алгоритмов состоит в комбинировании данных с датчиков автомобиля (real-time) и данных карт (offline).

Обычно для обеспечения работы автопилоты устанавливаются следующие датчики: LIDAR – дальномер оптического распознавания; система стереозрения; система глобального позиционирования (GPS, Глонасс); гиростабилизатор.

Программное обеспечение беспилотного автомобиля может включать машинное зрение и нейросети.

Развитие функций автопилота, как правило, основывается на одном из трёх подходов. В частности, на основе первого – инженеры фирмы Ford разработали «Систему помощи в пробках» (Traffic Jam Assist). Оснащённый такой системой автомобиль может двигаться в плотном дорожном потоке без участия водителя: машина сама остановится, если остановится впереди идущая машина, и тронется, если двинется поток. При этом контролируется режим впереди идущей машины и дорожная разметка (по сигналу оптического датчика машина возвращается в свой ряд, если она вдруг начала пересекать дорожную линию).

Суть второго подхода заключается в том, что автомобиль как бы управляется впереди идущей машиной, а в действительности точно следует за передней машиной. Его исповедуют специалисты фирмы Volvo.

При третьем подходе автомобиль сам активно взаимодействует с другими участниками движения, а также с дорожной разметкой. При втором подходе коммуникации называется «машина-к-машине» («vehicle-to-vehicle»), а при третьем – «машина-к-инфраструктуре» («vehicle-to-infrastructure»). Над подобными системами пилотирования работает большинство мировых автоконцернов. Они более сложные, но и более удобные. Их появление в серийном производстве ожидается к 2020 году (Грамматчиков, 2012).

Классификация автоматизации автомобилей разработана Сообществом автомобильных инженеров (SAE) и содержит 6 уровней:

- **0-й уровень:** отсутствует контроль над машиной, но может присутствовать система уведомлений;
- **1-й уровень:** водитель должен быть готов в любой момент взять управление на себя; могут присутствовать следующие автоматизированные системы: круиз-контроль (ACC, Adaptive Cruise Control), автоматическая парковочная система и система предупреждения о сходе с полосы (LKA, Lane Keeping Assistance) 2-го типа;
- **2-й уровень:** водитель должен реагировать, если система не смогла справиться самостоятельно; система управляет ускорением, торможением и рулением; при этом она может быть отключена;
- **3-й уровень:** водитель может не контролировать машину на дорогах с «предсказуемым» движением (например, автобаны), но при этом он должен быть готовым взять управление;
- **4-й уровень:** аналогичная 3-му уровню, но уже не требует внимания водителя;
- **5-й уровень:** со стороны человека не требуется никаких действий кроме старта системы и указания пункта назначения. Автоматизированная система может доехать до любой точки назначения, если иное не запрещено законом (Беспилотный автомобиль, 2017).

Созданием автопилотов для автомобилей кроме автопроизводителей (Tesla-Motors, BMW, Mercedes, Volkswagen, Nissan, Ford, General Motors, Volvo, Toyota и др.) занимаются роботостроительные и компьютерные компании (прежде всего, Google, Apple, Cognitive Technologies, Cruise Automation, Uber и др.). Работы ведутся по двум направлениям: создания изначально беспилотного автомобиля и создания различного уровня автопилотных устройств, которые бы можно было поставить на обычные автомобили. Прорыв наметился с приходом в 2010-х годах новых прорывных технологий использования искусственного интеллекта. Со всех концов света стали приходить обнадеживающие новости. Вот только несколько примеров.

В 2010 году колонна беспилотных автомобилей совершила автопробег в 15000 км из итальянской Пармы в Шанхай на Экспо-2010. Почти весь путь автомобили-роботы проделали самостоятельно, и только иногда они нуждались в помощи человека (Автопробег, 2010).

В 2011 году в аэропорту Хитроу стали функционировать автоматические миниавтобусы (pods), вместимостью 4 человека. По фиксированным полосам они способны развивать скорость до 40 км/час (Новиков, 2011).

В 2012 году выдана первая в мире лицензия без водителя. Первым таким автомобилем стал гибрид Toyota Prius, оснащённый автопилотом компанией Google. Первый пробег автомобиля состоялся на центральном бульваре Лас-Вегаса в штате Невада, США. Всего же в ходе испытаний машина проделала путь в 140 тыс. миль (225 тыс. км) без аварий (Выдана, 2012).

В 2015 году беспилотник, созданный британской фирмой Delphi Automotive на основе Ауди, совершил автопробег от Сан-Франциско до Нью-Йорка. Длина маршрута составила почти 5,5 тысяч км. За 9 дней поездки машина пересекла границы 15 штатов. На маршруте машине пришлось решать непростые задачи (запутанные транспортные развязки, мосты и тоннели, дороги с ремонтными работами). Представители компании заявили, что 99% маршрута машина прошла в автоматизированном режиме (Беспилотный, 2015).

В 2016 году после двухлетних испытательных поездок в Сингапуре начали работу шесть беспилотных такси. Речь идёт об электрокарах Renault Zoe и Mitsubishi i-MiEV. С 2017 года автопарк беспилотников был увеличен до 12 автомобилей. На первых этапах такси-беспилотники будут работать в пределах 6,5 квадратных км в районе делового центра. На пользование первой беспилотной линией такси уже подписалось несколько десятков человек (В Сингапуре, 2016; В Сингапуре, 2014).

Беспилотные автобусы одними из первых видов транспорта стали выполнять реальную работу по перевозке пассажиров. В ряде случаев эти поездки уже становятся коммерческими.

В 2015 году в голландском городе Вагенинген с реальными пассажирами была начата презентация 6-местного автобуса WEpod (рис. 7.26). Его создатели – французская компания EasyMile и организация Citymobilz. На начальном этапе его пробег был ограничен 200 м, а скорость – 8 км/час. После однолетнего испытательного срока эксперимент было решено продолжить на три года с увеличением пробега (WEpods, 2017; Скрипин, 2016 а).



Рисунок 7.26 – Беспилотный 6-местный автобус в Вагенингене, Нидерланды (Скрипин, 2016 а)

В 2016 году во французском Лионе стали курсировать два 15-местных беспилотных автобуса (рис. 7.27). Маршрут длиной в 1,3 км предусматривает пять остановок. Скорость движения на время испытаний «заморожена» на уровне 20 км/час. Производитель – компания Navya. В салоне нет водителя, но присутствует сотрудник городской транспортной службы с компьютером, готовый при необходимости взять управление на себя (Семенова, 2016). Эта же компания запустила также беспилотные автобусы во французском Бордо и швейцарском Съёне.



Рисунок 7.27 – Беспилотный 15-местный автобус в Лионе (Семенова, 2016)

В конце 2016 года в Париже на маршрут вышли два беспилотных мини-электроавтобуса (произведены французской компанией Easymile). Если проект окажется успешным, в столице Франции внедрят больше такого транспорта. Автобусы курсируют между Лионским вокзалом и вокзалом Аустерлитц. Они ходят исключительно по выделенной полосе, на которую не заезжают другие транспортные средства. Каждый беспилотник вмещает 12 человек. Автобус обладает реверсивностью хода. Поэтому ему не нужно разворачиваться на конечной остановке. Эта же компания в 2017 году приступила к внедрению беспилотных автобусов в Хельсинки (Финляндия) (В Париже, 2017).

В 2016 году прошла обкатка 12-местного электрического беспилотного автобуса Park Shuttle в Роттердаме (Нидерланды) и Ористано (Сардиния, Италия) (рис. 7.28). Дистанция соответственно 1,8 и 1,7 км. Отличие только в том, что в Роттердаме выделена отдельная полоса для беспилотных автобусов (и автобус следует по магнитным направляющим проводам), а в Ористано планируют организовать движение беспилотных автобусов по той же полосе, по которой ездят велосипедисты и обычные автомобили. Предполагается, что беспилотники не будут создавать проблем движению транспорта, так как отлично распознают препятствия и не должны быть опасны для окружающих.



Рисунок 7.28 – Беспилотный автобус на улицах Ористано (Какой будет, 2017).

В 2016 г. начато также внедрение беспилотного автобуса Heathrow Pod в Лондоне. Речь идёт о перевозке пассажиров в международном аэропорту Хитроу (Какой будет, 2017).

По сведениям одного из производителей автобусов-беспилотников Navya, к середине 2017 года их беспилотниками в Европе, Азии и США было перевезено 150 тысяч пассажиров. По подсчётам издания «The New York Times», в Европе уже запущено более 20 экспериментальных или полноценно работающих миниавтобусов. Кроме уже названных стран они функционируют также в Германии (Самуилкина, 2017).

Пока подобные автобусы обладают довольно скромным внешним видом, так как их разработчики преследовали прежде всего достижение функциональности и безопасности. Однако со временем они станут более стильными и футуристичными.

Беспилотные грузовики. В 2016 году грузовик-беспилотник (на базе серийного тягача Volvo) компании Otto-Uber в штате Колорадо, США совершил первый коммерческий рейс (рис. 7.29).



Рисунок 7.29 – Автопилотный грузовик компании Otto-Uber (Беспилотный, 2016).

Грузовик проехал около 120 миль (193 км). Средняя скорость грузовика составляла 90 км/час. Водитель, правда, в нём был, но он, выведя грузовик из города, переместился на спальное место в задней части кабины. Первым грузом беспилотника были напитки компании Anheuser Busch. Регулярные коммерческие рейсы планировались на начало 2017 г. (Воронцов, 2016 а; Беспилотный, 2016).

В 2017 г. предприятие Volvo Trucks (грузовое подразделение компании Volvo) совместно с компанией Renova, занимающейся утилизацией отходов, разработали и испытали автономный мусоровоз. Грузовик-беспилотник «позаимствовал» технологии, которые уже применялись в другом проекте Volvo – при создании автономных добывающих машин.

«Стоит оговориться, что речь идет не о полной автономии: грузовик работает в паре с водителем и под его контролем. Бортовому компьютеру мусоровоза достаточно одного раза, чтобы запомнить маршрут движения и территорию, где находятся контейнеры с мусором. Далее грузовик может двигаться самостоятельно, в то время, как водитель будет заниматься уборкой мусора. За перемещение автомобиля отвечает автопилот. Для большего удобства погрузки мусоровоз движется задним ходом, при этом установленные на нем сенсоры-лидары предупреждают о находящихся на пути объектах. Таким образом, автономный мусоровоз и водитель выполняют каждый свою функцию: первый перемещается от одного места сбора мусора к другому, а водитель занимается перегрузкой мусора из контейнеров в отсек уплотнения отходов» (Агеев, 2017 в).

Украинский беспилотник. В дело создания беспилотных автомобилей на транспорте вносят свой вклад и украинские разработчики. В частности, запорожская компания «Инфоком ЛТД» разработала автопилотный

модуль Pilotdrive, который может быть установлен на существующие на рынке автомобили – как на легковые, так и на грузовые (рис. 7.30). Программная часть модуля полностью разработана украинскими специалистами, а вот технические узлы в большинстве своём закупаются за рубежом (Америка, Германия, Китай).



Рисунок 7.30 – Легковой автомобиль, оборудованный украинским автопилотом Pilotdrive (В Украине, 2016 б).

Оборудованный установкой Pilotdrive автомобиль оснащен камерами, датчиками, радаром и тепловизором, которые позволяют ему ориентироваться в пространстве. Датчики беспилотника имеют охват 360°, что исключает возникновение слепых зон. Сенсорные системы распознают дорожные знаки, пешеходов и даже животных, выбегающих на проезжую часть. Реакция автомобиля на препятствие мгновенная, уверяют разработчики, – система анализа и принятия решений срабатывает за доли секунды. Установка также обладает уникальной системой визуализации информации (пройденный путь, скорость, расход топлива, работоспособность узлов, пр.) от компании Siemens. Это облегчает принятие пассажирами (водителем) необходимых решений (В Украине, 2016 б).

По признанию разработчиков, создание беспилотного модуля в значительной степени было обусловлено войной на Донбассе. Цель – минимизация рисков и сохранение жизни людей при выполнении боевых заданий (перевозка боеприпасов, продовольствия, топлива, медикаментов в зону боевых действий, эвакуация раненных и пр.). Выполнение значительной части этих задач и берут на себя беспилотные транспортные средства.

Возможными сферами применения беспилотников могут быть также: карьеры, откуда будет вывозиться добываемое сырьё; уборка урожая и т.п.

Бесконтактные зарядки. Говоря о беспилотном будущем автомобилей, нельзя не затронуть очень важный вопрос их бесконтактной зарядки. Эта проблема жизненно важна с точки зрения развития Четвёртой промышленной революции. Научив транспортные средства обходиться без человека на дорогах, необходимо научить их быть независимыми от человека и во всём остальном.

Сегодня в мире идёт напряженная работа по совершенствованию методов бесконтактной зарядки электромобилей (Найден, 2017; Хижняк, 2017 б). Технологии бесконтактной зарядки строятся на создании (индукции) электромагнитного поля вдоль полотна дороги. Двигаясь по ней, электромобиль заряжает свои аккумуляторы. Следует добавить, что и само электричество, по замыслу создателей, дорога будет вырабатывать сама за счёт солнечных панелей, проложенных под слоем прозрачного защитного покрытия – своеобразного «прозрачного бетона». Однако эффективность такой зарядки ниже, чем у метода прямого пополнения заряда.

Экспериментальный участок такой дороги уже построен в Великобритании. Его создатели – учёные и инженеры из Стэнфордского университета и государственная компания Highways England (В Британии, 2015). Подобные исследования проводятся также в Нидерландах (Голландские, 2017), Израиле (Кузнецов, 2017), Китае (Скрипин, 2017 в).

Впрочем, подобный метод бесконтактной зарядки является не единственным. Украинец Вадим Демидюк представил собственный концепт трёхколесного электромобиля вообще без аккумулятора. Электроэнергию он получает от сверхскоростного передатчика по беспроводной сети (как наши устройства получают сигналы Интернета от сети Wi-Fi). Это позволяет отказаться от аккумулятора и снизить вес автомобиля. Последний может использоваться постоянно – без перерывов на подзарядку (Григоров, 2017).

Дроны. Всё большую роль в общественной жизни начинают играть *беспилотные летательные аппараты* (БПЛА, реже БЛА; в разговорной речи также – «беспилотник», или «дрон», от англ. drone – трутень). Под ними понимают летательные аппараты без экипажа на борту. Дроны могут обладать различной степенью автономности – от дистанционно управляемых до полностью автономных. Они также могут существенно различаться по конструкции, размерам, назначению и множеству других параметров (Беспилотный летательный, 2017).

Страницы истории

Предпосылки для создания дистанционно управляемых летательных объектов стали возникать с появлением электричества и радио. Австрийская армия использовала управляемые по проводам воздушные шары для бомбардировки Венеции 22 августа 1849 года. В 1897 году, когда беспроводный телеграф едва появился, британец Эрнест Уилсон (Ernest Wilson) запатентовал беспроводный способ управления дериваблем. Правда, сведений о его практическом воплощении нет. Но ещё в 1898 году за два года до того, как подобные опыты стал проводить Маркони (Marconi), Никола Тесла (Nikola Tesla) на выставке в Мэдисон Сквер Гарден (Madison Square Garden) продемонстрировал беспроводный дистанционный контроль за небольшим судном. В этом же году он запатентовал своё изобретение. В

1900 г. он уже продемонстрировал беспроводный контроль за управляемым воздушным шаром. Такой метод управления был назван самим изобретателем «телеавтоматикой» (Remote, 2017).

Вплоть до 2000-х годов развитие беспилотной авиации было связано главным образом с военной сферой. Новые технологии и новые технические решения раскрыли возможности использования авиационных беспилотников в различных сферах деятельности (20 примеров, 2016; 15 профессий, 2017; Нед, 2015).

Геология, археология, управление инфраструктурой. Использование дронов значительно облегчает выполнение задач по геологоразведке и в археологии. В частности, в 2016 году квадрокоптер GoPro благодаря использованию тепловизора помог обнаружить местонахождение холодных участков под песком, что позволило найти древнее поселение в Мексике. Тепловизоры, установленные на дронах, помогают отслеживать прорывы на теплотрассах в крупных городах Украины.

Страховой бизнес. Компания State Farm стала первой в США, получившей в 2015 г. разрешение от Федерального авиационного управления на тестирование беспилотников для коммерческого использования. Потенциальной сферой использования является оценка ущерба (например, от повреждения крыш) в результате стихийных бедствий. Дронов начали тестировать такие страховые компании, как AIR и Liberty Mutual Insurance.

Управление строительством. Дроны всё чаще используются для контроля за процессами строительства (сбор предпроектной информации, анализ динамики процесса строительства и использования материалов и пр.). Американский стартап Kesrgy вышел на рынок с прототипом дрона, способного выполнять подобные задачи.

Инспекция промышленных объектов. Дроны способны взять на себя часть функций, сопряженных с риском работы в труднодоступных местах (например, на высоте). Проверка с использованием дронов быстрее, дешевле и гораздо эффективнее. Компании AirFusion и Strat-Aero создали беспилотник WindSpect для инспекции и обнаружения дефектов ветряных турбин. Последние разработки в сфере машинного зрения и искусственного интеллекта позволяют автоматически обнаруживать и классифицировать технические дефекты.

Французская энергетическая компания Total использует дроны для обнаружения утечек из газопроводов. Американская компания Jet Propulsion Laboratory (JPL) работает над созданием маленького «нюхача», который сможет обнаружить малейшие утечки вдоль 48-тысячемильного газопровода.

Британская компания Cyberhawk одной из первых использовала дроны для проверки газовых скважин. Аппараты компании, работая в непосредственной близости над скважинами, позволяют оценить их состояние. Подобная инспекция даёт возможность тщательно подготовиться к ре-

монтажным работам (в частности, заблаговременно заказать необходимые запчасти).

Медицинская помощь. Технический университет TU Delft (Делфт, Нидерланды) разработал прототип дрона, под названием Ambulance Drone, способного оказывать помощь врачам в критических ситуациях. В частности, он содержит даже дефибрилятор, а также позволяет докторам удалённо следить за ситуацией после разряда. Испанская компания Dronelife и индийская Fortis Healthcare разрабатывают дроны для доставки трансплантационных органов.

Научная деятельность. В университете Флориды разработан прототип дрона, помогающий в проведении научных исследований. Маленький (15-сантиметровый) беспилотник, весящий не больше iPod'a, способен проникать прямо в эпицентр шторма и даже погружаться в воду, собирая ценную, ранее недоступную метеорологическую информацию.

Инструментарий на космических станциях. В настоящее время специалистами Project Tango и NASA создаются специальные дроны, способные работать в невесомости на космических станциях.

Формирование структуры Интернета. Сразу два IT-гиганта Facebook и Google объявили о своём решении образовать сеть из спутников, лазеров и дронов, которые в состоянии обеспечить интернет-покрытие по всей планете. Для этого уже сейчас начаты разработки по созданию дронов на солнечных батареях.

Служба ЧС. В Массачусетском технологическом институте (MIT) разработан небольшой квадрокоптер, способный выполнять задачи, обычно возникающие в случае чрезвычайных ситуаций (доставка продовольствия, лекарства, необходимых инструментов и пр.). Такая транспортировка обойдётся в разы дешевле и с минимальным риском для спасателей. Уже разработаны дроны, предупреждающие о наводнениях, пожарах и других стихийных бедствиях.

Почтовая служба и служба доставки. Компании Amazon и Alibaba планируют использовать дроны для доставки своих заказов (если им удастся преодолеть законодательные запреты). Свои собственные задачи решает крупнейшая пиццерия мира Dominous Pizza. Ещё два года назад она начала разработку своих собственных ДомиКоптеров для доставки пиццы.

Санэпидслужба. Специалисты планируют использовать роботов-дронов для обследования территорий и оценки уровня электромагнитного и радиоактивного излучения, а также химического загрязнения и шума. Подобная оценка, в частности, может предшествовать началу строительных работ.

Ресторанный бизнес. В лондонском ресторане Yo Sushi дроны уже успешно заменяют летающие подносы. Официанты теперь не перемещаются между столиками, а управляют беспилотниками через iPad-приложение. Подобное нововведение планируется в некоторых ресторанах Сингапура, где предполагается использовать дроны Infinium Robotics. Их работа основана на компьютерной программе, а ориентироваться в пространстве

они смогут при помощи инфракрасных датчиков. Предполагается, что за один раз дрон будет переносить до двух килограммов еды и напитков.

Патрульная служба. Борьба с незаконной иммиграцией, пиратством, терроризмом скоро может также стать функцией дронов. Полиция и пограничники Австралии уже давно используют беспилотники для обеспечения безопасности побережья. Этому примеру собирается последовать Индия. Ещё одним направлением может стать экологический контроль – предотвращение незаконных случаев загрязнения среды. А сотрудники Deutsche Bahn задействуют дроны для охраны инфраструктуры железной дороги и подвижного состава. В частности, удалось максимум сократить нанесение графити. В Австралии дроны предупреждают также о возможности нападения акул.

Агропроизводство и лесоведение. Дроны способны выполнять различные виды сельхозработ (внесения удобрений и химикатов, посевов культур и пр.). Сотрудники Гарвардского университета даже создали робопчелу, дрона, способного выполнять работу пчёл. Дроны также способны осуществлять мониторинг сельхозплощадей – определять их влажность, наличие питательных веществ, степень зрелости урожая. Беспилотники также используются для мониторинга состояния лесных массивов и даже участвуют в посадке лесных культур.

Спортивная деятельность. Дроны способны задавать параметры различных тренировочных упражнений, например, скорость бега. Они также могут выступать в качестве своеобразных спаринг-соперников в соревновании по бегу. В частности, такой дрон-робот Jogobot создан специалистами австрийского технологического института.

Журналистика и кинематография. Специалисты университета Миссури (University of Missouri) исследуют возможности сбора дронами информации для целей СМИ. Компания Falkor Systems занимается разработкой дронов для спортивной журналистики и съемки экстремальных видов спорта (сноубординг, бейсджампинг, ралли и т.д.). В 2015 году прошёл даже фестиваль фильмов, снятых при помощи дронов (Flying Robot International Film Festival).

Охрана дикой природы. Дроны используются для мониторинга процессов (например, миграции животных), происходящих в экосистемах. Во многих странах они используются для обнаружения и перехвата браконьеров.

Развлечения и шоу-бизнес. Работники Disney уже сегодня внедряют дроны в свои воздушные представления. Их передвижение контролируется специальными станциями управления. Беспилотники могут использоваться и в других шоу-представлениях, в том числе и в рекламных целях. Они могут быть также использованы для организации развлекательных состязаний беспилотников.

Беспилотники в агробизнесе. Сельхозпроизводство является одним из наиболее трудоёмких видов в бизнесе. Поэтому не удивительно, что ис-

пользование беспилотных технологий является наиболее востребованным именно там.

Страницы истории

Одним из первых изобретателей тракторного автопилота стал в самом конце 1930-х американский фермер Френк Андрью (Frank W. Andrew). По замыслу создателя, его беспилотный трактор (driverless tractor) двигался по спирали от центра поля, обрабатывая землю или сажая культуры (Condon et al, 1940).

В 1950-х свой беспилотный трактор попытался создать сам автомобильный магнат Форд (Ford). Он, правда, так и не нашёл применение, так как не было создано базовое условие его работы – управляющий подземный кабель (Leffingwell, 2001).

Особых преимуществ в беспилотном тракторе не видели до 1994 года, когда инженеры из научно-исследовательского института Силсох (Silsoh) разработали систему картографического анализа (picture analysis system), которую можно было использовать в работе небольших тракторов, спроектированных для уборки овощей и корнеклубневых растений (Williams, 2002).

Развитие точного земледелия (precision agriculture), появление компьютерных технологий и современных средств связи (прежде всего GPS) сделали использование беспилотных тракторов значительно эффективнее. Всё это создало предпосылки для широкого использования беспилотных технологий в аграрном производстве (Driverless, 2017).

Разработки по созданию современных беспилотных тракторов и комбайнов, которые используют элементы роботов, стартовали на рубеже 2000–2010-х годов. Первые серийные образцы беспилотной агротехники ожидаются в начале 2020-х годов. На сегодня ведущими разработчиками агропромышленных беспилотников являются корпорации John Deere (США), Autonomous Tractor Corporation (США), Fendt (Германия), Case IH (Италия).

Для обеспечения беспилотных режимов агротехники используются два различных подхода. Первый основан на дистанционном управлении техники человеком при помощи, например, антенн или спутниковых средств. Человек может контролировать работу такой техники, находясь в офисе или же в одной из работающих машин. В последнем случае в поле может работать несколько тракторов или комбайнов, которые будут ведомыми машинами под контролем оператора, поддерживая при помощи их компьютеров заданную скорость, направление движения и т.п.

Второй подход основан на обеспечении значительно большей автономности работы сельхозтехники без участия человека.

Такие беспилотники работают на основе специального программного обеспечения (электронных карт), используя для ориентации различные

технические средства (лазеры, сенсоры, радары, системы GPS и другие технологии). Фермер может запрограммировать беспилотную технику работать очень избирательно и точно на каждом конкретном поле. Например, удобрение можно будет вносить в таких дозах и пропорциях, которые соответствуют типу грунтов на заданном поле, а подбор удобрений осуществлять согласно потребности именно данной почвы (Беспилотные тракторы, 2017).

Японская компания Honda представила роботизированную газонокосилку Miimo. В течение нескольких лет она хорошо зарекомендовала себя на европейских газонах, а в ближайшее время приступит к работе еще в нескольких странах. В частности, охватывается почти вся территория США, за исключением штата Калифорния. Honda предлагает две основных модели: Miimo 310, рассчитанные на обработку участков до 0,2 га и Miimo 520 – до 0,3 га.

«Miimo оснащена аккумулятором, бортовым компьютером, таймером и серией датчиков, что гарантирует её хозяину принцип управления «включил и забыл». Таймер можно установить на дневной и ночной покос, а также настроить на режим покоса интервалами. Перед началом работы требуется установить специальные ограничительные провода, чтобы газонокосилка не вышла за границы площадки. Граница может устанавливаться как на поверхности, так и под ней по периметру газона, а также вокруг препятствий – деревьев и клумб, если они есть на участке. Honda Miimo косит небольшими «порциями», срезая по 2–3 мм за раз несколько раз в неделю. Еще одна особенность Miimo: после нее не нужно собирать срезанные фрагменты травы. Поскольку они очень малы, то со временем перегнивают и становятся хорошим удобрением для травяного газона» (Агеев, 2017 б).

Украинский агроробот. Говоря о беспилотных технологиях в агропроизводстве, нельзя не упомянуть о разработках украинских исследователей. Команда инженеров из Днепра разработала концепт автономного модульного агрокомплекса AgroSmart L с солнечными панелями в качестве источников питания, который сможет обрабатывать до 3000 га в день. На сегодня разработан действующий прототип модели в масштабе 1:15.

Как объясняет руководитель проекта Максим Тютюнников: «Комплекс имеет модульную систему и состоит из системы беспилотных «мини-тракторов», мостовой фермы и набора навесных манипуляторов, которые смогут выполнять любые полевые работы и подбираться в зависимости от потребностей сельхозпроизводителей. Благодаря солнечным панелям и аккумулятору робот сможет работать круглосуточно. Бортовой компьютер «умного» трактора можно будет запрограммировать на многолетний период работы: робот сможет сам заезжать на поле, а транспортные модули

будут подвозить семена, удобрения и тару, отправляя на склад уже фасованную продукцию, говорят специалисты».

«Согласно концепции, по бокам робота будут расположены грузовые модули, которые будут доставлять расходный материал и забирать урожай. Комплекс сможет постоянно находиться в поле, а за процессом работы можно будет наблюдать онлайн – при этом один оператор будет контролировать сразу несколько таких агрегатов». Робот способен будет обрабатывать одновременно около восьми культур. «В отличие от существующих аналогов, он сможет адаптироваться под рельеф и работать даже на неровной местности.

«Традиционная сельхозтехника своим весом утрамбовывает землю, нарушая капиллярный обмен и причиняя вред почве, да еще и использует большое количество горюче-смазочных материалов. К тому же даже современные точные технологии земледелия не позволяют избежать больших монокультурных полей с сорняками и вредителями, для уничтожения которых нужны ядохимикаты. Предполагаемая технология агромоста позволяет трактору двигаться по дорожкам, а не по пашне, а точная посадка – выращивать на одном поле вместе различные растения: например, ряды пшеницы, клевера, картошки и капусты» (Украинцы разработали, 2017).

Несомненным преимуществом беспилотников является их способность работать «без усталости» круглосуточно, максимально реализуя функции сельхозработы в самые оптимальные для этого сроки, а значит, с максимальной эффективностью для агропроизводства.

Беспилотные суда. Сфера применения беспилотных технологий не ограничивается авиацией и сухопутным транспортом. В процесс перехода на автопилотирование включились и водные виды транспорта. В частности, в 2018 году планируется принять к эксплуатации автономный контейнеровоз на электрической тяге, разработанный совместно норвежскими компаниями Yara и Kongsberg.

Судно под названием Yara BirketLand планируется использовать при перевозке удобрений, изготовленных на заводе компании Yara в городке Просгрунн до близлежащих городов Бревик и Ларвик. Предполагается, что весь 2018 год корабль будет эксплуатироваться в пилотируемом режиме, а в течение 2019–2020 годов его переведут полностью в автономный режим.

Существенным преимуществом корабля-беспилотника является его экологическая чистота. В перспективе использование таких судов позволит значительно сократить атмосферные выбросы, ведь ежегодно по указанному маршруту требуется до 40 тысяч грузовых рейсов (Агеев, 2017 а).

Данный проект не является единственным. Компания Rolls Royce представила собственную концепцию судна-беспилотника. Его управление предполагается осуществлять дистанционно – с береговых центров управ-

ления. Это позволит значительно снизить стоимость перевозок и затраты на строительство самого судна – ему ведь не нужны каюты и палубы.

Начало регулярных коммерческих рейсов автономных грузовых судов на электрической тяге открывает огромные перспективы в области судоходства, позволяя значительно сократить удельную стоимость грузоперевозок и экологизировать транспортные процессы.

Влияние беспилотного транспорта на экономику. Безусловно, развитие беспилотного транспорта находится только на его начальной стадии и сопряжено с преодолением значительного числа проблем: технических и социальных. Они связаны с совершенствованием технологической основы, привыканием людей, сопротивлением общества новому, разрушающему устоявшийся уклад жизни и нарушающему существующий товарно-денежный метаболизм экономических систем.

Однако роль беспилотного транспорта следует понимать правильно. Он внедряется не просто для того, чтобы улучшить отдельные стороны жизни общества. Его приход – вынужденная мера, чтобы вывести человечество из тупика, в который оно попало и впредь подошло к социально-экологической катастрофе. Внешними проявлениями этого тупика являются: колоссальное загрязнение среды; километровые пробки на автомагистралях, тромбирующие часовыми простоями транспортные потоки; беспрецедентная аварийность существующих транспортных систем, ежегодно уносящая жизни свыше одного миллиона землян; колоссально низкая эффективность использования транспортных средств, не превышающая нескольких процентов.

По-прежнему ожидается решения ряд проблем: технических (повышение безопасности), юридических (установление ответственности за возможное нанесение ущерба), социальных (потеря рабочих мест, связанных с вождением транспортных средств), этических (приемлемость выбора автопилотом жертв в критических ситуациях – если их нельзя избежать в принципе) и другие (Дембинская, 2016).

Однако уже сегодня просматриваются те преимущества беспилотного транспорта, которые обещают качественно изменить состояние транспортных процессов и жизни людей (Беспилотный, 2015):

- кардинальная минимизация ДТП и человеческих жертв;
- снижение стоимости транспортировки грузов за счёт экономии на заработной плате и времени отдыха водителей;
- снижение потребности в транспортных средствах;
- повышение пропускной способности дорог за счёт снижения количества транспортных средств благодаря их оптимальной загрузке;
- разгрузка человека от необходимости выполнять работу по управлению транспортным средством ради возможности выполнять более творческую работу;

- повышение эффективности использования транспортных средств (в автопилотном варианте их загрузка возрастает с 10–50% до 100%);
- снижение риска для людей в случае доставки грузов в опасных зонах или опасных условиях;
- снижение экологической нагрузки за счёт оптимизации парка транспортных средств и их перевода на альтернативные виды энергии.

Приход в нашу жизнь беспилотного транспорта фактически представляет собой первую волну накатывающейся на человечество Четвёртой промышленной революции, в которой основную нагрузку физического труда начинают брать на себя машины. Это заставляет пересмотреть многие устоявшиеся понятия жизни и деятельности человека в сторону перехода от приоритета трудовых функций человека к приоритету его личностного развития.

7.7. Стратегические вопросы развития транспорта

Определяя стратегические направления развития транспорта, человек не может выйти за пределы жестких материальных ограничений, объективно существующих на Земле. В сочетании с экономическими, социальными и экологическими факторами они формируют поле наиболее вероятных виртуальных траекторий, по которым будут следовать транспортные решения. К таким факторам следует в первую очередь отнести:

- предельное количество одновременного пребывания в ограниченном пространстве материальных объектов (транспортных средств);
- эколого-экономические характеристики используемого источника энергии;
- эколого-экономическая эффективность вида транспорта (эффект на единицу транспортной работы);
- достижимая скорость перемещения пассажиров или грузов;
- социальные показатели (удобство физического достижения пассажирами данного вида транспорта и нахождения в нём во время перемещения);
- безопасность использования данного вида транспорта для человека, антропогенной среды и природы.

В этой связи нам представляется уместным провести анализ путей развития транспорта по четырём стратегическим уровням:

- ✓ межконтинентальному;
- ✓ трансконтинентальному;
- ✓ региональному;
- ✓ локальному.

Межконтинентальный уровень предполагает коммуникации между континентами. В его скоростном спектре сегодня он обеспечивается исключительно авиационным транспортом. Последний ныне достиг предела своих возможностей (по количеству единиц, используемых в ограниченном пространстве, скорости, удельной эффективности осуществления транспортных операций). Это обусловлено рядом причин.

Перегруженный авиационный трафик тормозит количественное наращивание транспортных средств. Увеличению скорости транспортных перевозок препятствует резкое снижение удельной эффективности и безопасности перелётов при таких режимах. Как известно, попытка решения проблем увеличения скорости за счёт создания сверхзвуковой пассажирской авиации (опыт Советского Союза и Франции) продемонстрировала отрицательные результаты. Пока не просматриваются горизонты значительного снижения экологичности полётов традиционной авиации. Возможности эффективной электрификации или водородизации самолётов наметились лишь в секторе малой авиации. Несмотря на все усилия, не удаётся повысить безопасность полётов, в том числе из-за возрастающих террористических угроз. Авиация, увы, проигрывает другим видам транспорта с точки зрения удобства для пассажиров. Сказанное означает, в том числе невозможность начала/окончания путешествия в близости от районов непосредственного проживания людей в городах. Авиация также в значительной степени зависит от условий погоды.

Как видим, обилие перечисленных неразрешимых в принципе проблем в рамках существующего вида транспорта обуславливает необходимость его хотя бы частичной замены на другой вид или другие виды транспорта, способные преодолеть пороги увеличения эколого-экономической эффективности и повышения социальной комфортности.

На сегодняшний день можно говорить о двух основных претендентах в качестве альтернативы традиционной авиации для обеспечения *межконтинентальных* перевозок: новом невоздушном (в частности, наземном или подводном) суперскоростном виде транспорта и гиперзвуковой авиации нового поколения.

Контурсы первого просматриваются в уже эксплуатирующихся поездах на магнитной подвеске (маглеве) и, возможно, в предложенном И. Маском и его коллегами вакуумном трубном транспорте *гиперлупе*, обещающем развитие сверхзвуковых скоростей (до 1200 км/час и выше). Не исключено, что со временем возможно будет строительство даже подводных трасс маглева или гиперлупа. Во всяком случае китайские специалисты разрабатывают проект создания подобной скоростной магистрали от материковой части страны к Тайваню (180 км). Дистанцию предполагается преодолевать за 13 минут. Иными словами, с ориентировочной скоростью в 830 км/час (Голованов, 2017 а).

Пока не ясен до конца вид транспортных средств, который будет выбран для движения в упомянутом тоннеле – *маглев* или *гиперлуп*. В конечном счете, принципиальная разница между ними заключается лишь в степени разреженности воздушной среды, по которой будут двигаться транспортные средства. В конце концов, возможно, будет найден какой-то промежуточный вариант – в частности, разряжённый воздух, снижающий сопротивление среды, но при этом не создающий фатальных угроз для жизни пассажиров в случае непредвиденных ситуаций.

Страницы истории

Кстати, идея использования туннельных межконтинентальных поездов далеко не нова. Ещё в 1888 году проект такого туннеля между Европой и Америкой описал в своём рассказе сын Жюль Верна Мишель Верн (Michel Verne). Подобные идеи высказывались писателями и позже. Начиная со второй половины XX века эта идея стала приобретать очертания вакуумного туннеля, по которому идут поезда на магнитных подвесках. В частности, Гарри Гаррисон (Harry Harrison) в романе 1972 года «Да здравствует Трансатлантический туннель! Ура!» описывает вариант именно такого туннеля, проходящего по дну Атлантического океана.

Работа над инженерными проектами началась с 1960-х годов. На сегодня вырисовываются два варианта 5000-километрового туннеля, по которому должны следовать поезда, достигающие скорости от 500 до 8000 км/час: 1) по дну или под дном океана; 2) плавающий туннель на глубине примерно 50 метров. С учётом возможности использования современных технологий и материалов стоимость создания таких туннелей оценивается суммой от 90 до 175 миллиардов долларов. Впрочем, о воплощении в конкретные проекты этих концептуальных решений речь пока не идёт (Трансатлантический, 2017).

Если учесть, что соединить Евразию с Аляской туннелем под Беринговым проливом (86 км) не представляет непреодолимых технических трудностей (для сравнения: длина существующего туннеля под Ла-Маншем составляет 52,5 км, а длина Готтхардского (Gotthard) туннеля в Швейцарии – 153 км), можно предположить, что в недалёком будущем все континенты планеты (за исключением Австралии) будут соединены наземными видами сверхскоростного транспорта (со средней скоростью – не менее 1000 км/час). Это означает, что путешествие из какой-нибудь Европейской столицы через всю Евразию и Аляску, например, в Чили (приблизительно 22 000 км) в комфортабельном вагоне (к тому же, возможно, ещё и спальном) сможет занять чуть больше суток. Это столько же, сколько сегодня занимает поездка в купейном вагоне из Киева в Берлин.

Конечно же, в обозримом будущем человечеству вряд ли удастся отказаться от услуг традиционной авиации, особенно в спектре межконтинентальных коммуникаций, но они в значительно степени будут потес-

нены различными видами сверхскоростного наземного транспорта (в первую очередь маглевом и, возможно, гиперлупом).

В начале 2017 года в Интернете (YouTube) появилось сообщение о намерении Китая осуществить амбициозный проект. Он связан со строительством железнодорожного пути протяжённостью 13000 км. Скоростные пассажирские экспрессы будут идти из Китая через Сибирь, проезжать через тоннель под Тихим океаном, затем следовать через Аляску и Канаду в центральные регионы США. Пока скорость поездов планируется в пределах 350 км/час, что позволит добираться из Китая в США меньше, чем за два дня в комфортабельном вагоне (Поезда, 2017). Но мы-то знаем, что аппетит приходит во время еды. Это в полной мере относится к планируемой скорости движения поездов. Уже даже традиционные поезда научились развивать скорость свыше 500 км в час. Поезда же на магнитной подвеске бегут и того быстрее. Так что к моменту строительства магистрали скорость поездов на ней может существенно возрасти.

Как мы уже убедились в подразделах 7.4 и 7.5, значительная конкуренция на рынке транспортных услуг межконтинентального характера предстоит между различными компаниями, развивающими суборбитальные и гиперзвуковые перелёты нового поколения. Впрочем, грань между ними становится всё менее ощутимой.

Следует ожидать, что новые технологии и конкуренция смогут принести благоприятный экономический результат в виде существенного снижения стоимости билетов на транспортные услуги. И хотя по отношению к новой авиации сегодня мы можем говорить лишь в рамках прогнозируемых величин, их порядок уже радует. Если сравнивать стоимость полётов нынешних космических туристов (до 10 млн долларов США) и ожидаемую стоимость полётов в ближний космос (до 200 тыс. долларов), можно убедиться, что в повышении эффективности пассажирских авиаперевозок можно ожидать существенный качественный скачок. Ещё ниже прогнозируются цены на межконтинентальные гиперзвуковые перелёты нового поколения (около 5 тыс. долларов). Это уже будет по карману значительному числу населения.

Сравнение указанных двух альтернатив (безусловно, при условии их практической реализации) выявляет неоспоримые преимущества наземных (или, точнее сказать, неавиационных) видов транспорта – таких, как *маглев* или *гиперлуп*. Это относится ко всему спектру упомянутых факторов: включая удобство пассажиров, их безопасность, экологичность транспорта, экономическую эффективность эксплуатации транспортных средств. Различие в последнем можно ощутить уже сегодня. Она отражена в разнице анонсированной цены оказываемых услуг (несколько десятков долларов на человека – у наземных видов транспорта и несколько тысяч

долларов – у новой авиации). Суборбитальные перелёты могут претендовать разве что на ниши трансокеанических сообщений, т.е. те, где маглев или гиперлуп по объективным причинам не смогут им составить конкуренцию, во всяком случае, в ближайшей перспективе.

Трансконтинентальный уровень (от 1 до нескольких тысяч км) транспортных коммуникаций, видимо, будет обеспечиваться в значительной мере железнодорожным и авиационным транспортом нового поколения.

В данном спектре пассажирских коммуникаций среди наземных видов транспорта эту нишу, по-видимому, будут занимать поезда на магнитной подвеске – маглев (от 600 до 800 км/час) и высокоскоростные железнодорожные поезда (свыше 500 км/час).

У упомянутых видов транспорта есть все основания потеснить другие виды транспортных средств на рынках трансконтинентальных перевозок благодаря их преимуществам: надежности, пунктуальности, комфортности, удобству начального/конечного пункта следования и постоянно возрастающей скорости передвижения. В частности, установленный несколько лет назад во Франции рекорд скорости движения традиционного сверхскоростного поезда составляет 570 км/час. Высокоскоростные поезда, движение которых осуществляется по отдельным линиям, как правило, пунктуально доставляют пассажиров максимально близко к месту их проживания или назначения (в частности, непосредственно в населённые пункты). В современном скоростном поезде по желанию пассажира его место может быть превращено в офис, оснащённый wi-fi и другими необходимыми атрибутами (кинозал, уголок для отдыха). Уже сегодня скорости традиционных *intercity* поездов в большинстве европейских стран, а также Японии, достигают 210 км/час, а отдельных – 350 км/час. В недалёком будущем они могут возрасти до 350–400 км/час. Различие в скорости по сравнению с авиацией на дистанциях до 1000 км с лихвой компенсируется выигрышем во времени на подготовку к самой поездке и комфортом во время неё.

Ещё большим набором преимуществ (скорость, пунктуальность, комфорт) обладает маглев. Недостатком же упомянутых наземных видов транспорта является их значительная капиталоемкость по созданию необходимой инфраструктуры (прежде всего, строительства магистралей движения). Причём удельные (на единицу пути) капитальные затраты возрастают пропорционально их преимуществам: они выше у маглева и меньше – у ж/д транспорта.

Большие шансы найти своё место в трансконтинентальных перевозках имеет гиперлуп (Hyperloop), при условии, что новые технологии и материалы помогут решить его сложные технические проблемы. Как минимум, этого можно ожидать в сфере грузовых перевозок.

Значительную долю трансконтинентальных перевозок, особенно на значительные расстояния – свыше 1000 км, должна сохранить за собой авиация, которая также имеет своё преимущество. Она вообще не требует строительства специальных сооружений на маршрутах передвижения транспортных средств. Кроме того, она имеет трансграничный характер коммуникаций, так как пересекает границы государств по воздуху. Это преимущество усиливается в регионах со сложным рельефом местности и на территориях, разделённых границами с различным визовым режимом. Увеличение скорости самолётов до гиперзвуковых значений в сочетании с мерами по экологизации авиации и повышению уровня комфорта обещает повысить её конкурентные преимущества.

Не сказали своего последнего слова и дирижабли, особенно в сфере грузовых перевозок. Новые конструкторские решения и новые материалы будут способствовать возвращению в эксплуатацию одного из наиболее дешёвых видов транспорта. Возможно, для этого придётся создать специальную инфраструктуру на маршрутах передвижения дирижаблей. Не исключено, что функционирование дирижаблей будет осуществляться по специальным ограниченным низковысотным коридорам, создание которых требует незначительных затрат, однако минимизирует факторы риска столкновения дирижаблей с другими средствами авиации либо объектами наземной инфраструктуры.

Роль автомобильного транспорта на сверхдалёких расстояниях трансконтинентальных перевозок будет снижаться по мере развития других видов транспорта.

Региональный уровень перевозок (до 1000 км), по-видимому, значительно расширит количество форм транспортных средств, которые его обеспечивают. Кроме традиционных железнодорожного и автодорожного транспорта, а также маглева, там могут появиться такие относительно новые формы, как струнный транспорт, дирижабли и гиперлуп.

Первые два из упомянутых новых видов транспорта должны реализовать свои преимущества, связанные со сравнительно недорогим созданием инфраструктуры на развивающихся территориях, особенно в районах со сложными природными условиями и сложным рельефом местности. Гиперлуп, наоборот, предпочтительней создавать в регионах с развитой инфраструктурой, где большую роль играют скорость осуществления коммуникаций и интенсивность грузоперевозок.

Независимо от вида транспорта к нему будут предъявляться всё более жесткие экологические требования. Поэтому в ближайшее десятилетие должен быть завершён переход транспорта на возобновимые источники энергии: электричество, водород, биотопливо.

Существует ещё два знаменательных явления, которые ожидают нас, на упомянутых уровнях транспортных перевозок и могут особенно проявиться именно на региональном уровне. Это использование автопилотов и полностью беспилотный (его ещё называют автономным) метод управления транспортными средствами. Именно на данном уровне перевозок формируются наиболее благоприятные для этого условия: относительно стабильный режим движения (скорость, направление перемещения), минимум факторов, способных повлиять на безопасность движения (число непредвиденных остановок и перекрёстков, необходимость взаимодействия с другими видами транспорта и пр.). На данных коммуникациях также в меньшей мере присутствуют запредельные скорости движения, требующие непосредственного участия человека в контроле за ним.

Локальный уровень транспортных перевозок предполагает перемещение людей и грузов внутри населённых пунктов и в непосредственной близости от них. По всей вероятности, здесь нас ожидают самые большие изменения. Причем они будут происходить не только на самом транспорте, но и в облике тех населённых пунктов, которые призван он обслуживать. Скорее всего, оба процесса будут идти взаимосвязано и взаимозависимо: трансформация транспорта будет влиять на изменение подходов к градостроительным решениям, а изменения, происходящие в жизни городов, будут обуславливать изменение содержания и форм транспорта.

Некоторые из этих изменений происходят прямо на наших глазах, другие – лишь просматриваются в тех тенденциях, которые наметились в процессах развития как транспорта, так и градостроительных решений. Упомянем лишь о некоторых из них.

Развитие сети скоростных поездов, связывающих крупные города с пригородами, позволяет снизить популяционную нагрузку на первые и способствует социальному развитию вторых. Во многих странах (западно-европейские страны, Япония, Южная Корея) скоростные поезда (до 400 км/час) уже функционируют как межрегиональное метро. Сверхбыстрые поезда становятся реальностью. Люди получают возможность жить в комфортных, менее дорогих и экологически более приемлемых небольших населённых пунктах, а работать в больших городах.

Дематериализация производства, уменьшение количества больших материалоёмких предприятий со значительной численностью работающих позволяет деконцентрировать производственные площади и отказаться от индустриально центричной планировки населённых пунктов (в центре – завод, а на периферии – жилищные массивы). Это даёт возможность разгрузить центры городов от крупных транспортных магистралей, обслуживающих индустриальные комплексы, для формирования на их месте природных объектов (парков, скверов). Появляются возможности также для

создания инфраструктуры, функционирования лёгких индивидуальных транспортных средства (велосипеды, скутеры, скейты и пр.).

Развитие беспилотного транспорта позволит большинству жителей городов отказаться от индивидуальных автомобилей в пользу их аренды. Это будет способствовать значительному снижению количества транспортных средств в городе и значительному улучшению их движения в городской среде. Снижается также вероятность аварий транспорта и число пострадавших от этого людей.

В ближайшее десятилетие должен быть полностью осуществлён в городской среде переход на экологически совершенные виды транспорта. Кроме того, должна быть значительно увеличена доля общественного транспорта в реализации городских коммуникаций, особенно в центральных районах городов.

Дематериализация транспортных процессов. Можно выделить три основных направления трансформации экономических систем, позволяющих в значительной степени дематериализовать осуществление транспортных процессов:

- создание и внедрение новых способов беспроводной передачи энергии;
- замена транспортировки материальных изделий передачей их информационных образов;
- снижение энергоёмкости и материалоёмкости функционирования непосредственно транспортных средств.

В настоящее время успешно отрабатываются новые способы передачи энергии на основе ультразвукового, микроволнового и лазерного методов, а также при помощи электростатической и электромагнитной индукции (Омесь, 2015). В случае масштабной реализации это позволит значительно (в разы) снизить материалоёмкость и энергоёмкость передачи энергии.

Информатизация производства и широкое использование 3D-принтеров создают предпосылки для ускоренной дематериализации не только производственных операций, но и транспортных процессов. Появляется возможность передачи не материальных субстанций, а информационных образов (файлов, алгоритмов, программ), с последующей материализацией изделий на месте применения.

Ярким примером, иллюстрирующим потенциал данного направления, является доставка американцами на космический корабль гаечного ключа посредством передачи информационного образа (файла) и его материализации при помощи 3D-принтера (Омесь, 2015).

Как видим, сестейнизация транспорта является важной составляющей революционных изменений, определяющих трансформационные процессы в современном обществе. Осуществляя перевозку людей и грузов, транспорт выполняет важнейшую социальную функцию, увязывая отдельные звенья общества (структуры, производственные единицы, личности) в единые социальные системы. Обеспечивая мобильность, транспорт дарит человеку свободу, которая тем больше, чем выше скорость транспортных коммуникаций. А увеличение степени свободы создаёт предпосылки для развития систем.

Изменяясь сам и повышая степень мобильности человека, транспорт изменяет не только понятие времени. Он изменяет и пространство существования человека, повышая качество его жизни.

Глава 8

ФОРМИРОВАНИЕ СЕСТЕЙНОВЫХ ПОСЕЛЕНИЙ

8.1. Задачи формирования сестейновых поселений

В главе 28 «Инициативы местных властей» принятого в Рио де Жанейро (1992) «Распорядка на XXI век» (Agenda-21, 1993) содержится призыв к местным администрациям разрабатывать собственные программы действий по переходу к устойчивому развитию. «Каждому местному органу управления следует вести диалог с гражданами, местными организациями и частными предприятиями с целью принятия местного Распорядка на XXI век (Local Agenda-21). В ходе консультаций и выработки единой позиции местные органы управления глубже бы вникали в интересы общественных организаций, предпринимательских структур и промышленных предприятий, аккумулируя информацию, необходимую для выработки оптимальных стратегий» (Agenda-21, 1993). Этот призыв отвечает одному из главных принципов устойчивого развития *«Думать глобально – действовать локально»*. В случае последовательных действий местных администраций и территориальных общин открывается возможность поэтапного решения глобальных проблем человечества путем трансформации местных экономических, экологических и социальных систем навстречу их сестейновому состоянию.

За большой промежуток времени развития человеческой цивилизации поселения меняли свои формы, эволюционируя от примитивных неупорядоченных поселков до городов-государств (полисов), которые характеризовались определенной самодостаточностью и безопасностью проживания.

Значительное внимание уделялось воспроизводству природных факторов (водных источников, насаждений, почв и пр.). Это было необходимо для воспроизводства условий производства и рекреации.

В XX столетии возникали идеи создания города-сада, так называемых социогородов, технополисов и т.п. Однако каждый архитектор знает, что план – это лишь попытка побороть природную стихию. Любое поселение (территория), даже построенное исключительно по плану, в какой-то момент начинает жить само по себе. В частности, город – это своеобразный переход из биосферы в ноосферу. Иными словами, поселение становится объектом, управляемым разумом людей. Поэтому его развитие является одновременно и стихийным и управляемым процессом. Сегодня сравнение поселения с живым организмом является вполне реальным. У поселения есть тело – сами здания и сеть коммуникаций (сосудов), а также душа – жители с их социально-духовной энергетикой. Как и организму, поселению для нормального функционирования требуются определенные веще-

ства (чистая вода и воздух, продукты питания, минерально-строительные ресурсы и химическое сырье, а также энергоресурсы: уголь, нефть, металлы, газ, жидкое топливо, электроэнергия и т. д. (Тисс, 2013).

При формировании сестейновых поселений должно достигаться разумное сочетание административных, организационных и экономических методов управления, позволяющих увязывать воедино централизованные цели и задачи формирования сестейнового развития с интересами местных общин (экономических субъектов и населения). По инициативе местных организаций (административных, предпринимательских и общественных) происходит поиск средств для достижения поставленных целей (Мельник и др., 2010).

Целесообразным является использование различных методов административного регулирования в интересах создания инноваций сестейновой направленности. Использование административных методов регулирования предполагает упрощенную процедуру выдачи лицензий, установление высоких экологических стандартов, установление ограничений на экологически вредные виды деятельности и т. д.

Правовые методы регулирования осуществляются через разработку и усовершенствование экологического законодательства. Принятые государством законы, нормы, а также установленные на местном уровне нормативные акты и правила становятся не желательными, а обязательными для выполнения всеми субъектами рыночных отношений.

Экономические методы регулирования могут реализовываться в форме целевого финансирования секторов, отраслей, территорий, субъектов хозяйствования. Экологические субсидии и дотации, предоставляемые за счет средств государственного или местного (регионального) бюджета, а также специальных фондов, способствуют реализации крупномасштабных экологически ориентированных проектов. Создание экономических стимулов для экологически ориентированной хозяйственной деятельности предполагает использование налоговых, кредитных льгот, таможенных инструментов, ускоренной амортизации, поддержки на рынке, торговли правами на выбросы и т.д. Такие экономические инструменты способствуют переориентации предпринимателей в экологически ориентированные ниши рынка, исправлению структурных деформаций экономики отдельных территорий и народного хозяйства страны в целом.

Важной составляющей государственного регулирования является также формирование идеологии, ценностей и национальной культуры. Уровень экологической культуры общества, включающий экологические ценности, нормы, принципы, во многом определяет эффективность применения вышеизложенных методов государственного регулирования. В итоге экологическое законодательство, которое разрабатывается и принимается государственными институтами и местными административными орга-

нами, зависит от уровня экологической культуры отдельных чиновников, общественного экологического сознания и готовности населения отстаивать свои экологические интересы и потребности.

8.2. Методологические подходы к формированию сестейновых поселений

В последние десятилетия начали формироваться определенные векторы развития поселений, базовым фактором функционирования которых становится инновационная деятельность людей. Условно такие стратегические типы поселений – “территории опережающего развития” – можно назвать *ноополисами* (табл. 8.1.) (Крупнов, 2011; Мельник и др., 2010).

Таблица 8.1 – Характеристика основных типов территориального развития (составлена автором)

Наименование	Характеристика
Технополис (город экспериментирования в промышленности)	Строится на связях инженерно-технических организаций (университетов и НИЧ) с различными формами внедренческого бизнеса, венчурного капитала и экспериментальных производств по внедрению промышленных технологий
Пайдеяполис (город образования)	Создается на базе практико-ориентированного университета и (при участии семьи) ряда общеобразовательных «элитных» учреждений, в которых предметом наработки и усвоения молодежью становятся базовые принципы воспроизводства и развития основных форм организации жизни и сфер общественной деятельности
Агрополис (город нетрадиционных стилия сельской жизни и видов деятельности)	Строится на основе новых социальных технологий (семейно-общественно-государственных и наукоёмких сельскохозяйственных производств – например, селекция, элитное семеноводство, акклиматизация и т. п.)
Валеополис (город здоровья)	Строится на приоритетном развитии профилактической медицины и реализации программ обеспечения здоровья как общественного дела; преобразует сферы, прямо не связанные со здравоохранением
Музеополис (город-музей)	Строится на заботливом воспроизводстве и развитии (а не провинциальной консервации и суверенности) давних исторических городов
Экклезиополис (город церковно-религиозной традиции)	Строится не на допущении ведомственной экспансии церкви, а на привлечении в один город нескольких различных церквей и основывается на отработке связи государство – общество – культура – церковь

Понятно, что эти типы являются возможными вариантами реализации стратегий территориального образования и развития, и в реальной жизни

мы можем наблюдать как их целостное воспроизводство в рамках программы территориального развития, так и частичное. Главное их назначение состоит в обретении ими статуса нормы оценки и *управления любыми преобразованиями*, происходящими в поселении. Эти типы могут воспроизводиться как на новом месте, так и выступать в качестве модели трансформации существующих поселений.

Кроме того, с целью повышения конкурентоспособности территориального поселения (региона) и формирования четкой и взвешенной стратегии развития необходимо, учитывая ряд географических, климатических, геополитических и демографических условий, сформулировать и утвердить тот тип территориального развития, который позволит наилучшим образом использовать все имеющиеся ресурсы. Выбранный тип может быть определенной комбинацией вышеперечисленных типов территориального развития, удельный вес каждого из которых будет зависеть от местных условий.

Предпринимаются попытки моделирования развития городских поселений на основе социоэкополиса (Андриеш, 2007; Шевченко и др., 2004). В частности, предлагается семь направлений социального развития жителей города. Эти векторы условно могут быть названы: “Республика в миниатюре” (усиление демократической компоненты), “Муниципальная территориальная община” (усиление самоорганизации и конкурентоспособности общины), “Экополис” (гармонизация природной среды), “Город разума (нооград)” (развитие интеллектуальных технологий), “Город здоровья” (развитие технологий повышения здоровья), “Духовная община” (усиление культурно-коммуникационного потенциала), “Цифровой город (инфополис)” (внедрение современных информационных технологий).

По мнению авторов проекта, перечисленные семь направлений (проектов) охватывают все важнейшие аспекты развития территориальных поселений (регионов) – от духовных сфер человеческой жизни до политических и экономических. Каждый проект является неотъемлемой частью макропроекта и должен решать конкретные задачи, возложенные на него. Все вместе они представляют систему взаимосвязанных технологий, которая должна быть отработана до уровня инвестиционных проектов.

8.3. Экологическая составляющая при формировании сестейновых поселений²

Существующие экопоселения нельзя считать целостными, потому что они пытаются вписать в круговорот природы только человека, без того значительного индустриального мира, который он уже создал. Экопоселе-

² Параграф подготовлен в соавторстве с к.э.н., доц. И.М. Бурлаковой

ние нового типа, получившее название ЭКОПОЛИСа, должно включать в этот природный цикл и человека, и весь промышленный потенциал современной цивилизации, с максимальным сохранением природных циклов.

Важным моментом в концепции ЭКОПОЛИСа можно считать и то, что в таком поселении должны сочетаться производство и деятельность по восстановлению окружающей среды. Например, с одной стороны, такие технологии дают возможность получить чистую пресную воду, набор чистых химических соединений, здоровую агропромышленную продукцию и морепродукты, а с другой стороны, позволят наращивать плодородный слой на пустынных территориях для увеличения сельскохозяйственных угодий и лесозащитных насаждений, а также добиться чистоты акватории прибрежных поселений.

Обращаясь к *терминологической основе ЭКОПОЛИСа*, можно заметить, что под термином “ЭКОПОЛИС” обычно понимается городское поселение (город, поселок), при планировании, проектировании и строительстве которого учитывается комплекс экологических потребностей людей, включая создание благоприятных условий для существования многих видов растений и животных в его пределах (Владимиров, 1999; Франчук, 2011).

Отмечается также, что ЭКОПОЛИСы создаются для полноценной среды жизни человека и взаимосогласованных отношений общества с природной средой, а также для реализации отношений людей друг с другом и с природой (Брудный и др., 1981; Болтаевский, 2016).

Понятие ЭКОПОЛИСа очень близко понятию “жизнеблагодатного комплекса”, которое в 1980-е годы сформулировал украинский философ П.П. Бобровский (Бобровский и др, 1992).

Страницы истории

Формирование массового движения в защиту природы привело в 1970-х годах к возникновению новой формы мировосприятия – “экологического сознания». Идея экологического города, в котором духовный потенциал человека может раскрыться с наибольшей полнотой, возникает одновременно в нескольких странах. Особенно успешно этот процесс начал проходить в Германии, где создано не менее 50 экопоселений, внутренних городских оздоровительных зон (биотопов) и даже проектов отдельных экодому. Концепция “ЭКОПОЛИСа» основана на формировании поселений таким образом, чтобы сохранять экосистемное равновесие, при котором не страдает ни человек, ни природа (Conception, 2017). Это потребовало новых подходов к строительству и архитектуре. В частности, предполагается использование природных строительных материалов вместо искусственных и полимерных. Чрезвычайно остро стоит вопрос об «озеленении» городов, превращении их в здоровую среду (Nature, 2017).

В Советском Союзе прообразы ЭКОПОЛИСов начали создаваться на базе небольших городов и населенных пунктов (наукоградов, академго-

родков). Такие города стали местами высокого качества жизни населения и экологической культуры. Города основывались на научной, производственной, инновационной и образовательной деятельности. Это – Дубна, Зеленоград, Черноголовка, Звездный городок, Пущино, Новосибирский академгородок и др. В начале 1990-х годов началось создание экопоселений в Карелии (Ново-Эковиль), Красноярском крае (Тиберкуль, Дивногорск).

Создание экопоселений – это попытка осознания естественных кругооборотов и согласования своей деятельности с природными циклами, что позволяет прогнозировать и регулировать последствия деятельности человека для создания устойчивых, практически стационарных систем, проживания человека.

Современное экопоселение – это, прежде всего, образ жизни, в котором производственная деятельность (в том числе сельскохозяйственная) согласуется с природными процессами и заботливым отношением к земле и всем, кто на ней проживает.

В литературе (What, 2017) характеризуются различные свойства ЭКОПОЛИСа, к которым можно отнести:

- технологическую замкнутость системы, обеспечивающую безотходное функционирование поселения;
- относительную автономность и самоорганизацию, гарантирующие самообеспечение необходимыми ресурсами и функционирование за счет результатов собственного труда;
- стационарность режима функционирования и сестейновость (устойчивость) развития, обеспечиваемые высокой эффективностью производственных процессов и ненакоплением отходов как внутри, так и вне системы;
- толерантность к другим существам, основанную на относительной автономности и самодостаточности данного сообщества и его способности на взаимовыгодных условиях осуществлять экспортно-импортный обмен;
- универсальность, предполагающую возможность реализации ЭКОПОЛИСов в различных географических зонах и природных условиях;
- эволюционность, предполагающую не только консервацию природных объектов, но и усиление природно-ресурсного потенциала.

Многообразие определений объясняется, прежде всего, тем, что представление об ЭКОПОЛИСе постоянно расширяется, усложняется по содержанию, меняется в зависимости от места его нахождения и климатических условий. Поэтому говорить о классическом ЭКОПОЛИСе достаточно сложно.

Анализ содержательной характеристики понятия “ЭКОПОЛИС” дал возможность нам сформулировать перечень существенных функциональ-

ных признаков ЭКОПОЛИСа (табл. 8.2), дополнив те, которые уже встречаются в научной литературе.

Таблица 8.2 – Функциональные признаки ЭКОПОЛИСа (составлена авторами)

Признак	Характеристика
1	2
Многофункциональность	Возможность решения экономических, экологических и социальных задач
Стационарность или способность к сестейновому развитию	Обеспечивается за счет эффективности производственных процессов, ненакопления отходов внутри и вне общества, непревышения несущей способности экосистемы
Открытость	Предполагает осуществление метаболизма в сообществе, то есть вещественно-энергетически-информационного обмена, в том числе с внешней (окружающей) средой
Динамичность	Означает способность к постоянному совершенствованию, гибкой адаптации, возможность быстрого реагирования на изменения окружающей среды в виде практических действий
Наличие отрицательных обратных связей	Направляются на компенсацию воздействия неблагоприятных факторов внешней среды и действуют в направлении, противоположном действию указанных факторов, и способствуют адаптации системы к изменениям социальных, экономических и природных условий
Наличие положительных обратных связей	Направлены в том же направлении, что и действие факторов влияния. Обеспечивают изменения уровня гомеостаза, соответственно, через повышение или понижение его
Замкнутость технологических циклов	Минимизация отходов в поселении в целом на основе создания замкнутых циклов переработки используемых ресурсов; вследствие чего материалы, полученные в результате одного вида деятельности, используются в качестве сырья в других производствах
Интеграционность	Выражается в подчинении различных видов деятельности комплексной цели, объединении разных дисциплин в широком подходе к решению социально-экономических и экологических задач
Автономность и самодостаточность	Предполагает самообеспечение необходимыми ресурсами (в том числе через взаимовыгодный обмен с другими сообществами), а также наличие технологий, позволяющих использовать эти ресурсы и производить продукцию в количестве и качестве, достаточных для поддержания стационарного режима жизнеобеспечения

Продолжение таблицы 8.2

1	2
Нацеленность на само-окупаемость	Функционирование ЭКОПОЛИСа направлено на деятельность, результатом которой является получение дохода, достаточного для обеспечения стабильно и эффективно работающей экономической системы
Толерантность	Предполагает неагрессивное поведение данного сообщества по отношению к другим социумам; это является следствием относительной экономической независимости (автономности) и самодостаточности поселения
Универсальность	Предполагает наличие адаптационных возможностей реализации ключевых свойств сестейновых поселений в различных внешних условиях; это дает возможность создавать подобные поселения в самых разных регионах мира
Эффективность производства	Осуществляется за счет интеграции технологических циклов
Экологическое совершенствование	Предполагает стремление добиваться повышения уровня экологичности на всех стадиях производственного цикла: добычи исходных ресурсов, производства, потребления и утилизации
Опережающего экологического воспроизводства	Предполагается не только сохранение, но и приумножение природного потенциала в регионе
Простота образа жизни	Предполагается оптимизация удовлетворения базовых потребностей с постоянным увеличением потребления личностных потребностей ради социального развития человека
Ответственность в отношении будущих поколений	Осуществляется за счет постоянного воспроизводства природной среды, внедрения инновационных ресурсосберегающих и экологических технологий, постоянного личностного развития и самосовершенствования людей
Козволюционность развития	Означает совместное согласованное развитие людей и природы, при котором эволюционирует не только природа, но и человек (формирование ноосферного сознания, новой системы ценностей, этики ЭКОПОЛИСа)

На сегодняшний день существует “Глобальная сеть экопоселений” (The Global Ecovillage Network (GEN)), целью которой является содействие развитию сестейновых поселений в мире через установление взаимных связей, ускорение распространения и обмена информацией об экопоселениях, расширение собственной сети, партнерство и кооперацию с другими подобными проектами. Сегодня через сайт в сети Интернета можно найти любое зарегистрированное экопоселение Европы, Африки, Океании, Южной и Северной Америк (Global Ecovillage, 2017).

В Европе в рамках программы “Здоровье города” накоплен опыт, позволяющий объединить усилия администраций, специалистов, служб и граждан для создания ЭКОПОЛИСов. При этом, по мнению специалистов, основные препятствия носят не технологический, а *общекультурный характер*. Неприспособленными оказываются социальные, правовые и организационные условия. Не только ЭКОПОЛИС должен создавать достойную среду обитания человека, но и сам человек должен в своих действиях способствовать формированию и развитию ЭКОПОЛИСа.

8.4. Сестейновое поселение как основа личностного развития человека

Качественное изменение системы потребления и формирования взгляда на человеческую сущность, прежде всего как на информационную основу, может существенно повлиять и на концепцию формирования среды обитания человека, включая среду его поселения, трудовой деятельности и проведения свободного времени.

В общем виде основную идею трансформации среды обитания можно сформулировать следующим образом: *от урбанистических поселений к формированию жизнеблагодатных комплексов, основные контуры которых были сформулированы П.П. Бобровским (Бобровский и др., 1992).*

Под *жизнеблагодатным комплексом* понимается предназначенная для жизни людей совокупность созданных человеком материальных объектов, культурных ценностей, информации, а также природных механизмов, которые обеспечивают качество жизни его населения (полное благосостояние, физическое и духовное здоровье, максимальное раскрытие творческого потенциала).

Пока еще смутно проступают контуры подобного комплекса в научных публикациях, еще не до конца определено само понятие «качество жизни», нет четких количественных и качественных его критериев. Ясно только одно: в жизнеблагодатных комплексах должна быть достигнута гармония «первой» (естественной) и «второй» (социальной) природы, которая давала бы неограниченные возможности для творчества человека, его физического и духовного здоровья и развития.

Из каких «кирпичиков», на базе каких критериев должен создаваться жизнеблагодатный комплекс? Можно назвать следующие:

- критерии и нормативы материального благосостояния (материальные объекты для удовлетворения материальных потребностей);
- критерии и нормативы обеспеченности материальными объектами, предназначенными для социального (личностного) развития;

- биосферные критерии и нормативы (гарантируют устойчивое равновесное состояние экосистемы);
- гигиенические критерии и нормативы (гарантируют безопасность воздействия на организм человека);
- критерии и нормативы обеспеченности человека информационным контактом с естественными природными системами.

Несколько подробнее – о последнем. Неповторимость человеческой личности может сформироваться только на фоне бесконечного многообразия среды обитания людей. Подобные условия могут обеспечить, прежде всего, компоненты живой, естественной природы. В жизнеблагодатных комплексах воспроизводство компонентов природной среды, в частности природных ландшафтов, приобретает свою самостоятельную ценность для реализации социальных функций природы.

Нормативы факторов естественной среды могут разрабатываться по двум направлениям. Во-первых, посредством нормирования возможности контакта человека с элементами естественной среды (зелени, водоемов, птиц и животных) в пределах жилой зоны человека (по этому пути идут в Японии). Во-вторых, нормированием возможности контакта человека с естественными ландшафтами (лес, поле, горы) вне жилой зоны, однако в пределах максимальной достижимости (подобный подход развит в Германии).

Одна из задач, которую предстоит решить при формировании поселений будущего, – создание надлежащих условий для личностного развития человека, т.е. человека «социо». По своей природе личность является информационной сущностью, реализующей себя в материальном теле человека «био» (о чем мы подробнее говорили в разделе 1.4).

Являясь информационной сущностью, личность не имеет ограничений для своего развития. При этом она функционирует в жестких пределах материального «био». На развитие личности решающее значение оказывает информационное воздействие социальной среды (знания, этические установки, традиции, законодательная основа, примеры авторитетов и пр.).

Чрезвычайно важную роль играет также информационное воздействие природной среды. При этом если для человека «био» важно использование отдельных компонентов среды (здоровых продуктов питания, чистого воздуха или воды), то для формирования личностной основы человека необходим информационный контакт с природными системами в многообразии их связей. Именно оттуда человек-социо черпает критерии красоты, получает творческие импульсы, заряжается духовной энергией, впитывает ощущение оптимизма и спокойствия. Иными словами, получает необходимую информационную «пищу» для своего личностного развития.

В свете сказанного чрезвычайно важно, чтобы в будущих поселениях сестейнового развития достаточное место занимала природная среда. На

первых порах при переходе от индустриализированных урбанистических поселений на территории жизни человека должны прийти компоненты природных систем, а затем – целостные природные системы.

Современный человек привык жить и действовать в жестком регламенте нормативов и стандартов. По всей вероятности, в градостроительную деятельность также должны прийти адекватные экологические нормативы. И здесь поучителен опыт других стран.

Автору год пришлось жить в Японии, где он имел возможность познакомиться с опытом природопользования, в том числе и в области градостроительных решений. Кроме 7 видов нарушения среды обитания человека (загрязнение воздуха, загрязнения воды, шум, вибрация, неприятные запахи и пр.), здесь также регламентируется 3 вида состояния среды обитания: наличие элементов естественной природы; уровень социальной комфортности среды обитания человека; воздействие на объекты живой природы.

Современный японский город не балует жителей красотой ландшафтов. Теснота и беспорядочные застройки, полученные в наследство от старых времен, оставляют мало шансов архитекторам и проектировщикам в создании комфортной среды. Тем с большей настойчивостью они пытаются выжать всё из минимума своих возможностей.

При помощи экологических стандартов в японских городах пытаются хоть как-то «смягчить» урбанистическое давление на человека, чему можно привести убедительные примеры.

Существует шкала индексов озеленения территории. Минимальное значение индекса получают территории, не имеющие зелени, – 1; фермы, луга, травяные газоны, поля, сады имеют индекс от 2 до 4; заросли кустарника и бамбука – 5; посадки деревьев – 6; молодой вторичный лес – 7, старый вторичный лес – 8, первичный лес – 9, особо ценный первичный лес – 10.

После завершения строительства объекта средний индекс освоенной территории должен составлять не ниже 6. Следовательно, чтобы компенсировать залитые асфальтом участки, строители должны сажать деревья (рис. 8.1).

Мне несколько раз приходилось наблюдать, как после завершения непосредственно строительных работ идет интенсивное озеленение площади, причем наряду с цветами и кустарниками сажаются взрослые деревья. Первое время это удивляло, пока я не ознакомился с положениями стандартов. В сочетании с процедурой экологической экспертизы это ставит заслон тактике «опустынивания» территории строителями. Как тут не вспомнить многие наши новостройки уже после окончания строительства.

Тот, кто бывал в Японии, наверняка видел жилые дома, построенные террасами, благодаря чему дом иногда напоминает египетскую пирамиду. С каждым этажом стена отступает чуть назад, свободное место природолюбивые японцы часто используют для создания зеленых микросадиков.



Рисунок 8.1 – Посадка взрослых деревьев на строительной площадке в Японии (фото автора)

Непосвященный человек скорее всего отнесет такую «роскошь» к причудам японских архитекторов, которые кажутся еще более странными в условиях японского дефицита строительной территории. Между тем ничего странного в этом нет. Более того, оказывается, такой стиль объясняется как раз теснотой и вызван опять-таки существованием экологического стандарта «на затенение». Согласно этому стандарту суммарное время затенения новостройкой окон прилегающих домов не должно превышать 2 часа в сутки в любое время года. Так что, в данном случае архитекторам приходится идти на «роскошь» не от хорошей жизни.

Я поинтересовался у архитекторов в своем городе, есть ли подобный норматив. Оказывается, есть, но он, наоборот, разрешает новое строительство, если не затеняются имеющиеся постройки хотя бы 2 часа в сутки (!)

В Японии существует также стандарт на наличие в среде обитания человека живых представителей природы. Поэтому здесь можно встретить в фонтанах рыб (рис. 8.2), а в парках оленей.

В Японии существует стандартная процедура экологической оценки проектов развития территории. В положении об экологической оценке отсутствуют стандарты с точки зрения ландшафта, зато существует требование, например, к окраске здания, оно сформулировано таким образом: «Объект должен гармонизировать с окружающей природной средой». Пусть пока не нашлось более определенных формулировок, тем более они не обрамлены какими-либо количественными критериями, однако требование красоты зафиксировано в документе, следовательно, оно так или иначе обуславливает действия исполнителей: архитекторов, строителей,

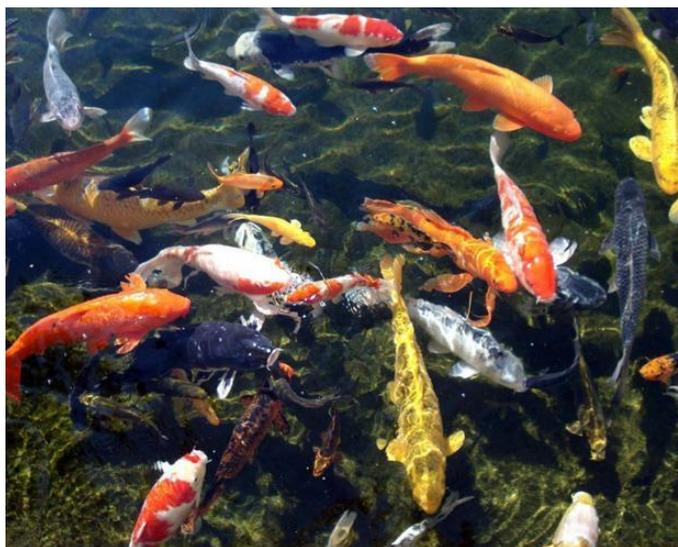


Рисунок 8.2 – Цветные карпы в японском фонтане (фото автора)

представителей других специалистов. А кроме того, создает основу для действия контролирующей стороны. Впрочем, может, в такой неопределенности скрывается и сила формулировки? Разве можно красоту загнать в решетки стандартов? Разве можно создать стандарт на бесконечность красоты? Разве может красота быть сотворена только по предписанию директивного акта, если он не ложится на благодатную почву культуры исполнителей? В данном случае документ держится на внутреннем представлении градостроителей о гармонии и красоте. А какой же архитектор захочет, чтобы его упрекнули в отсутствии чувства гармонии? Тем более, если этот архитектор – японец...

Поэтому в Японии нередко можно встретить искусственные речки (в которых на самом деле насосы возвращают воду от «окончания» к «источкам») (рис. 8.3), деревья и цветы в цветочниках на улицах городов, большие и маленькие зелёные дворики, в которых в миниатюре представлена вся природа Японии (рис. 8.4 и 8.5).



Рисунок 8.3 – Искусственная речка в г. Нагоя (фото автора)



Рисунок 8.4 – Ландшафтный дизайн заднего двора японского дома (Христенко, 2017)



Рисунок 8.5 – Японский зелёный дворик (фото автора)

Свои пути экологизации поселений ищут и другие страны. В частности, в Германии автору пришлось познакомиться с одной формой экологизации поселений людей – *биотопом* (Hansjürgens u.a., 2014).

Биотопы – это природные или созданные человеком и поддерживаемые его трудом естественные ландшафты, имитирующие нетронутые первичные экосистемы.

Они создаются в пригородных парках, в скверах города, во дворах учреждений, в дворах частных домов и даже в квартирах.

В западной части Берлина находится здание, вид которого своими очертаниями напоминает лопату. В 30-е гг. здесь находилось Министерство принудительного труда. Клиентами его были малоквалифицированные безработные и заключенные. Первой акцией ведомства стало строительство в Германии автобана, который и до сих пор исправно служит. В 1990-х и 2000-х во дворе этого дома-«лопаты» находился символ уже нового ведомства, занимавшего здание, – Федерального агентства по окружаю-

щей среде. Целый день в комнатах ведомства было слышно кваканье лягушек — как бы напоминание о живой природе. Лягушки, можно сказать, были коллегами специалистов, работающих в агентстве. В центре небольшого двора создано мастерски поддерживаемое абсолютно «дикое» озеро-болото с зарослями камыша, рыбой, утками и склоненными над водой деревьями. Зелёная «жемчужина» — в каменном ожерелье.

Биотопы создают в складчину владельцы частных домов, отрезая от своих наделов по кусочку столь дорогой земли. Такой биотоп мы видели, когда начальник отдела экономических исследований Экологического агентства пригласил нас к себе в гости. Прямо из дворика за домом можно шагнуть на «опушку дикого леса», окруженного такой же «дикой степью». Березы, ели, нескошенная трава — с ежами, кроликами, лягушками и поющими птицами. И все — на 4–5 сотках земли!.. Впрочем, биотоп может разместиться и на совсем крошечной территории. Хозяин с гордостью показал его прямо... на чердаке собственного дома. Здесь в «зарослях» живой и сухой растительности живут (правда, в клетках и вольерчиках) кролики, морские свинки, попугаи, черепахи и еще какая-то живность!

Но с самым первым биотопом в Берлине мы познакомились еще раньше, когда утром в гостинице проснулись от трелей соловья (!). Оказалось, что небольшая гостиница «*Savigny*», в которой мы жили, как бы выступает в замкнутый дворик-сад-«лес», заросший кустами шиповника и деревьями. Уголок с райскими звуками в самом центре большого города.

Впрочем, биотоп можно встретить на многоэтажном доме. Правда, в другой стране. И он называется по-другому — «вертикальным лесом». Именно так называется небоскрёб Боско Вертикале (рис. 8.6).



Рисунок 8.6 — «Вертикальный лес» в Милане (Небоскрёб Боско Вертикале) (Небоскрёб, 2017)

А жители Мадрида могут любоваться своим собственным «вертикальным лесом». Он растет в центре города прямо на стене одного из домов (рис. 8.7).

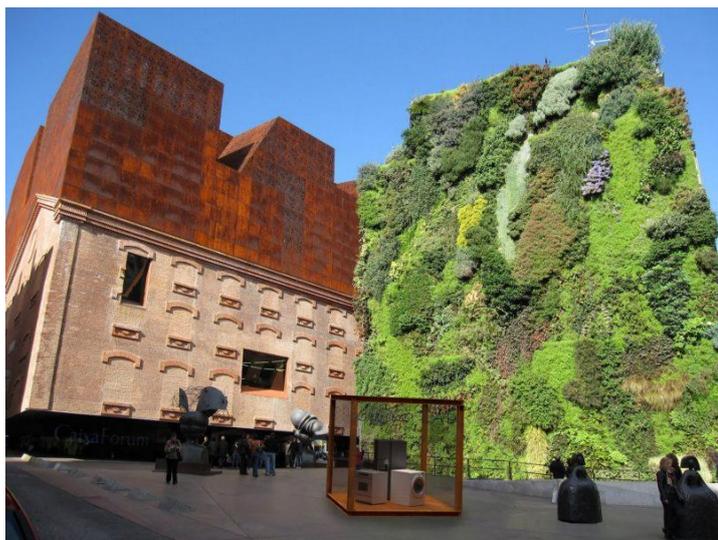


Рисунок 8.7 – Зелёная стена на здании Саixa Forum в Мадриде (фото автора)

Своим собственным путём идут в Швеции. В частности, в г. Мальмё создан микрорайон сестейнового развития (район Западного Гурбера) (рис. 8.8 и 8.9).



Рисунок 8.8 – Сестейновый микрорайон в Западном Гурбере (фото автора)



Рисунок 8.9 – Улица сестейнового городка (фото автора)

Городок пронизан каналами и утопает в зелени. Движение в городке пешеходное или на велосипеде. Вся энергия, которая потребляется в микрорайоне, здесь же и производится (биогаз, ветер, солнце).

Наверное, каждый из нас может вспомнить несколько случаев, когда природа вернула нам утраченное чувство оптимизма, возродила жажду жизни и борьбы в критические минуты нашей жизни. Может, вообще есть смысл говорить о воздействии природы только в критические минуты, когда и наше эмоциональное состояние отличается от обычного, спокойного на несколько уровней? А может, мы просто в эти минуты замечаем нехватку контакта с природой, как замечаем нехватку воздуха, которым мы дышим постоянно, в те минуты, когда нам его требуется больше и мы начинаем «задыхаться»?

Человек личностный, как и человек «био», также начинает хиреть и задыхаться без еды и воздуха. Только его пища является нематериальной. Он «болеет» без информационной подпитки и задыхается без информационных контактов с природой.

Свобода выбора среды обитания. Чтобы формирование *жизнеблагодатного комплекса* не напоминало строительство «котлована счастья», показанного в книге А. Платонова «Котлован», жители каждого региона, города, поселка должны иметь возможность сами выбирать (конечно, с учетом рекомендаций ученых и специалистов), какой комплекс им нужен, и в свободном труде, основанном главным образом на социальных и экономических стимулах, участвовать в его созидании.

Человек может быть счастлив только, если сам принимает участие в выборе цели. Это важно не только с точки зрения сбережения экосистем, но и для развития личностных качеств человека, обеспечения его экологически направленных установок. Принципу тоталитарных обществ: «насильно загоним человека в счастье!» – нет места среди инструментов формирования сестейнового развития.

В Австралии довелось услышать удивительные, на первый взгляд, вещи. Где-то в 60-е годы на зелёном континенте белые семьи, движимые самыми благородными побуждениями, стали брать на воспитание детей аборигенов. К началу 90-х многие из них уже успели получить прекрасное образование, профессию, хорошо адаптироваться к жизни в современном обществе. И вдруг как гром среди ясного неба прозвучало сообщение, что один за другим эти высокообразованные юноши стали подавать судебные иски на своих благодетелей. Причина – те нарушили их права человека в самоопределении, вырвав из среды предков, куда они уже не в состоянии вернуться из-за утери соответствующих навыков. А кроме того, для многих вообще были утеряны связи с их предками.

Одним из реальных инструментов учета мнения жителей по поводу преобразования природной среды местности, где они проживают, есть гражданская экспертиза проекта строительства будущего объекта. Как правило, она проводится в комплексе с так называемой оценкой воздействия на окружающую среду. Обе процедуры узаконены в государствах ЕС, а также в Австралии, Канаде, США, Японии и многих других странах.

В процедуре учета общественного мнения участвуют *жители* района, на который может распространяться воздействие проектируемого объекта, а также другие субъекты, участвующие в процессе его развития: *девелопер, разработчик проекта; местная администрация* (префектура, муниципалитет), которая выступает и в роли посредника между двумя первыми звеньями, и в роли арбитра. Ведь за ней – окончательное слово по принятию проекта.

Содержание, порядок проведения и длительность процедуры учета общественного мнения определяются местной администрацией и зависят от конкретного региона, характера проекта и степени его воздействия на среду. Основной порядок и этапы прохождения процедуры заключаются в следующем:

1. Разработчик передает местной администрации первый вариант проекта с его экологической оценкой и буклетом для населения.

2. В течение 20-30-дневного (ориентировочно) срока региональная администрация или муниципалитет распространяет среди населения буклет, предоставляет возможность желающим ознакомиться с проектом и его экологической оценкой более подробно, проводит встречи разработчика с жителями (возможно, несколько встреч в различных районах), где девелопер и разработчик объясняют основные положения проекта и его возможные последствия.

3. После этого в течение 3—5 недель жители дают свои замечания по проекту, присылают письма, заявления, предъявляют претензии.

4. Проводится повторная встреча населения с девелопером и разработчиком, где они отвечают на полученные замечания жителей.

5. Администрацией производится анализ мнения жителей. С учетом этого фактора, а также на основании имеющегося у администрации плана (программы) развития региона она принимает решения: одобрить проект или вернуть на доработку.

6. При негативном решении проект дорабатывается, возвращается в региональную администрацию или муниципалитет, и цикл рассмотрения повторяется. В этом случае организуется публичное чтение проекта (до 15 дней).

7. Если от жителей поступают требования новой встречи с девелопером и разработчиком, она организуется и называется «слушание».

8. Эти циклы повторяются до принятия положительного решения, и проект одобряется либо отклоняется.

9. При положительном решении разработчик начинает реализовывать проект, но контроль со стороны администрации и жителей не прекращается.

Возвращаясь к опыту различных стран, включая ЕС, необходимо отметить, что, как правило, у администрации нет формальной количественной регламентации учета мнения жителей: учитывать или не учитывать общественное мнение – администрация решает по своему усмотрению. Однако практика конкретных случаев показывает, что именно общественное мнение часто имеет *решающее* значение, особенно если проект оказывает существенное воздействие на среду. Здесь следует отметить немало важное обстоятельство. Администрация несет ответственность перед жителями за создаваемую среду обитания, и жители имеют возможность оценить ее деятельность на очередных муниципальных или региональных выборах.

8.5. Опыт формирования сестейнового поселения вековой давности (на примере Крестовоздвиженского трудового Братства, основанного Н.Н. Неплюевым)

Почти полвека – с 1880-х годов до 1929 года – в 50 километрах севернее Глухова (сейчас это Сумская область) существовало созданное мыслителем и помещиком Н.Н. Неплюевым Крестовоздвиженское трудовое Братство. Своими успехами оно изумляло мир. Здесь использовались самые передовые технологии, инструменты, информация. В конце XIX века были телефонизированы поселения Братства – села Воздвиженское и Рождественское (вдуматься только: телефон в селе XIX века!). Начало XX века принесло электрификацию и механизацию хозяйства.

Всё взрослое население Братства на рубеже веков бесплатно получало образование, практически сопоставимое с современным высшим (в общей сложности в начальной школе и специальной сельхозшколе братчики учились 9 лет – это в стране то с почти сплошь безграмотным населением). Все братчики получали музыкальное и художественное образование. Бесплатное начальное образование и медобслуживание Братство предоставляло также жителям других окрестных сел.

Благодаря вошедшей в привычку регулярной физкультуре и «спортивным утехам» (так это тогда называлось) братчики имели отменное здоровье. Кроме передового аграрного и промышленного производства (машиностроение, производство стройматериалов, деревообработка), в Братстве были своя театральная труппа, симфонический оркестр, балетная студия, оркестр народных инструментов, издательский дом. С 1880-х годов использовалась чёрно-белая фотография, а с 1916-го года – цветная. В

Братство массово приезжали паломники, и действовала служба их приема и информационного обеспечения.

Являясь небольшим по численности жителей поселением (до 700 человек – в рекордные 1914–1916 годы), Братство подарило обществу, без преувеличения, десятки выдающихся личностей: учёных, конструкторов, писателей, художников, музыкантов, певцов, дирижеров, руководителей разных сфер народного хозяйства. За всю историю Братства в нём не зафиксировано ни одного случая воровства.

В аномально страшных исторических условиях (две революции и изнуряющая гражданская война), развитие Братства неуклонно шло по восходящей траектории. Благодаря технологиям, синергетически увязывающим труд человека с его управленческим началом и силами природы, за всю историю Братства здесь не было ни одного случая неурожая. Урожайность сельхозкультур в Братстве стабильно в 3–5 раз превосходила показатели окрестных хозяйств. Созданный после разгона Братства в 1929 году на его месте колхоз смог лишь однажды – в исключительно урожайный год – спустя почти полвека (в 1975 году) приблизиться к его показателям.

В современных условиях иначе бы, чем индустриально-аграрным кластером, хозяйство Братства не назвали бы. Его производство всё больше превращалось в информационное, а основным продуктом в нём всё больше становилась информация: новые технологии различных видов деятельности, выводимые новые сорта растений (яблонь, трав, цветов), породы животных. В Братстве практически применялось безотходное производство. Дома братчиков утопали в зелени и цветах, а их досуг проходил в тенистом парке среди каскада озёр (рис. 8.10; 8.11; 8.12).



Рисунок 8.10 – Вид Воздвиженского парка с прудом на начало XX века (фото – из музея Неплюевского Братства, с. Воздвиженское)



Рисунок 8.11– Один из домов, где жили братчики на начало XX века
(Фото – из музея Неплюевского Братства, с. Воздвиженское)

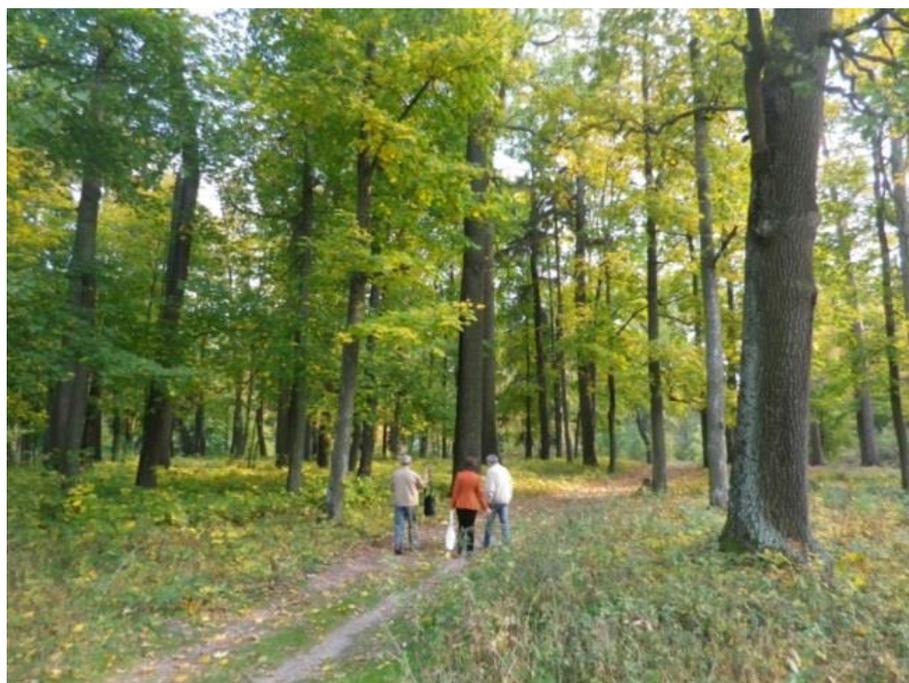


Рисунок 8.12 – Современный вид Воздвиженского парка (фото автора)

В 1929 году советская власть ликвидировала хозяйство Братства, а его жители поголовно были отсюда выселены. Молодая женщина 28 лет, родившаяся и выросшая в Братстве, оказавшись в Глухове, вспоминала потом, что на новом месте она *впервые в жизни (!)* услышала, как люди могут «орать друг на друга и заставлять работать»...

8.6. Сестейновая экономика как основа развития сестейновых поселений

В 2000-х годах ученые из Сум выступили с идеей создания ЭКОПОЛИСа на новой основе (Формування, 2003; ЕКОПОЛІС, 2007). Они объединили идею формирования технополиса с целями устойчивого развития территории.

Что такое технополис? Это территориальный комплекс (определенный техноинкубатор), который специализируется на генерации определенного вида инновационных товаров и услуг. Цели сестейнового развития требуют увеличения удельного веса в структуре производства и потребления продукции именно товаров экологической направленности.

По мнению авторов концепции, под предлагаемым ими ЭКОПОЛИСом следует понимать научно-производственно-образовательный комплекс, который функционирует для создания и реализации товаров экологической направленности.

Товарами экологической направленности (ТЭН) следует считать изделия и услуги, производство и потребление которых способствует уменьшению интегрального экодеструктивного воздействия в расчете на единицу общественного продукта.

ТЭН могут иметь следующие характерные *признаки*:

- быть более экологичными на стадии потребления по сравнению с товарами-аналогами, т. е. такими, которые выполняют подобные функции;
- быть более экологичными на стадии их изготовления, то есть давать возможность сократить вредное экологическое воздействие во время их производства;
- являться составляющими более экологичных технологических процессов;
- способствовать уменьшению вредного экологического воздействия на стадиях, предшествующих процессам их изготовления (в частности, добычи исходных ресурсов);
- способствовать уменьшению вредного экодеструктивного воздействия на стадиях их эксплуатации и утилизации отходов;
- способствовать уменьшению потребности в любых ресурсах;
- позволять отказаться от производства более вредных товаров и услуг.

Важным является понимание главной цели создания ЭКОПОЛИСа и того, что *отличает функции ЭКОПОЛИСа от функций природоохранной деятельности*.

Для природоохранной деятельности основной функцией (целью) является решение определенных экологических целей (поддержание или

достижение определенного уровня качества компонентов окружающей среды, сохранение природных объектов и пр.). Средством обеспечения указанных целей является достижение определенных экономических результатов (создание финансовых источников, обеспечение определенного уровня эффективности функционирования средств в экологической сфере и т. п.). При формировании ЭКОПОЛИСа цели и средства меняются местами. Главной целью (функцией) становится получение прибыли от реализации (продажи) товаров экологического назначения. Средством обеспечения этой цели является предоставление указанным товарам (изделиям или услугам) свойств прямо или косвенно способствовать решению определенных экологических проблем. И чем выше качество и экономическая эффективность данных товаров, тем выше рентабельность соответствующего производства – больше объемы продаж и выше цена товаров.

Следует отметить, что формирование ЭКОПОЛИСа не отменяет и не подменяет самой природоохранной деятельности (как и функций природоохранных органов), но усиливает у хозяйственных субъектов мотивацию достижения экологических целей. На это начинает работать весь экономический потенциал области. Появляется новая, высокорентабельная сфера экономической деятельности, выгодная, в частности, для предприятий малого и среднего бизнеса.

Можно выделить три основные и ряд обеспечивающих компонентов в механизмах управления сестейновым развитием территории. К основным компонентам относятся взаимосвязанные сферы: научная, производственная, образовательная. Они образуют ключевую триаду территории устойчивого развития. Схематически функции основных сфер, связанных с производством и реализацией данного вида товаров, показаны на рис. 8.13.

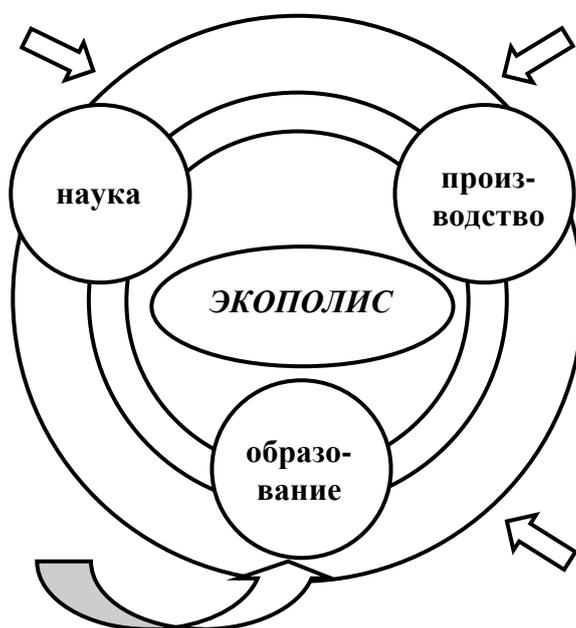
К внешней среде относятся подразделения народного хозяйства, которые формально не являются участниками непосредственно ключевой триады, но выполняют очень важные функции обеспечения деятельности территории устойчивого развития (рис. 8.14).

Основное различие между функциями, которые выполняют непосредственные участники территории сестейнового развития, и субъектами внешней среды передается ключевыми словами «обеспечение» и «поддержка».

Формальные участники обеспечивают функционирования территории устойчивого развития (а это значит, отвечают за соответствующие дела своими финансовыми результатами), субъекты внешней среды поддерживают эту деятельность, лишь имея некоторые мотивы.

Управление социально-экономическим региональным развитием предполагает формирование и сестейновое развитие (СР) социально-экономического потенциала региона. Основные компоненты обеспечения СР

- Генерирование идей
- Конструкторское обеспечение
- Технологическое обеспечение
- Поддержка маркетинговых исследований
- Сопровождение производства и эксплуатации
- Подготовка специалистов для науки, производства и эксплуатации
- Переподготовка специалистов
- Влияние на спрос



- Внедрение
- Производство
- Маркетинг и сбыт
- Сопровождение на стадии эксплуатации и потребления
- Мониторинг производства, сбыт и эксплуатация

Организационное ядро:

- Интеграция
- Организационная увязка
- Финансовое обеспечение
- Мотивация
- Идеологическое обеспечение
- Обеспечение поддержки внешней среды

Рисунок 8.13 – Основные функции научной, производственной и образовательной сфер в ЭКОПОЛИСе (составлен автором)

в регионе можно условно объединить в следующие группы: 1) материальные активы; 2) финансовые ресурсы; 3) информационные активы; 4) институты; 5) человеческий и социальный капитал; 6) природные факторы.

Перечисленные факторы социально-экономического потенциала устойчивого развития обеспечат максимальную эффективность, если будет происходить воспроизводство и взаимное сочетание одновременно всех групп факторов. Результатом эффективного управления социально-экономическим потенциалом региона является достижение сбалансированного состояния показателей сестейного регионального развития, повышение качества жизни населения, а также возникновение положительного эффекта от масштаба.

Формирование сестейных поселений в Украине является перспективной инновационной формой создания и развития территориальных поселений (регионов), способных комплексно решать экономические, экологические и социальные задачи. С целью повышения конкурентоспособности территориального поселения (региона) и формирования четкой и взвешенной стратегии развития необходимо формулировать и утверждать тот



Рисунок 8.14 – Основные функции поддерживающих видов деятельности в ЭКОПОЛИСЕ (составлен автором)

тип территориального развития, который позволит наилучшим образом использовать все имеющиеся ресурсы.

Выбранная стратегия должна стать основой формирования поселения (региона) с четко определенными перспективами развития и конкурентными преимуществами, прогнозируемым и контролируемым уровнем воздействия на окружающую среду в результате производственной деятельности, высоким уровнем качества жизни населения. Решающим фактором является интегральный интеллект общины, благодаря которому любые действия будут направляться на достижение сестейнового развития.

Значительную роль играет экономический вектор развития поселения. Высокорентабельная экономическая деятельность позволяет накапливать в себе экономический потенциал для постепенной трансформации существующего инновационного комплекса в жизнеблагодатное поселение, где будет увеличен удельный вес производства и потребления товаров экологического назначения. Получаемая прибыль от экономической деятельности позволит сформировать адекватные средства для решения местных (региональных) экологических проблем.

Глава 9

СЕСТЕЙНОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

9.1. Основы сестейнового строительства

Основные задачи. Формирование сестейновых поселений затрагивает два важных аспекта: во-первых, создание жизнеоблагодатной среды для человека, включая его социальное развитие; во-вторых, воздействие на природные системы процессов создания и функционирования самих поселений. Первый вопрос мы осветили в предыдущей главе. Не менее важным является и второй вопрос.

Строительная индустрия и коммунальное хозяйство ответственны за более чем 30% потребляемой энергии, а с учётом полного цикла производства необходимых материалов и энергии этот показатель может достигать 50%. Они также генерируют почти 20% выбросов парниковых газов и около 50% сбросов загрязнённой воды («Умный» дом, 2015 б).

Поэтому так важно, чтобы создание и функционирование современных поселений было не только благодатно для самого человека, но и безопасно для природы.

Из экономических проблем, которые призвана решать строительная индустрия, следует выделить несколько:

- минимизация энергопотребления процессов производства и эксплуатации инфраструктуры поселений;
- минимизация потребления материальных ресурсов, включая водные;
- минимизация экодеструктивного воздействия на природные системы процессов создания и эксплуатации поселений, включая постэксплуатационные стадии.

Сегодня одним из ведущих направлений в строительстве является создание энергоэффективных жилых и производственных зданий. Базовым принципом проектирования энергоэффективного дома является поддержание комфортной внутренней температуры и необходимых процессов жизнедеятельности с минимальным использованием топливных ресурсов или вообще без них за счёт эффективной теплоизоляции и использования альтернативных источников энергии.

В обычном здании потери энергии происходят через контакт его с внешней средой (т.е. через крышу, окна, стены и пр.) (рис. 9.1). Стоит задача, во-первых, минимизировать данные потери, а во-вторых, превратить внешнюю среду в источник не потерь, а получения энергии. В частности,

на крыше и в окнах могут быть поставлены солнечные панели, над зданием или рядом с ним может заработать ветрогенератор, а разница температур под землёй и на её поверхности может служить источником для работы теплового насоса (Расчёт, 2017; Как приходит, 2017).



Рисунок 9.1 – Доля теплопотерь в доме (Энергоэффективный, 2017)

Обычно для классификации энергоэффективных домов используются следующие критерии (Энергоэффективные, 2013; Making, 2017):

- ✓ энергоэффективный дом – при затратах на отопление помещений в год – менее 90 кВт·час/м²;
- ✓ энергопассивный дом – менее 45 кВт·час/м²;
- ✓ дом нулевого отопления (на отопление ничего не тратится, но требуется энергия для подогрева горячей воды) – менее 15 кВт·час/м²
- ✓ здание с положительным энергобалансом – производит энергии больше, чем потребляет.

Часто энергоэффективные здания называют *домами с нулевым энергопотреблением* (англ. *zero-energy-building* – ZEB; нем. *Nullenergie-haus*). Это касается тех зданий, которые вырабатывают энергии не меньше, чем потребляют. Те же здания, которые к этому приближаются, называются *домами с почти нулевым энергопотреблением* (англ. *near zero-energy-building-nZEB*).

Страницы истории

Традиции создания энергосберегающих построек зарождались у северных народов, нужда которых заставляла искать решения по сохране-

нию тепла и минимизации использования топливных ресурсов. В частности, сложная конструкция дымоходов позволяла обеспечивать максимальную эффективность использования тепла в системе отопления, а надежная теплоизоляция давала возможность подольше сохранять тепло.

Значительный толчок к развитию энергосберегающих технологий в строительстве был дан с наступлением энергетического кризиса 1970-х годов, когда цена на энергоносители выросла в 4 раза. Первыми в процесс повышения включились США и европейские страны. В 1972 г. в городе Манчестер (штат Нью-Гэмпшир, США) было построено здание нового типа – с максимальной теплоизоляцией. По северному фасаду отсутствовало остекление (что позволяло снизить потери тепла в зимнее время). Покрытие плоской кровли было выполнено в светлых тонах, что уменьшало её нагрев и потребности в кондиционировании в тёплое время года. На крыше здания размещались солнечные коллекторы.

В 1973-1979 годах в городе Отаниеми, Финляндия, был построен комплекс «ECONO-HOUSE». В нём надежная теплоизоляция сочеталась с инновационными решениями по вентиляции дома. В общую систему теплообмена включались солнечные коллекторы и геотермальная установка.

В 1983 г. Швеция ввела стандарт на тепловую изоляцию, сделав 50–60 кВт·час/м² в год максимально допустимыми тепловыми потерями для домов. На тот момент в Германии дома в среднем теряли до 200 кВт·час/м² в год.

В середине 1980-х в Дармиштате, Германия, был построен дом, получивший название «пассивного», благодаря тому, что он активно не отапливался, а только *пассивно* использовал энергию солнца. В нем потребность в дополнительном тепле составила менее 15 кВт·час/м² в год, что достигалось за счёт высокоэффективной изоляции стен и окон. По сравнению с обычными домами расходы на отопление были сокращены на 90%, а на электроснабжение – на 75% (Вайцеккер и др., 2000).

С тех пор идеи создания энергоэффективных зданий в Европе и остальном мире совершили колоссальный прогресс. К началу 2010-х только в Австрии и Германии было построено 15 тысяч безотопительных пассивных зданий (Седых, 2011). Реальностью стали дома, которые производят энергии больше, чем потребляют сами.

Опыт ЕС. В 2010 году в Евросоюзе была издана Директива по энергетическому обеспечению зданий («On the energy performance of building») (Directive, 2010). Она предписывала, что после 31 декабря 2018 года все вновь вводимые общественные здания должны соответствовать требованиям домов с почти нулевым энергопотреблением (near zero energy buildings – nZEBs) (Nearly, 2017). А после 31.12.2020 г. это требование распространяется на все вновь вводимые в строй здания (Zero-energy, 2017).

В 2015 году подобный документ «Здания с нулевым энергетическим балансом» («Zero energy buildings») был размещён на сайте Министерства энергетики США. Правда, в отличие от европейской Директивы, данный

документ носит лишь рекомендательный и информационный характер. Тем не менее, проекты, соответствующие критериям ZEB, дают основания получать ряд льгот, в том числе и кредитного характера (Дом, 2015).

Для обеспечения функционирования энергоэффективных зданий используется ряд современных технологий (Вайцеккер и др., 2013), включая:

- фотогальванический эффект (солнечные батареи);
- принцип «теплового насоса»;
- другие альтернативные источники энергии: биоэнергетические генераторы, ветрогенераторы, солнечные коллекторы;
- эффективная теплоизоляция с использованием прогрессивных материалов и конструкции зданий;
- вентиляция воздуха с применением рекуперации тепла (т.е. использование отработанного тепла);
- эффективное остекление и прогрессивные конструкции окон;
- «умные» системы управления процессами функционирования зданий.

Говоря об «энергетически нулевых зданиях» (ZEB), следует выделить два технологически различных направления:

✓ *здания, подключенные к электросети*, могут потреблять из сети определённое количество электроэнергии при повышенной потребности в ней, компенсируя затем такое же или даже большее количество энергии при избытке её производства альтернативными источниками самого здания;

✓ *автономные здания*, не имеющие подключения к централизованной электросети, вынуждены решать свои технические проблемы самообеспечения энергией; в этом случае они, как правило, должны иметь достаточный аккумуляционный потенциал для балансирования пиков и спадов производства и потребления энергии.

9.2. Оценка сестейнового строительства

Специалисты многих стран напряженно работают над созданием системы оценок «зелёного» строительства. Существующая на сегодня система экологической сертификации рассматривает строительство по двум основным направлениям (Шульга, 2014):

- оценка самого *объекта* строительства по всему циклу реализации проекта: от проектных работ до демонтажа здания;
- оценка *материалов*; рассматриваются экологические свойства отдельных материалов и комплектующих.

Сегодня в мире используется более десяти признанных международных систем сертификации «зелёного» строительства. Кроме того, свои собственные системы имеют отдельные страны.

В качестве примера можно привести отдельные положения трёх распространённых в мире систем сертификации.

BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*) – старейшая система сертификации, разработанная британским институтом Building Research Establishment (отсюда первые три буквы в названии системы) (Шульга, 2014).

Используется с начала 1990-х годов. На сегодняшний день по этой системе сертифицированы сотни тысяч зданий по всему миру. Широко используется в странах ЕС. Критерии международной версии сгруппированы следующим образом:

- энергетическая эффективность;
- эффективное использование воды;
- материалы, используемые в строительстве (включая повторное использование);
- качество управления строительным проектом;
- комфорт и здоровье жильцов или работников;
- транспортная инфраструктура в районе размещения здания;
- использование земельного участка;
- удаление мусора со строительной площадки.

Уровни сертификатов: Outstanding, Excellent, Very Good, Good, Pass.

LEED (*The leadership in Energy & Environmental Design*, в переводе «Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию») является национальным стандартом США для проектирования энергоэффективных и сестейновых зданий. Первая версия системы появилась в 1994 году; с тех пор в мире сертифицировано более 100 тыс. зданий по данной системе. В стандарте используется 100-бальная система по следующим главным категориям:

- место размещения и доступ к транспортной инфраструктуре;
- использование материалов и ресурсов (в том числе эффективность использования энергии и воды);
- внутренний комфорт;
- инновации использования в проекте;
- влияние на окружающую среду;
- оценка региональных приоритетов в районе строительства;
- оценка района строительства с точки зрения развития инфраструктуры.

Уровни сертификации: платиновый, золотой, серебряный, простой.

DGNB. Система разработана Немецким советом по «зелёному» строительству. Считается системой «второго поколения», поскольку при её разработке был учтён опыт предшественниц. Легко адаптируется под другие национальные стандарты. Используется с 2009 года. Наибольшее распространение получила в Германии и других странах ЕС. На сегодня по этой

системе сертифицировано несколько тысяч зданий. Система оценивает здания по следующим группам критериев:

- «экологический след»: оценка влияния на окружающую среду тех материалов, которые использованы при строительстве. Оценка касается не только влияния готового материала, но и процессов его изготовления — вредные выбросы, затраты энергии;
- качество организации процессов: проектирования, строительства, эксплуатации, демонтажа. Оценка влияния проекта на всех его стадиях на окружающую среду;
- оценка функционального качества здания: комфорт для проживающих или работающих в зданиях людей; качество выполнения работ;
- оценка участка и района, где размещается здание.

Уровни сертификатов: Good, Silver, Bronze.

В Украине для объединения усилий строителей и проектировщиков, энергетиков, экологов и юристов, работающих в сфере «зелёного» строительства, создан Украинский Совет по Зелёному Строительству (Ukrainian Green Building Council, UaGBC), который является общественной организацией. Деятельность Совета способствует внедрению стандартов и принципов «зелёного» строительства в Украине.

На сегодня важнейшим направлением работы Совета являются: внедрение международных стандартов «зелёного» строительства; проведение процессов сертификации; повышение профессионального уровня специалистов в области «зелёного» строительства, популяризация идей зелёного строительства (Зинченко, 2015).

9.3. Формирование зелёных крыш и фасадов

Ещё одной «изюминкой» сестейнового строительства является обустройство *зелёных крыш и фасадов*. В данном случае слово «зелёный» даже не следует брать в кавычки, так как упомянутые крыши и фасады являются зелёными в буквальном смысле. Ведь на крышах сажается зелень: от газонов и цветов до настоящих садов. Сады на крышах (рис. 9.2–9.5) помогают изолировать здания в зимнее время и впитывать дождевую воду летом, уменьшая загрязнение воды в городских ливневых стоках (10 технологий, 2015).

Безусловно, зелёные крыши и фасады, выполняющие свои экологические функции, уместны в любых условиях, но особенно они необходимы в условиях плотной застройки, где города часто напоминают джунгли, и человек рад любому контакту с природным объектом. Отсутствие достаточного пространства на земле заставляет человека осваивать вертикальные пространства, и городские сады можно увидеть взбирающимися по стенам зданий.



Рисунок 9.2 – «Луг» на кровле исследовательского института Садов на крыше (Augustenborg botanical roof garden) в г. Мальмё, Швеция (фото автора)

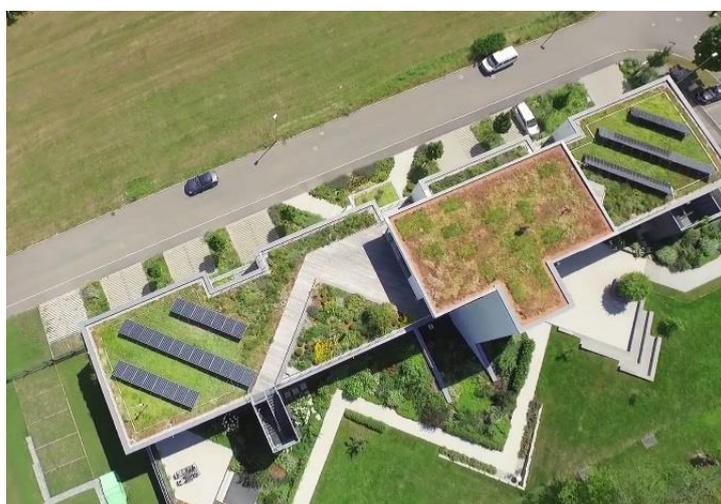


Рисунок 9.3 – Сады с лужайками на крыше торгового центра в г. Гайслингене, Германия (Зелёная, 2016)



Рисунок 9.4 – Сад с клумбой на крыше страховой компании WGV-Versicherungen в г. Штутгарт, Германия (Зелёная, 2016)



Рисунок 9.5 – Кустарники с газоном на крыше здания Вилла Олимпия в г. Днепропетровск (сейчас – г. Днипро), Украина (Зелёная, 2016)

В качестве примера здесь уместно привести проект аргентинского архитектора и промышленного дизайнера Эмилио Амбаса (Emilio Ambasz). Здание смешанного назначения было построено в 1994 г. как бизнес-центр ACROS Fukuoka Prefectural International в г. Фукуока (Япония). На фасаде и крыше здания разместилась зелёная растительность, создавая энергоэффективную и экологически чистую оболочку здания (рис. 9.6, 9.7). При этом полностью сохранены возможности коммерчески выгодного использования объекта (Богданова, 2017).



Рисунок 9.6 – Внешний вид бизнес-центра ACROS Fukuoka Prefectural International (Богданова, 2017).

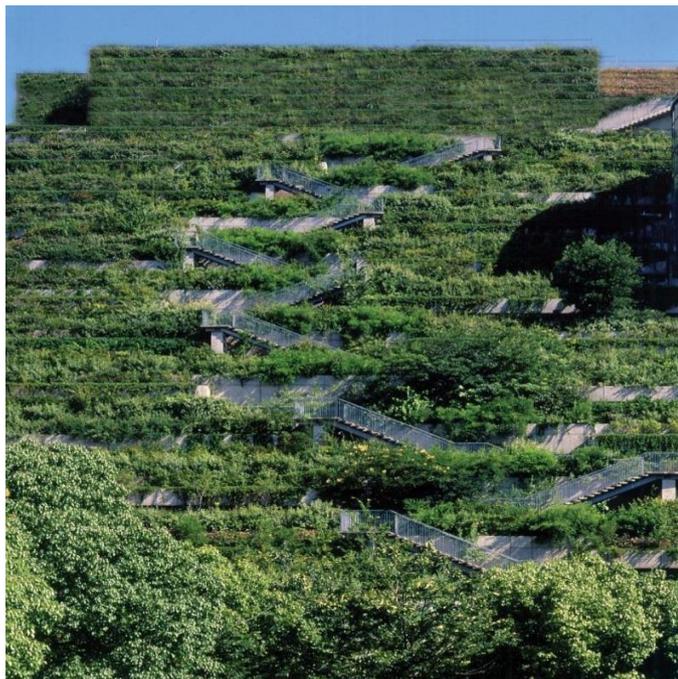


Рисунок 9.7– Зелёное убранство фасада бизнес-центра ACROS в г. Фукуоко (крупный план) (Богданова, 2017).

Конечно, зелёная масса не настолько густая, чтобы можно было говорить об эффекте связывания кислорода. Однако она с успехом выполняет другие свои экологические функции.

Во-первых, она реально снижает эффект городского «теплового острова». Исследования показывают, что в зависимости от скорости ветра и уровня затененности растения на здании могут понизить температуру среды на 1–2 °С. Иногда этого достаточно, чтобы отказаться в жару от дополнительного охлаждения, а значит, излишних энергозатрат.

Во-вторых, зелень нормализует влажность в доме и вокруг. С одной стороны, она препятствует излишнему высушиванию воздуха. С другой, – захватывает и аккумулирует дождевые потоки, защищая среду от избыточной влажности.

В-третьих, зелёные стены и крыши обеспечивают среду обитания для птиц и насекомых-опылителей. И, наконец, в-четвертых, зелёное убранство дома имеет эстетическую ценность, создавая позитивный психологический эффект для жителей, что особенно актуально в перенаселённых городах таких стран, как Япония, Китай, Южная Корея, а также в ряде стран Латинской Америки и Африки.

В приведенном проекте зелёного здания в г. Фукуоко архитектору удалось маленькое чудо. А именно: он фактически удвоил размер примыкающего парка за счёт создания 15 благоустроенных террас. Здание как бы удлинит размер парка (последнего лоскутка зелёного пространства в центре города), приняв на свой южный фасад серию ступенчатых садов. Под-

нимаясь по зигзагообразной «тропинке» вверх, посетители парка могут заняться упражнениями или медитацией вдали от шума и суеты города. А на верхней площадке со смотровой площадки они могут полюбоваться видами гавани и окружающих гор. Здание является очень успешным и в коммерческом плане, так как привлекает бизнес уже своим видом (Богданова, 2017).

9.4. Реалии сестейнового строительства

Условно можно выделить ряд основных направлений развития сестейнового строительства:

- *экологическая модернизация*, когда сестейнизация проводится в построенных ранее зданиях (зачастую это бывают здания столетней давности и даже более старые);
- *экохайтек* – «зелёное» строительство с применением самых передовых технологий и материалов, как правило, довольно дорогих что отражается и на цене строящихся объектов;
- «зелёное» *строительство экономкласса (эколаутек)* – строительство, рассчитанное на менее платежеспособные слои населения; как правило, оптимизируются размеры строящихся объектов, используются недорогие материалы, обычно местного происхождения.

Экологическая модернизация. Данное направление связано с экологическим совершенствованием зданий, построенных в прежние годы. Авторы доклада Римскому клубу «Фактор пять» называют это экологической *санацией* старых зданий (Вайцзеккер и др., 2013). Они же приводят ряд примеров подобной санации.

Здание «60L» в Австралии (свое название дом получил благодаря своему адресу (L передает название улицы – Ланкастер, а 60 – соответствует номеру дома). Экологическая модернизация трехэтажного дома (которому уже 130 лет в Мельбурне позволила на 70% снизить использование питьевой воды).

«Дом возобновимой энергии» в Брюсселе, Бельгия (постройка – 1885 года). После модернизации энергозатраты на содержание здания сократились на 50%, а другие эксплуатационные издержки – на 70%. Горячее водоснабжение переведено на солнечную энергию, использована высокоэффективная вентиляция, применено прогрессивное остекление окон и проведена наружная теплоизоляция.

Окружной суд в Худиксвалле, Швеция (постройка – 1909 года). Потребность в энергии снижена на 30%, благодаря улучшению теплоизоляции и переводу отопления на альтернативные источники.

Штаб-квартира Бартон-Групп в Глен-Фоллз, США (постройка – 1865 г.). Энергоэффективность стала выше на 49%, чем современные ре-

комендуемые нормы штата Нью-Йорк. Необходимую энергию здание теперь получает от ветра. Используется геотермальная система управления микроклиматом внутри здания. Крыша стала зелёной. Работает система повторного использования «серой» воды и первый в США лифт с низким потреблением энергии.

Экохайтек. При строительстве и эксплуатации зданий используются самые прогрессивные материалы и технологии, невзирая на их цену. Комфортная среда внутри помещений создаётся за счёт сложнейших компьютеризированных инженерных систем, которые управляют использованием энергии и воды. Подобные здания оказываются очень затратными в строительстве и эксплуатации. Их могут позволить только состоятельные заказчики. В Интернете можно легко найти примеры подобных зданий.

Вращающийся экодом Sunhouse360°. Испанские архитекторы и инженеры предложили проект инновационного дома (рис. 9.8). Здание диаметром 18,5 м способно вращаться, обеспечивая максимальную эффективность использования солнечных лучей. Экодом спроектирован как здание с близким к нулю или нулевым энергопотреблением, питание которого обеспечивается возобновимыми источниками. Он оснащен двумя высокопроизводительными солнечными панелями и тепловым насосом, которые зимой будут обеспечивать отопление и горячее водоснабжение, а летом – кондиционирование помещений.



Рисунок 9.8 – Вращающийся за солнцем «умный» экодом Sunhouse360° («Умный» дом, 2015 а).

Максимальная энергоэффективность обеспечивается также светодиодным освещением как снаружи, так и внутри. «Умная» система способна контролировать уровень освещения, работу системы отопления, закрытия и открытия жалюзи и окон.

«Умный» дом имеет несколько режимов вращения: автоматический (обеспечивает максимальную энергоэффективность), ручной и программируемый. При последнем из окна периодически будут открываться разные виды. Цена экодому – 3000 евро и выше за квадратный метр. Значит, дом

площадью примерно в 480 кв.м. обойдётся в 1,5 млн и более евро («Умный» дом, 2015 а).

One Angel Square (Манчестер). Это здание называют самой экономной штаб-квартирой в мире (рис. 9.9). В нём 72 м высоты, 15 этажей, 30500 кв.м. Здание построено по технологии «зелёного» строительства в 2013 году. Здесь размещаются рабочие места для 3000 сотрудников крупнейшего британского кооператива «The Co-operative Group». Базисом энергоэффективности служит форма здания. Изогнутые террасы фасада выходят на юг, чтобы поймать каждый луч солнца. Благодаря этому здание наполнено солнцем. Собственная ТЭЦ обеспечивает электричеством, теплом и охлаждением. Она работает на рапсовом масле. IT-системы регулируют энергоснабжение и светодиодное освещение. Для полива растений и водоснабжения туалетов используется очищенная дождевая вода. Датчики двуокиси углерода следят за свежестью воздуха. Летом воздух охлаждается, зимой нагревается. В здании имеется зелёный внутренний дворик (Город, 2016).



Рисунок 9.9 – Здание One Angel Square в Манчестере (Город, 2016).

БЦ ASTARTA (Киев). Единственным офисным центром в Украине, который получил сертификат «зелёного» строительства BREEAM International 2013 (Interim), является БЦ ASTARTA (в Киеве, на Подоле) (рис. 9.10). Энергоэффективность здания на 20% превышает существующий стандарт, 100% офисных площадей имеют доступ к дневному свету, а системы освещения оснащены современными светодиодами. IT-система позволяет устанавливать в комнатах индивидуальный климатический режим.

Важно отметить, что ASTARTA – это больше чем бизнес-центр. Это целостный деловой квартал. Он включает не только офисные помещения, но и зоны социального назначения: клубы активного отдыха, магазины, рестораны, кафе, центры бытовых услуг. Во внутреннем дворике – сквер, фонтан, террасы и лужайки (Бизнес-центр, 2016).



Рисунок 9.10 – Бизнес-центр ASTARTA в Киеве (Бизнес-центр, 2017).

Dynamic Tower. В Дубае представлен проект небоскреба (420 м, 80 этажей). Автор проекта – итальянский архитектор Давид Фишер (рис. 9.11). Здание будет оборудовано солнечными батареями на крыше и 48 ветряными турбинами. Ожидается, что они будут производить в несколько раз больше энергии, чем понадобится небоскрёбу для собственных нужд. Каждый этаж, по желанию владельцев квартиры или гостей отеля, будет совершать собственный оборот вокруг оси. Выбирать желаемый вид из окна можно будет при помощи голосовых команд. Апартаменты небоскрёба будут оформлены с ошеломительной роскошью (сады, фитнес-центры, плавательные бассейны). Стартовая цена апартамента предполагается на уровне 30 млн долларов (В Дубае, 2017).



Рисунок 9.11 – Проект различных состояний вращающегося небоскреба *Dynamic Tower* в Дубае (В Дубае, 2017).

Город на воде и «зелёный» небоскрёб. На юго-востоке Токио предполагается создать футуристический город на воде с небоскрёбом («Небесная миля») высотой в 1,7 км (рис. 9.12).



Рисунок 9.12 – Проект города на воде с небоскрёбом «Небесная миля» в Токио (Mafi, 2016).

Если проект будет реализован, небоскрёб установит новый мировой рекорд высоты. Он будет вдвое выше нынешнего рекордсмена – башни «Бурдж Халифа» в Дубае, достигающей 828 м. Форму водных зданий-посёлков адаптируют к возможности глобального потепления. Их гексагональный дизайн должен усилить защиту залива от землетрясений и тайфунов.

Фасад небоскрёба проектируется так, чтобы можно было фильтровать, собирать и хранить воду, избегая необходимости её закачивания на верхние этажи. Форма здания наиболее устойчива к сильным ветрам. Электроэнергия будет производиться при помощи размещённых здесь ветроэлектростанций, солнечных панелей и ферм с водорослями. Внутри небоскрёба планируется открыть рестораны, магазины, гостиницы, спортзалы, библиотеки и медицинские клиники. Ожидается, что одновременно супер-здание сможет принимать 55 тысяч посетителей (Mafi, 2016).

Говоря о *хайтеке* в строительстве, следует отметить важный момент. Хотя технологически продвинутое строительство является, безусловно, более дорогим, оно несёт в себе потенциал колоссального удешевления строительных работ в будущем. И в этом ведущую роль играют два ключевых направления развития строительных технологий: применение *3D-печати* и *использование роботов*.

В частности, молодая калифорнийская компания *Cazza Construction* представила технологию для печати домов из бетона за 24 часа. Кстати, в Дубае уже есть здания, построенные по 3D-технологиям, и 3D-пальмы, заряжающие телефоны и раздающие Wi-Fi. В городе к 2030 году планируется построить целый квартал домов, напечатанных на 3D-принтере (Голованов, 2016).

По мнению гонконгской строительной компании Jiayuan International Group, уже сегодня 3D-печать позволяет сократить время и затраты на строительство примерно на 10%. После того как стандарты 3D-печати будут окончательно внедрены в строительство, а сами процессы совершенствованы, затраты и количество отходов может быть сокращено на 50% (там же).

Австралийская компания Fastbrick Robotics представила серию строительных роботов Hadrian. Один такой робот по продуктивности превосходит в 4 раза обычного каменщика. Если же учитывать необходимое время отдыха последних, то его преимущество гораздо больше. За один час работы робот-каменщик может выкладывать до 1000 кирпичей в час, т.е. делать за час работу, которую два рабочих могли бы выполнить за день. Робот в состоянии также выполнять сложные и разнообразные задачи. Компания работает над устройством, которое сможет строить качественные и недорогие дома за три дня (Прошкин, 2017).

Искусственные «кости» и «яичная скорлупа». Биоинженеры из Кембриджского университета предложили использовать принцип *биомиметики* – технологического подражания природе. На его основе из белков и минералов при *комнатной температуре* создаются искусственные материалы, имитирующие свойства костей и яичной скорлупы. Искусственные «кости» создаются на 50% из белка (коллагена животного происхождения), который обеспечивает структурную жёсткость и твёрдость, и на 50% из минералов, которые делают материал прочным и устойчивым к повреждениям. Искусственная «яичная скорлупа» состоит на 95% из минералов и 5% из белка, что делает её достаточно прочной. Пока эти материалы производятся в малом количестве и удовлетворяют потребности только производства медицинских имплантатов. Но биоинженеры уверяют, что при необходимости процесс производства может быть масштабирован. В случае удачи энергоёмкость строительных процессов может быть значительно снижена, ведь упомянутые искусственные материалы производятся при комнатной температуре, а производство бетона и стали требует больших энергетических затрат (Красильникова, 2016 а).

Безусловно, элитное «зелёное» строительство относится к так называемому «штучному» производству, результатами которого могут сегодня воспользоваться только единицы наиболее обеспеченных людей планеты. Между тем оно играет важную роль для развития сестейновых технологий массового строительства в будущем.

Согласно прогнозу компании The Boston Consulting Group, инновации в строительном секторе через 10 лет позволят *ежегодно* экономить от 0,7 до 1,2 трлн долларов США на стадии строительства и от 0,3 до 0,5 трлн долларов на стадии эксплуатации зданий (Гоголадзе, 2017 в).

Подобные проекты *экохайтека* служат своеобразным инкубатором новых идей и испытательным полигоном, где ведущие архитекторы и инженеры современности внедряют, проверяют и совершенствуют свои ин-

новационные решения (новые технологии и материалы), которые завтра станут достоянием миллионов.

9.5. Сестейновое строительство экономкласса

Эколаутек (ecolowtech) предполагает максимальное удешевление возводимых зданий как на этапе их строительства, так и во время эксплуатации. В значительной степени это достигается за счёт использованием природных материалов (дерево, глина, солома, тростник). Западные эксперты особенно обращают внимание на необходимость снижения эксплуатационных издержек, на долю которых приходится до 80% затрат по всему циклу строительства, эксплуатации и постэксплуатационной утилизации зданий (Седых, 2011).

Естественные стройматериалы. На рынке строительных материалов достаточно экологически чистых и относительно дешевых по цене материалов: соломенные блоки (соломит), камышовые блоки (камышит), грунтоблоки (торф или опилки с добавлением золы и хвои), геокар (высушенная смесь торфа, стружки, древесных опилок и рубленой соломы), керпен (природное сырье с добавлением промышленных отходов), арктикский туф, саман (смесь глины, соломы и песка) (Седых, 2011).

В Германии и США значительное распространение получило строительство каркасных домов, основным строительным материалом которых являются соломенные блоки (90% – солома и 10% – раствор глины с антигорючими и просанитарными пропиточными добавками). Материал существенно отличается от самана (80% – глина, 10% – солома, 10% – органика). Используемые материалы обладают значительными преимуществами. Они хорошо «дышат» (т.е. способны к естественной вентиляции), значительно лучше традиционных материалов (в том числе кирпича) удерживают тепло, легко утилизируются после окончания эксплуатационного периода. При правильной защите и эксплуатации такие дома стоят по сто лет. Кроме того, они обладают высокой огнестойкостью. В зависимости от уровня защиты и облицовки способны от 45 минут до 2 часов выдерживать воздействие огня (10 технологий, 2015; Седых, 2011).

Сегодня в разных странах мира, прежде всего в Европе и США, массово реализуют проекты создания сравнительно недорогих экологических домов. Подтверждающие это примеры можно без труда найти в Интернете.

«Умный» дом в Штутгарте. Дом, расположенный в центре Штутгарта, благодаря размещенным на крыше солнечным панелям производит вдвое больше энергии, чем необходимо для его эксплуатации (рис. 9.13). Излишки энергии продаются в сеть. Дом относительно небольшой (52 кв.м.), однако достаточный для молодой семьи. В основе дизайна дома –

концепция «тройного нуля»: *нулевой энергии, нулевых выбросов и нулевых отходов*. Компьютеризированная система обеспечивает максимальную эффективность функционирования дома («Умный» дом, 2015 б).



Рисунок 9.13 – «Умный» дом в Штутгарте («Умный» дом, 2015 б).

Экодом «Солнечная ферма». Американская компания Deltec разработала и в 2017 году приступила к продаже серии полностью энергетически независимых домов. Стартовая цена составляет всего 62 тыс. долларов (рис. 9.14). Правда, эта цена включает в себя только голые стены. Желающим получить готовый интерьер с мебелью и климатическую экспертизу придётся заплатить 350-400 тыс. долларов. Дом выдержан в классических традициях и является ураганостойчивым. Внешне его отличает только наличие солнечных панелей, которые служат ему и крышей.



Рисунок 9.14 – Пассивный дом «Солнечная ферма» (Пассивный дом, 2017).

В двухэтажном доме – гостиная, кухня, столовая, три спальни и две ванны. Площадь составляет 190 кв.м. Трехметровые потолки создают

ощущение простора. Теплоизоляция позволяет дому оставаться прохладным в жару и теплым – в холод. Энергии солнечных батарей хватает и для кондиционирования, и для обогрева (Пассивный дом, 2017).

Экодом на колёсах. Новозеландец Джефф Хоббс (Jeff Hobbs) разработал и построил автономный передвижной дом (Room to Move) (рис. 9.15). Благодаря солнечным панелям, дом является полностью самодостаточным. Заряда аккумуляторных батарей хватает для работы стиральной машины, вентилятора, холодильника, вытяжки и других электроприборов. Есть туалет и душ. Дом может устанавливаться на прицепе с колёсами и легко перемещаться. Его площадь – всего 21 кв.м., зато он является полностью автономным. Ожидается, что система сбора дождевой воды будет наполнять ёмкость 32 тыс. литров в год. Стоимость материалов и оборудования составила 46 тыс. амер. долларов. С услугами строителей общая цена составит 77 тыс. долларов (Мини-дом, 2016).



Рисунок 9.15 – Мини-дом на колёсах (Мини-дом, 2016).

Геодом под стеклянным куполом. Норвежская семья своими руками в 2013 г. построила энергоэффективный дом за полярным кругом на острове Сандхорноя. Трёхэтажный дом с пятью спальнями и двумя ванными размещается под стеклянным геодезическим куполом высотой 8 м (рис. 9.16 и 9.17). Сферический купол площадью 180 кв. м собран из треугольных секций, обеспечивающих конструкции особую прочность.

Непосредственное жилище сооружено из экологически чистых материалов (глина, песок и солома), которые можно найти на острове. Под куполом-теплицей находится внутренний сад, в котором семья выращивает овощи и фрукты (яблоки, абрикосы, виноград, киви, сливы). Под всей постройкой – гараж. Вся используемая вода рециркулируется и идёт на полив сада-огорода при помощи капельного орошения. А остатки пищи используются на компост для удобрения. Благодаря прозрачному куполу, в доме можно наслаждаться панорамными видами природы (Как построить, 2017).



Рисунок 9.16 – Геодом под стеклянным куполом (Норвегия) (Как построить, 2017).



Рисунок 9.17 – Жилые помещения и оранжерея дома под стеклянным куполом (Как построить, 2017).

Многоквартирный «нулевой» дом. Здание, получившее название «Napover Olympic» (рис. 9.18), стало первым в Лос-Анджелесе многоквартирным «энергонулевым» домом (штат Калифорния, США). Он соответствует самым жёстким эко-стандартам, оснащен солнечными панелями и



Рисунок 9.18 – Многоквартирный «энергонулевой» дом «Napover Olympic» в Лос-Анджелесе (В США, 2016).

не потребляет энергию из центральной электросети. На крыше дома установлено 215 солнечных батарей. Приобрести в доме можно как студию, так и квартиры разных размеров (В США, 2016).

О том, насколько масштабным стало проникновение результатов Третьей промышленной революции в жилищную среду людей, свидетельствует рис. 9.19. Жилище, показанное на нём, трудно заподозрить, что оно относится не к *экономклассу*.



Рисунок 9.19 – Инновации в монгольской юрте (Инновации, 2017)

В отличие от *экохайтека*, где лучшие специалисты пытаются искать свои решения (в том числе самые смелые идеи), не испытывая жестких экономических ограничений, задача «зелёного» строительства *экономкласса* принципиально иная. Оно призвано адаптировать сестейновые инновации в строительстве к ограниченным платежным возможностям массового потребителя. Говоря образно, оно пытается набросить на необузданную фантазию творцов от *экохайтека* экономическую узду, диктуемую реальной жизнью. Если у первых целевым ориентиром их деятельности являются *лучшие образцы экологического и социального качества* с минимумом экономических ограничений, то у вторых – *лучшее соотношение цены и качества*.

9.6. Перспективы сестейнового строительства в Украине

Вопрос сестейнового строительства является весьма актуальным в условиях Украины. Особенно остро стоит вопрос энергоэффективности в

жилищном хозяйстве. По мнению вице-премьер-министра Г. Зубко, украинская семья тратит на содержание жилища электроэнергии в среднем в 3–5 раз больше, чем семья в других европейских странах (Траты, 2016).

Нельзя не отметить, что последние три года деятельность в области повышения энергоэффективности жилищного строительства значительно оживилась. 22 июня 2017 года Верховная Рада Украины приняла во втором чтении и в целом законопроект № 4941 «Об энергетической эффективности зданий» (Закон, 2017). В июле 2017 г. президент его подписал. Закон призван приблизить страну к появлению домов с нулевым потреблением энергоресурсов, что соответствует международным стандартам. На практике закон должен способствовать снижению расходов на отопление и электроэнергию.

Законом вводится обязательная энергетическая сертификация. В частности, объекты строительства и уже построенные здания должны будут пройти сертификацию энергетической эффективности на предмет соответствия показателей здания минимальным требованиям.

По результатам оценки каждому зданию будет присвоен определённый класс. Более того, если здание улучшает свой класс энергоэффективности, ему будет предоставляться государственная поддержка.

Законом также предусматривается внедрение системы обязательного аудита энергоэффективных зданий.

Государственная поддержка мероприятий по обеспечению (повышению) уровня энергетической эффективности зданий, согласно предложениям закона (Закон, 2017), предусматривает следующие меры:

- бюджетные инвестиционные ассигнования;
- удешевление кредитов на осуществление мероприятий по обеспечению (повышению уровня) энергетической эффективности зданий (возмещение процентов по кредитам и/или части суммы кредита);
- возмещение части стоимости мероприятий по обеспечению (повышению уровня) энергетической эффективности зданий;
- льготное кредитование;
- предоставление государственных и местных гарантий по кредитам;
- внедрение стимулирующего тарифо- и ценообразования на коммунальные услуги и энергию;
- осуществление государственно-частного партнерства;
- внедрение механизмов стимулирования получателей социальной помощи, субсидий на оплату ЖКХ для осуществления мероприятий по обеспечению (повышению уровня) энергетической эффективности зданий;
- другие формы финансирования, предусмотренные законодательством.

Одним из важных значений данного законопроекта является гармонизация интересов государства, граждан и хозяйственных субъектов. В частности, создаются правовые предпосылки конвертации бюджетных субсидий в процессы совершенствования строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

Отрадно отметить, что украинские строители активно демонстрируют свою готовность включиться в сестейнизацию жилищно-коммунального комплекса страны. И тому можно привести немало примеров.

Купольный дом-термос. Близкое к нулевым затратам энергии жилище собственноручно построил полтавчанин В. Майборода (рис. 9.20). Стены, основу которых составляет пенопласт, хорошо термоизолируют дом. Почти сферическая форма снижает воздействия ветра, обдувающего дом по касательной. Несколько видов солнечных коллекторов обеспечивают обогрев дома и его энергоснабжение. Повышают энергоэффективность и другие инновации изобретательного полтавчанина (В Полтаве, 2015; Волкова, 2017).



Рисунок 9.20 – Купольный дом-термос в Полтаве (Дома, 2017)

Купольный дом в Ужгороде. Ужгородский умелец В. Самойлов самостоятельно построил свой собственный дом (рис. 9.21). В качестве изоляционных материалов использовался целлюлозный утеплитель, а пол подогревается от печки на дровах. При этом затраты на отопление минимальны. Машины дров хватает на 3 отопительных сезона. Стоимость сооружения составила около 7 тыс. долларов, ещё около 12 тыс. долларов обошлось внутреннее наполнение (Энергоэффективный, 2015).

Экопроект «Де хата?» Ещё дальше пошли два бывших жители Горловки. Во-первых, они сделали свой проект купольного дома серийным (с разными типами фундаментов и разной площадью) (рис. 9.22).



Рисунок 9.21 – Купольный дом в Ужгороде (Энергоэффективный, 2015).



Рисунок 9.22 – Купольный дом серийного экопроекта «Де хата?» (Как построить, 2015).

Во-вторых, они предлагают пользователям дешевые средства альтернативной энергетики (ветряки, тепловые насосы, гелиоколлекторы, теплоаккумуляторы). В-третьих, они снабжают подробной инструкцией по самостоятельной сборке предлагаемых домов (Как построить, 2015).

PassiveDom. Украинский технологический стартап «PassiveDom» представил новейшую технологию производства модульного фабрично изготовленного дома (рис. 9.23). По мнению создателей, он может претендовать на звание самого теплого автономного жилого здания в мире. Каркас дома изготавливается при помощи промышленного 3D-принтера из современных материалов: фиброгласса, карбона, полиуретана. Стены дома не ржавеют и не гниют. Гарантия на сохранение тепловых характеристик – 40 лет. Дом мобилен и может быть перевезён в любое место. Полностью автономен. Крыша покрыта солнечными панелями. Снабжён накопителями и резервуарами для хранения воды, а также системами контроля микрокли-

мата. Предлагается две модели 36 м² и 72 м². В зависимости от модели и комплектации цена варьируется от 30 до 65 тыс. долларов (PassiveDom, 2017).



Рисунок 9.23 – PassiveDom: «умный» экодом, распечатанный на 3D-принтере (PassiveDom, 2017).

«**OptimaHouse**». В селе Микуличи (20 км от Киева) построен энергоэффективный дом OptimaHouse, спроектированный украинскими и белорусскими архитекторами (компания-застройщик «Доступное жилье») (рис. 9.24)



Рисунок 9. 24 – Мультикомфортный дом OptimaHouse (О проекте, 2017).

Дом площадью 130 м² предназначен для проживания семьи из 3–4 человек. Сами создатели называют свой проект мультикомфортным. Уникальность проекта заключается в том, что в нём создатели пытаются добиться оптимального баланса и синергии объективных факторов, которые просчитаны и выражены в цифрах (рис. 9.25).

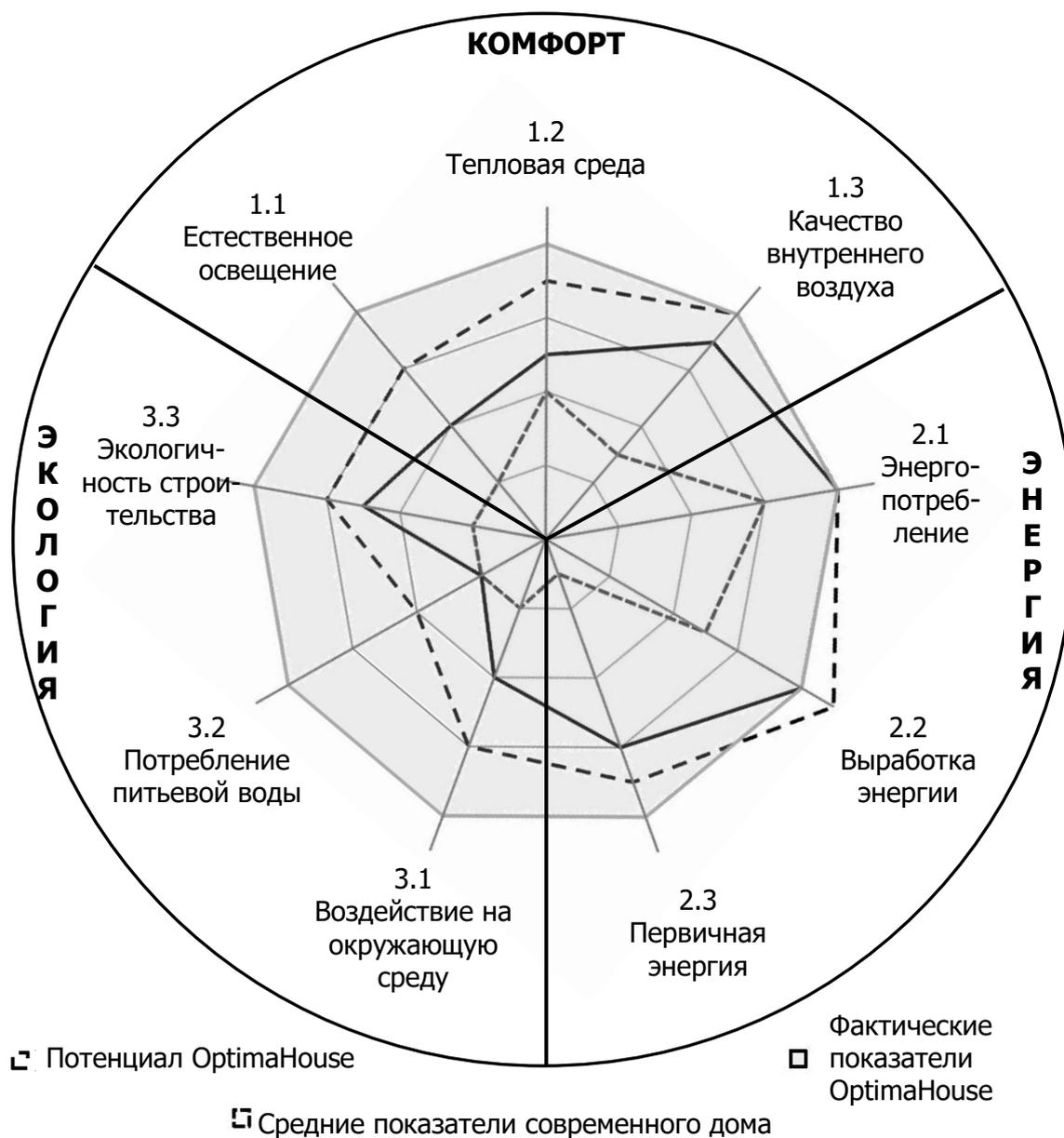


Рисунок 9.25 – Диаграмма (О проекте, 2017).

Пусть дом пока и не достигает «нулевого» уровня энергоэффективности, однако он на пути к этому рубежу (О проекте, 2017).

«Умные» модульные дома. На рынке Украины появилось новое поколение модульных домов (рис. 9.26) с функциями «умного» дома. Сотрудничество с европейскими партнёрами и использование последних новинок хайтека позволило компании QHome создать инновационный продукт по цене обычного кирпичного дома. Под словом «модуль» понимается определённая часть дома – металлический каркас, на который сажают стены, окна, двери. Собирается дом по принципу детского конструктора. Жилье имеет ряд преимуществ: высокую энергоэффективность, эргономичность, повышенную звукоизоляцию, экологичность, гарантию надёжности материалов, функции «умного» дома.



Рисунок 9.26 – «Умный» модульный дом («Умные», 2017).

Партнёрство с зарубежными компаниями позволяет фирме QHome ориентироваться на европейские стандарты строительства. Половину своей продукции фирма экспортирует в страны ЕС, сотрудничая в процессе изготовления с рядом украинских предприятий («Умные», 2017).

Соломенный дом (Запорожье). Молодая украинская строительная компания Life House Building начала строительство жилья из соломы. Технология сборки дома довольно проста. На деревянный каркас с крышей нанизываются соломенные блоки-панели (рис. 9.27). На изготовление их используется экологически чистая солома (не прошла химической обработки), на которую поставщик имеет соответствующий сертификат, так что панели не выделяют никаких токсичных веществ.



Рисунок 9.27 – «Соломенный дом» в Запорожье (Яковлева, 2017 в)

Изготовление 1 кв. м соломенной панели стоит примерно 32 амер. доллара, тогда как в Европе стоимость такой панели колеблется в преде-

лах 250-300 амер. долларов. Дом очень энергоэффективный. На отопление общей площади в 140 кв. м расходуется 250 куб. м газа, тогда как в таком же по площади каменном доме – около 900 куб. м. Уже больше года одна семья в Запорожье, живя в таком доме, фактически проводит его испытание (Аббасова, 2017; Яковлева, 2017 в).



Рисунок 9.28 – «Соломенный дом» в процессе строительства (Аббасова, 2017)

В 2015 году был сдан в эксплуатацию большой трехэтажный коттедж с галерей вокруг дома на берегу Десны, в с. Хотяновка под Киевом. Особенность дома в том, что у него соломенные стены. И полностью деревянный несущий каркас из соснового бруса (рис. 9.29).



Рисунок 9.29 – Самый большой соломенный дом в Украине (Бульков, 2016)

Сестейнизация строительства в той или иной степени влияет на экологические характеристики всех секторов экономики. Во-первых, потому, что именно на стадии строительства формируется экологический облик основных фондов хозяйственных отраслей, а также другие характеристики

их сестейновости. Во-вторых, строительная отрасль определяет ресурсную основу будущих основных фондов, а значит, в состоянии влиять на сферы производства материалов и энергии. В-третьих, строительная индустрия сама существенным образом воздействует на природу, а значит, в состоянии существенно снизить последствия этого воздействия и гармонизировать отношения человека и природы. В-четвертых, строительство и архитектура формируют среду жизни и деятельности человека, от чего зависит успешность его социального развития.

Начало III и IV промышленных революций, появление новых технологий и материалов позволяют значительно сестейнизировать процессы в строительной индустрии и результаты её деятельности. Значительно повышается эффективность работы каждого из её звеньев, а следовательно, существенно (зачастую в разы, а то и на порядок) снижаются энергоёмкость и материалоёмкость самого строительства и процессов эксплуатации основных фондов, созданных в его ходе. И здесь значительную роль начинает играть возобновимая энергетика и аддитивные технологии на основе использования 3D-принтеров. Сестейнизация строительства также позволяет в значительной мере приблизить строительные процессы к природе, вернув в строительство на новой основе природные материалы (глина, солома, дерево, целлюлоза), органически воспринимаемые экосистемами планеты.

9.7. Формирование сестейновых градостроительных комплексов

Успехи в создании отдельных сестейновых элементов «зелёного» строительства закладывают основу для формирования сестейновых градостроительных комплексов. Так или иначе их создателям приходится находить решения (так, как они это понимают) в сложнейших хитросплетениях целей, задач и проблем сестейнового развития. Анализируя виртуальные и уже реализуемые на практике проекты городов будущего, можно выделить важнейшие направления формирования сестейновых комплексов.

Относительная автономность с точки зрения *используемых ресурсов*. Она основана на использовании возобновимых источников энергии, рециркулируемых схем водопотребления и утилизации отходов. Во многих проектах также ставится задача частичного или полного самообеспечения растительной продукцией.

Задача полного перехода на возобновимые энергоресурсы, в частности, ставится в уже рассмотренном (подраздел 9.4) проекте города на воде с небоскрёбом «Небесная миля», который планируется реализовать в одном из районов Токио.

Этому созвучен и проект города на десяти искусственных островах, которые должны быть созданы из отходов и водорослей. Автор проекта – бельгийский архитектор Винсент Каллебот. По его замыслу, мини-города-острова должны предстать в виде медуз (рис. 9.30).



Рисунок 9.30 – Бельгийский проект города на воде (Города, 2017 а).

Размер островов – 500 м в диаметре. Часть города уйдёт под землю, где будут расположены офисы и жилые помещения. На поверхности «медуз» будут расположены фермы по выращиванию растений. Как и в японском проекте, в центре города предполагается возвести гигантский небоскрёб, где также будут фермы и жильё для людей (Города, 2017 а).

Зелень в городе должна стать обязательным компонентом среды обитания человека, какой бы урбанизированной и футуристической она ни представлялась её создателям.

Именно такой видится одна из задач города, строительство которого уже начато с нуля в сельской местности Китая недалеко от города Чэнду Great City («Великий город») – так амбициозно назвали его создатели. В городе планируется 80 тысяч жителей на площади около 3 кв. км.

Более половины территории города будут занимать зелёные насаждения, до которых из любого дома можно будет добраться всего за две минуты, а до парков вне застройки – за 10–15 мин. Зелень будет как внутри, так и снаружи города (рис. 9.31 и 9.32). Эко-парки будут перерабатывать сточные воды, твёрдые отходы и производить электроэнергию. Максимально будет использоваться энергия ветра. Город будет закрыт для автомобильного транспорта. Сообщение с другими городами будет посредством скоростного транспорта, центральный узел которого будет находиться в центре города под землёй. Благодаря ресурсосберегающим тех-

нологиям удельные расходы города по сравнению с похожими по величине городами будут меньше: по электроэнергии почти на 50%, по воде – на 60%, по отходам – на 90% (10 уникальных, 2017).



Рисунок 9.31 – Зелень вокруг Great City (Китай) (Города, 2014)



Рисунок 9.32 – Зелень внутри Great City (Города, 2014)

Город Масдар в ОАЭ, как и Great City, также строится на новом месте в пустыне недалеко от Абу-Даби. И хотя внешне они совершенно различны (в Масдаре совсем нет небоскрёбов), общим для них есть обязательное обилие зелени в городе (рис. 9.33).

Главной особенностью города станет его полная независимость от традиционных источников энергии. Город будет получать энергию от Солнца, ветра и подземного тепла (Города, 2014).



Рисунок 9.33 – Зелень в городе Масдар (ОАЭ) (Города, 2014)

Проекты всех перечисленных городов отличаются ещё одной особенностью: в них *минимизирован или полностью отсутствует автотранспорт*. Эта тенденция присутствует и в других проектах.

Сан-Хуан (Пуэрто-Рико). В отличие от Great City и Масдара, город создается не с нуля, а перестраивается. Однако и в нём главной задачей является отказ от автомобилей и создание красивейших зелёных пешеходных зон, которые могли бы привлечь как туристов, так и будущих жителей (10 уникальных, 2017).

Проект Венера (архитектор Жак Фреско) пока существует только на бумаге. Но он ещё дальше заглядывает в зелёное будущее (как в прямом, так и в переносном смысле). Город буквально утопает в парках (рис. 9.34).



Рисунок 9.34 – Проект Венера (Города, 2017 а)

Кроме того, все дома планируется изготовить из лёгких сортов железобетона с керамическим покрытием. Каждое здание будет энергетически са-

модостаточным. Такому городу будут не страшны любые бури и землетрясения (Города, 2017 б).

3D-город пока также существует только в воображении создателей (рис. 9.35).

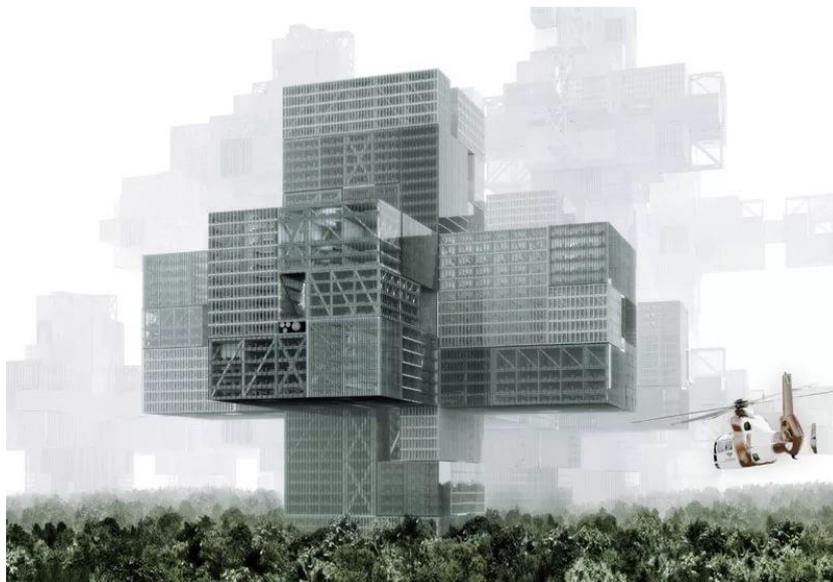


Рисунок 9.35 – 3D-город (Города, 2017 а)

Предполагается, что модульная конструкция города будет расти, но не по земле, а над землёй, в том числе над лесом, парками и водными объектами. При этом максимально сохраняются природные ландшафты. А у людей появится возможность максимального общения друг с другом в гигантском доме-городе (Города, 2014). Вот только, все ли будут рады подобному тесному общению? Или нужно будет целенаправленно выводить такую породу людей, которые будут с удовольствием жить в домах-сотах, радуясь тому, что можно постоянно любоваться природой с высоты птичьего полёта?

Города для людей. Не все градостроители готовы уступать пространство городов зелени. Некоторые отдают приоритет непосредственно социальной среде. При этом из городов максимально вытесняются тяжёлые виды транспорта и промышленность. А как же быть с зеленью? А зелени отдаётся второй ярус городов, т.е. крыши домов, а порой и крыша над самим городом. Подобные предложения можно встретить в проектах модернизации Гётерборга (Швеция) и Мельбурна (Австралия).

В частности, шведские архитекторы стремятся сохранить и даже умножить плотную застройку Гётерборга. Из города попытаются максимально вытеснить транспорт, сделав городскую реку главной транспортной артерией (рис. 9.36)



Рисунок 9.36 – Проект «зелёной» модернизации г. Гётеборга (Швеция) (Города, 2014).

Крыши города предполагается использовать для размещения на них огородов, солнечных батарей и ветровых мельниц. При этом ожидается, что это полностью удовлетворит все потребности жителей в пище и энергии.

Ещё дальше в своих фантазиях пошли авторы проекта «зелёной» модернизации Мельбурна. Огромную прозрачную «крышу» они собираются построить над всем городом. Она будет использоваться для выращивания пищи, сбора воды и солнечной энергии. Правда, это будет не скоро... Через 100 лет (Города, 2014).

Мы не говорим подробно о проектах гигантских небоскрёбов-городов. Но их тоже хватает. Подобные проекты напоминают некие муравейники для людей (здесь уместно использовать термин А. Зиновьева – «человек-ник»). По замыслу их создателей, люди будут способны жить и работать в подобных зданиях, месяцами не выходя из них наружу, т.е. на реальную природу. Впрочем, ни один из подобных проектов даже не принят к реализации. Люди отказываются платить гигантские суммы за такие проекты. Может быть, потому, что не хотят стать похожими на муравьёв.

«Умный» город. Все перечисленные проекты объединяет одна общая черта. В город должен прийти искусственный интеллект (ИИ), который будет управлять процессами жизнедеятельности города, обеспечивая экономическую и экологическую эффективность его функционирования. Задачи, которые будет решать ИИ, будут постоянно усложняться: от рационального использования ресурсов к оптимизации режимов функционирования до помощи в поиске спутника жизни, выборе профессии и предотвращении преступлений. ИИ должен стать стержневой основой всех инноваций, которые изменяют облик городов.

Сенсоры станут органами чувств города. Технологии распознавания изображений позволят собирать и анализировать любую информацию о том, что происходит на улицах. Это позволит, к примеру, создавать трёхмерные карты в реальном времени для беспилотников, предоставлять администрации и жителям информацию о потоках движения и использования площадей (Громов, 2016).

Подводя итоги сказанному, следует отметить: фантазия человека-творца создаёт многообразие виртуальных вариантов развития, из которых будет рождаться реальное будущее. Однако только те из вариантов получат путевку в жизнь, которые смогут пройти суровый отбор по критерию экономической эффективности и сдадут экзамен на социальную состоятельность в конкретных местных сообществах.

Глава 10

СЕСТЕЙНОВОЕ АГРОПРОИЗВОДСТВО

10.1. Понятие о сестейновом агропроизводстве

Основной целью любого агропроизводства является обеспечение людей продуктами питания. Кроме того, аграрное производство в значительной степени обеспечивает сырьем (кожа, шерсть, хлопок) легкую промышленность, энергетику (биогаз) и транспорт (биоэтанол и биодизель). *Сестейновое агропроизводство* может быть определено как агропроизводство, которое обеспечивает достижение целей *сестейнового развития* (MacRae, 2017). Несколько перефразировав определение последнего, сестейновым можно назвать такое агропроизводство, которое позволяет сегодня обеспечивать необходимой продукцией людей так, чтобы в будущем эта же задача не была поставлена под угрозу по отношению к грядущим поколениям.

При внимательном анализе можно выделить следующие группы целей сестейнового агропроизводства:

- обеспечение населения планеты достаточными по количеству и качеству (сбалансированности) *продуктами питания*;
- обеспечение *экологической безопасности* продуктов питания с точки зрения здоровья их *потребителей* (включая генетические последствия);
- обеспечение *экологической безопасности* продуктов питания с точки зрения здоровья их *производителей* (включая генетические последствия);
- обеспечение *экологической безопасности* производства продуктов питания с точки зрения *сохранения экосистем* планеты и биосферы в целом;
- обеспечение *социального качества жизни* производителей и потребителей агропродукции и общества в целом.

Нетрудно заметить, что средства достижения перечисленных целей могут отличаться взаимной противоречивостью. В частности, количественное наращивание производства продуктов может сопровождаться ухудшением их экологической чистоты и усилением техногенной нагрузки на экосистемы. Попытки же добиться экологического совершенствования производства и потребления продукции агропрома чаще всего ведут к снижению продуктивности производственных процессов и удорожанию сельхозпродукции. В первом случае на задний план отходит экологическая составляющая агротехнических процессов, а во втором – ставится под угрозу решение в полном объеме задачи продовольственной безопасности.

Становится ясным, что экономическая и экологическая составляющие должны решаться в тесной увязке друг с другом.

В одном из определений сестейнового агропроизводства (sustainable agriculture) подчёркивается, что оно основывается на полном знании функций экосистем (ecosystem services) и связей между биологическими организмами и средой, что обеспечивает формирование целостных агропроизводственных систем и эффективное устойчивое во времени производство (Gold, 2007).

С учётом более широкого взгляда на сельхозпроизводство как на одну из сфер социальной системы концепция сестейнового агропроизводства предполагает несколько ключевых компонентов, включающих (Максаковский, 2002):

- во-первых, активное использование природных процессов (таких, как круговорот питательных веществ, фиксация азота и др.);
- во-вторых, сведение к минимуму применения неприродных компонентов или невозобновимых природных компонентов, которые наносят ущерб окружающей среде и здоровью людей;
- в-третьих, активное участие фермеров и других сельских жителей во всех процессах анализа своих проблем, в разработке технологий производства, адаптации их применения к местным условиям;
- в-четвертых, более справедливый доступ к производственным ресурсам и возможностям;
- в-пятых, более эффективное использование знаний местного населения, его практического опыта и возможностей;
- в-шестых, использование всего разнообразия природных ресурсов и возможностей создания на фермах подсобных перерабатывающих производств;
- в-седьмых, повышение самостоятельности фермеров и сельских общин.

Как видим, сестейновое агропроизводство представляет собой сложную многовекторную систему производственного взаимодействия человека с природой, в которой, как в самом понятии сестейнового развития, рельефно выделяются три компонента: экономическая (производственная), экологическая (безопасность человека и экосистем) и социальная (предполагающая возможности социального развития человека).

10.2. Предпосылки сестейнизации агропроизводства

Сельское хозяйство является уникальным видом производства, которое как ни одно другое зависит от сил природы. Природные факторы представлены в нём двумя важнейшими компонентами: во-первых, внутрен-

ними информационными факторами выращиваемых организмов, заложенными их генетической основой; во-вторых, внешними материально-информационными факторами, обеспечивающими среду развития и продуктивности организмов (растений и животных).

Внешние факторы обеспечивают продуктивные организмы:

- необходимыми питательными веществами;
- влагой;
- физическими условиями (в частности, создают необходимый световой и температурный режимы и другие физические параметры среды);
- биологической средой, создающей как положительный (например, кормовая база), так и отрицательный (вредители, конкуренты, пр.) фон;
- необходимой информационной средой, регулирующей, в частности, биоритмы развития организмов.

На протяжении всей истории своего развития человек пытался воздействовать на все названные группы факторов с целью повысить продуктивность сельского хозяйства. Безусловно, одной из важнейших задач являлось совершенствование генетического механизма окультуренных растений и животных. Для этого отбирались наиболее продуктивные виды и способствуя естественному отбору.

В значительной степени природа сама помогала в данном процессе, производя естественные мутации и генетические трансформации.

Так, пшеница, которой принадлежит столь значительная роль в нашем современном рационе, приобрела свои нынешние качества в результате необычных (но вполне естественных) скрещиваний между различными видами трав. Сегодняшний пшеничный хлеб – результат гибридизации трех различных растительных геномов, каждый из которых содержит набор семи хромосом. В этом смысле пшеничный хлеб следовало бы отнести к трансгенным, или генетически модифицированным (ГМ) продуктам. Еще один результат трансгенной гибридизации – современная кукуруза, появившаяся, скорее всего, благодаря скрещиванию двух видов (Борлоуг, 2001).

Первобытных людей, впервые проследивших за циклом развития растений, можно смело считать первыми учеными. По мере того как они находили ответы на вопросы, где, когда и как следует выращивать те или иные растения, в каких почвах, сколько воды требует каждое из них, они все больше и больше расширяли понимание природы. Сотни поколений земледельцев способствовали ускорению генетических преобразований благодаря регулярной селекции с использованием наиболее плодovitых и сильных растений и животных. Чтобы понять, как далеко зашли эти эволюционные изменения, достаточно взглянуть на кукурузные початки (их возраст – 5 тыс. лет), найденные при раскопках в пещере Теуакан (Мексика). Они примерно в 10 раз меньше, чем у современных сортов (Борлоуг, 2001).

За последние сто лет учёные в различных областях знаний (прежде всего в генетике и физиологии растений) смогли применить полученные знания для резкого повышения урожайности культур на относительно постоянной основе.

В период после Второй мировой войны состоялось масштабное событие, получившее название «зелёной революции». Она представляла собой комплекс изменений в аграрном производстве, главным образом развивающихся стран, который включал активное выведение более продуктивных сортов растений, расширенное орошение, применение удобрений, пестицидов, современной техники и технологий и, конечно, повышение квалификации людей, работающих в аграрном производстве (Борлоуг, 2001).

Страницы истории

Термин «зелёная революция» был введен директором Агентства по международному развитию Вильямом Гаудом в 1968 году (Gaud, 2017). Начало «зелёной революции» было положено в Мексике в 1943 году. Инициировали программу мексиканское правительство и Фонд Рокфеллера. Значительную роль сыграли работы Нормана Борлоуга (Norman Ernest Borlaug), которому удалось вывести несколько высокоурожайных сортов пшеницы, в том числе с коротким стеблем, которая устойчива к полеганию. К середине 1950-х годов Мексика полностью обеспечила себя зерном и начала его экспорт. За 15 лет урожайность зерновых в стране выросла в 3 раза. В «зелёную революцию» были вовлечены и другие развивающиеся страны (Бирма, Индия, Индонезия, Колумбия, Непал, Филиппины, Цейлон, Пакистан). По некоторым оценкам, благодаря работам Н. Борлоуга удалось спасти от голодной смерти 3,5 млрд человек на Земле. Не случайно в 1970 году ему была присуждена Нобелевская премия мира (Стопа, 2010).

«Зелёная революция» позволила не только прокормить значительную часть увеличивающегося населения планеты, но и улучшить качество жизни людей. Почти два десятка лет после «зелёной» революции темпы производства продуктов питания стали обгонять темпы роста населения Земли. Таким образом, происходящие изменения в агропромышленном производстве, устраняя голод, позволяли решить одну из задач сестейнового развития, а именно обеспечения продовольственной безопасности.

Однако за результаты «зелёной» революции человечеству и природе пришлось заплатить дорогую экологическую цену. Массовая ирригация и глубокое возделывание земель нарушили их водный режим, что вызвало масштабное засоление, истощение почв и опустынивание территорий. Распространение минеральных удобрений и ядохимикатов привели к значительному ущербу природе и здоровью человека. Одним из серьезных экологических последствий была значительная утрата биоразнообразия. Всё

это обуславливало необходимость поиска новых, более экологических путей развития агропроизводства.

В середине 1980-х годов в странах Западной Европы, Австралии, Канады, США, Японии и других развитых стран в результате высокой интенсификации агропроизводства (в том числе за счёт использования высоких доз минеральных удобрений, ядохимикатов и регуляторов роста растений) было достигнуто перепроизводство дешёвых продуктов питания. В условиях, когда количественно продовольственная проблема была решена, создавались предпосылки для решения в агропромышленном комплексе экологических проблем.

10.3. Основы сестейнового агропроизводства

Как можно судить из предыдущего раздела, основными факторами воздействия на продуктивность организмов являются:

- совершенствование их генетической программы;
- обеспечение достаточной влагой;
- обеспечение питательными веществами;
- формирование оптимальной физической среды (светового режима, температуры и пр.);
- формирование оптимальной биологической среды (микроорганизмы, вредители, конкуренты, паразиты и пр.);
- формирование информационной среды.

Через все перечисленные факторы человек может влиять на процессы роста и развития организмов. И все они (факторы) могут оказаться путями как ухудшения, так и улучшения экологического состояния агропромышленного производства.

Наиболее действенным (по результатам и механизму реализации) инструментом воздействия человека на агропромышленное производство является коррекция генетического механизма используемых сельхозкультур (растений и животных). Необходимые свойства (например, как в случае с пшеницей – урожайность, устойчивость к засухе или, наоборот, к повышенной влажности, длина стебля, устойчивость к болезням и др.) закрепляются на генетическом уровне и могут самовоспроизводиться культурами в значительной степени без непосредственного воздействия человека. Сама эта внутренне заложенная в культурах способность воспроизводить необходимые свойства даёт им неоспоримые преимущества по сравнению с другими сортами культур или породами животных, не обладающих на генетическом уровне способностью воспроизводить подобные качества. Уже это является первым шагом к экологизации, так как в противном случае достижение желательных свойств (например, необходимой урожайности

или устойчивости к болезням) пришлось бы обеспечивать посредством применения минеральных удобрений, стимуляторов или регуляторов роста, химических веществ, ядохимикатов, лекарственных препаратов.

Можно говорить о двух основных направлениях агропроизводства, связанных с воздействием на генетический механизм культивируемых культур: *селекцию* и *генную инженерию*.

Селекция (от лат. *selectio* – «выбирать») – инструментарий (эмпирического или на основе научных методов) создания новых или улучшения существующих пород животных, сортов растений, штаммов микроорганизмов с полезными для человека свойствами.

Фактически селекцией человек стал заниматься с началом неолитической революции. Однако до XVI-XVII веков она носила стихийный и неметодический характер. Просто для посева отбирали лучшие плоды (семена) или особи (для воспроизводства). Со средних веков начал накапливаться и передаваться опыт для осуществления осознанного отбора. Теория Ч. Дарвина заложила методические основы для системной селекции на основе триады: *изменчивость – наследственность – отбор*.

С развитием селекции для получения новых пород или сортов стал использоваться метод *гибридизации*, при котором отбор осуществляется в рамках не одного генотипа, а разных. Иными словами, скрещиваются растения или животные разных пород или сортов.

При гибридизации сначала отбираются особи, у которых полезные свойства выражены наиболее сильно. Например, один сорт пшеницы отличается прочным стеблом и устойчив к полеганию, а другой – имеет тонкую соломинку, но устойчив к заражению стеблевой ржавчиной. При скрещивании растений из двух сортов в потомстве возникают различные комбинации признаков.

После этого появляется возможность сделать следующий шаг, а именно: отобрать те растения, которые одновременно имеют прочную соломинку и не болеют стеблевой ржавчиной. Так создается новый сорт.

Со становлением в начале XX века *генетики* селекция обрела теоретическую основу. Знание законов генетики позволяет целенаправленно управлять процессами возникновения и закрепления мутаций (генетических изменений), предсказывать результаты скрещивания, методически правильно проводить отбор гибридов (Вавилов, 1987).

В частности, на основе применения законов генетики удалось создать более 10 тысяч сортов пшеницы, используя несколько исходных диких сортов. Также были получены новые штаммы микроорганизмов, выделяющих пищевые белки, лекарственные вещества, витамины и т.п. (Основы, 2017).

Генетическая инженерия – это метод создания искусственных генетических программ (рекомбинантных или гибридных молекул ДНК) путём лабораторных исследований (т.е. исследований в пробирке – *in vitro*).

Генетическая инженерия, которая родилась в 1970-е годы, направлена на получение генетического материала путём проводимых по заранее заданной программе манипуляций вне клетки с молекулами нуклеиновых кислот и перенос созданных конструкций генов в живой организм. В результате этого достигается их включение и активность в этом организме и у его потомства. В последнее время учёные научились осуществлять процессы генетической модификации непосредственно в живых организмах (Грэй, 2017).

Цель прикладной генетической инженерии заключается в конструировании таких рекомбинантных молекул ДНК, которые при внедрении в генетический аппарат придавали бы организму свойства, полезные для человека. Например, могут создаваться «биологические реакторы» – микроорганизмы, растения и животные, продуцирующие фармакологически значимые для человека вещества, появляться сорта растений и породы животных с определёнными ценными для человека признаками (Введение, 2017).

Выполненное в 2012 году исследование (основанное, в том числе, на отчётах компаний-производителей семян) использования трансгенных культур: сои, кукурузы, хлопка и канолы, производившихся в 1996–2011 годах, показало, что устойчивые к насекомым культуры оказывались более дешёвыми при выращивании в развитых странах. По данным метаанализа, проведённого в 2014 году, урожайность ГМО-сельхозкультур за счёт снижения потерь от вредителей – на 22% выше, чем у немодифицированных, при этом расход пестицидов ниже на 37%, затраты на пестициды снижаются на 40%, а доходы сельхозпроизводителей повышаются почти на 70% (Brookes et al, 2013; Klümper et al, 2014). С 1996 года, когда началось выращивание ГМ-растений, площади, занятые ГМ-культурами, выросли до 175 млн гектаров в 2013 году (более 11% от всех мировых посевных площадей). Такие растения выращиваются в 27 странах, особенно широко – в США, Бразилии, Аргентине, Канаде, Индии, Китае. При этом начиная с 2012 года производство ГМ-сортов развивающимися странами превысило производство в промышленно развитых государствах (Ли, 2013). На 2013 год в 36 странах, регулирующих использование ГМ-культур, было выдано 2833 разрешения на использование таких культур, из них 1321 – для употребления в пищу и 918 – на корм скоту. Всего на рынок допущено 27 ГМ-культур (336 сортов), основными культурами являются: соя, кукуруза, хлопок, канола, картофель. Из применяемых ГМ-культур подавляющее большинство площадей занимают культуры, устойчивые к гербицидам, насекомым-вредителям или культуры с комбинацией этих свойств (James, 2013; James, 2012).

С момента появления ГМО (т.е. с 1970-х годов) в мире ведётся широкая дискуссия об их безопасности. В 2010 году свой вывод сделал Генеральный Директорат Европейской Комиссии по науке и технике. Заключение было основано на результатах более чем 130 научно-исследовательских проектов, охватывающих 25-летний период исследований с участием свыше 500 независимых исследовательских групп. Главный вывод состоял в том, что биотехнологии и сами ГМО не более опасны, чем, например, традиционные технологии селекции растений (A decade, 2010).

В 2016 году более 120 Нобелевских лауреатов, большинство из которых – медики, биологи и химики, подписали письма к Гринпис (Greenpeace), ООН и правительствам всего мира с призывом прекратить борьбу с ГМО (Achenbach, 2016; Laureates, 2016; 129 Laureates, 2017).

Однако в мире остаётся немало учёных и общественных деятелей, которые настроены менее оптимистично в отношении безопасности ГМО и продолжают заниматься соответствующими исследованиями. Пока, пожалуй, существует только один тезис, который удовлетворяет представителей противоположных мнений. Его высказала Всемирная организация здравоохранения: «невозможно в целом утверждать об опасности или безопасности ГМО; необходима отдельная оценка в каждом случае, так как разные ГМО содержат разные гены» (Frequently, 2014).

Очевидно, наиболее проблемным моментом в вопросе безопасности ГМО остаются отдалённые последствия их использования (включая репродуктивные последствия). В любом случае вопрос о полной гарантии отсутствия таких последствий остаётся открытым. А это, безусловно, есть важнейшим проблемным узлом *сестейнового развития*.

Результаты селекции и генной инженерии задействуются в обоих развивающихся направлениях сестейнизации аграрного производства – как *индустриализированном*, так и *органическом* (о них подробнее – ниже), хотя в каждом из них, безусловно, используются различные свойства культивируемых организмов, применяются разные подходы и ограничения.

Если говорить о сестейнизации воздействия человека на внешнюю среду культивируемых организмов, то уместно отметить два важнейших направления, которые получили развитие, – *биодинамическое* и *точное земледелие*.

Биодинамическое земледелие – это такой метод ведения агропроизводства, при котором оно рассматривается как производство, осуществляемое в единой пространственно-временной системе взаимодействия культивируемых организмов, среды их функционирования (роста) и комплекса природно-космических факторов.

Биодинамическое земледелие является не просто методом возделывания земли и выращивания культурных растений. Это целое мировоззрение с совершенно иным взглядом на природу. На основе данного метода удастся максимально реализовать потенциальную чувствительность растений к воздействию внешней среды и сигналам космоса, а плоды, выращенные на такой почве, не только приобретают особые вкусовые и полезные качества, но и наполняются особенной энергией.

В основе учения лежит отказ от любых химических препаратов в выращивании урожая. Все удобрения – только органические, а методы борьбы с вредителями исключают применение ядов. Сторонники биодинамического земледелия считают, что попытка вырастить как можно больше урожая и выжать максимум из почвы – это неправильный путь. Гораздо ценнее получить полезный, экологически чистый урожай, находясь при этом в согласии с окружающей природой, живой и неживой.

Основные правила биодинамического земледелия:

1. Кормить нужно не растения, а почву. Для подкормки почвы используют только органические удобрения, а именно компост. Для защиты и питания растений используют биодинамические препараты, которые можно изготовить самостоятельно. В качестве удобрений применяют различные органические остатки типа соломы, остатков еды с кухни, опилок и т.д. Правильно удобренная почва обеспечит достаточное питание растениям, а они в свою очередь порадуют хорошим урожаем.

2. Нужно учитывать взаимосвязь всего живого и неживого. Только полное осознание того, что все связано со всем, позволит вырастить по-настоящему полезный и вкусный урожай. Влияют друг на друга растения, животные, насекомые, почва, воздух. Оказывают свое влияние даже космические тела. Все процедуры посадки и сбора урожая проводятся с учетом этих факторов.

3. Необходимо соблюдать разнообразие. Целью биодинамического земледелия является создание целого мира в миниатюре, а это оказывается невозможно, если весь участок засадить, допустим, картофелем. На почве должны расти и соседствовать различные растения, которые будут оказывать влияние друг на друга. Так, например, лук и чеснок отпугивают вредителей. Важно также учитывать, какие растения росли на участке раньше, и чередовать их правильно.

4. Нельзя исключать участников живого мира. В биодинамическом земледелии важны максимальная естественность, близость к естественным условиям, природе. Важны не только растения, но и насекомые, животные, например, ежи, которые помогут избавиться от слизней, птицы, для которых можно построить кормушки. Не все сорняки, которые мы привыкли считать вредными, являются таковыми. Некоторые создают благоприятные условия для культурных растений, защищая от палящего солнца или вредителей (Биодинамическое, 2016).

Приверженцы теории биодинамического земледелия относятся к почве, как к живому существу. Почва населена различными микроорганизмами, насекомыми и прочими живыми существами, которые обеспечивают питание растениям.

Биодинамическое земледелие учитывает, что та или иная культура, высаженная с разницей всего в несколько дней, растет и плодоносит по-разному. Растения в биодинамическом хозяйстве очень чувствительны к движениям небесных тел, поэтому при посеве следует учитывать все возможные факторы. В дни корня нужно высаживать растения-корнеплоды, такие, как картофель, редис, морковь. В дни листа нужно заниматься посадкой листовых культур, например, салатов, в дни цветка сажать цветы, а в день плода – прочие растения: бобовые, тыкву, ягоды, фрукты и т.д. (Биодинамическое, 2016).

Точное (координатное) земледелие – это концепция агропроизводства, в основе которой лежит представление о существовании неоднородностей в пределах одного поля. Для оценки и детектирования этих неоднородностей используются новейшие технологии, такие, как системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Galileo), специальные датчики, аэрофотоснимки и снимки со спутников, а также специальные программы для агроменеджмента на базе геоинформационных систем (ГИС). Собранные данные используются для планирования высева, расчёта норм внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР), более точного предсказания урожайности и финансового планирования. Данная концепция требует обязательно принимать во внимание локальные особенности почвы и климатические условия. В отдельных случаях это может позволить легче установить локальные причины болезней или уплотнений (Новицкий, 2017).

Точное (координатное) земледелие может применяться для улучшения состояния полей и агроменеджмента по нескольким направлениям:

- агрономическое: с учётом реальных потребностей культуры в удобрениях совершенствуется агропроизводство;
- техническое: совершенствуется тайм-менеджмент на уровне хозяйства (в том числе улучшается планирование сельскохозяйственных операций);
- экологическое: сокращается негативное воздействие сельхозпроизводства на окружающую среду (более точная оценка потребностей культуры в азотных удобрениях приводит к ограничению применения и разбрасывания азотных удобрений);
- экономическое: рост производительности и/или сокращение затрат повышают эффективность агробизнеса (в том числе сокращаются затраты на внесение азотных удобрений) (Новицкий, 2017).

Перечисленные компоненты современного агропроизводства формируют технологическую основу сестейнизации сельского хозяйства.

Сегодня можно выделить два ключевых направления сестейнизации агропроизводства, которые условно могут быть названы *индустриализированным* и *органическим*. Несколько упрощая, принципиальное различие между ними можно охарактеризовать следующим образом. В первом из них основное воздействие в процессе производства человек оказывает непосредственно на предмет труда – выращиваемые растения и животные, а во втором – на среду, в котором выращивается продукт.

Каждое из этих направлений имеет свои сферы применения и инструментарий реализации.

10.4. Индустриализированное направление сестейнизации агропроизводства

Как можно было убедиться в предыдущих подразделах, сестейнизация производства преследует три основных цели: во-первых, обеспечения *продовольственного достатка*; во-вторых, максимальной экологизации производства и потребления агропродукции; в-третьих, сохранения *базовых экосистем*. Каждое из упомянутых направлений хозяйствования (индустриализированное и органическое) ищет собственные пути сестейнизации своих производственных успехов. При этом они имеют в своих «послужных списках» как очевидные успехи, так и комплекс нерешённых пока проблем.

Безусловным преимуществом индустриализированного агропроизводства является его высокая продуктивность. Это позволяет решить одну из важнейших задач, обусловленных целями сестейнового развития, а именно: обеспечить продовольственную безопасность, т.е. достаток качественной еды.

В отличие от органического земледелия индустриализированное агропроизводство не ставит перед собой максималистской цели полной экологизации производства (в частности, полного отказа от минеральных удобрений и ядохимикатов), а идёт к этой цели последовательно, повышая эффективность производственных процессов. Результатом этого является относительная экологизация, т.е. снижение удельной (на единицу продукции) экодеструктивной нагрузки на экосистемы. Ведь за счёт более эффективных режимов хозяйствования и применения природосберегающих технологий существенно уменьшаются затраты вредных веществ и заметно снижаются процессы разрушения почв в расчёте на единицу производимой продукции.

Земледелие. Основной концепцией индустриализированного направления в агропроизводстве является переход от тотального возделывания

земли к индивидуальному воздействию на выращиваемые растения. Именно по такому пути шла интенсификация сельского хозяйства в 1960–1980 годы. От сплошного полива участков земли, внесения минеральных удобрений в почвы методом разбрасывания, сплошного разбрызгивания ядохимикатов с самолётов переходили к капельному орошению (под каждое растение) и капсульному земледелию, когда семена вносятся в почву упакованными вместе с необходимыми питательными веществами (удобрениями) и ядохимикатами. При таком подходе от средств химической обработки растений не отказываются вообще, но потребность в них значительно (иногда в разы) снижается. Существенно уменьшаются и экологические последствия. Значительно сокращается деградация земель, в том числе их засоление (из-за огульного полива) и загрязнение (из-за масштабной химической обработки).

Подобные методы нашли своё развитие в *гидропонике* и интенсификации *тепличного хозяйства*.

Гидропоника (от греческих слов: вода и работа) – это метод, при котором питание растений в точных количествах и пропорциях происходит не из почвы, а из питательных растворов (Гидропоника, 2015).

В 600 году до нашей эры зафиксировано письменное упоминание о гидропонике. Знаменитые сады Семирамиды в Вавилоне – это первый исторический факт использования большой оросительной системы, встроенной в здание (Гидропоника, 2017). Новое рождение гидропоника получила при создании оранжерей на космических станциях и испытательных полигонах.

Выделяют четыре основных метода гидропоники в зависимости от используемого заменителя почвы (субстрата):

- *агрегатопоника* – используются твердые инертные неорганические субстраты (керамзит, щебень, песок, гравий и т.п.);
- *хемопоника* – используются органические материалы (опилки, мох, торф и пр.);
- *ионитопоника* – используются жидкости;
- *аэропоника* – корни растений подвешены в воздухе специальной камеры, в которой поддерживается подача питательных веществ.

Использование гидропоники позволяет значительно увеличить урожайность плодовых растений. Они растут гораздо быстрее, чем в обычной почве. Отпадает проблема погодных условий. Появляется возможность регулировать размер плодов. Снижаются затраты по уходу за растениями (в частности, полностью отпадает потребность в ежедневном поливе). Нет необходимости использования ядохимикатов (гербицидов и пестицидов), так как отсутствуют и сорняки, и вредители. Исключается возможность загрязнения продуктов различными вредными веществами, которые могут

содержаться в обычных почвах. Полностью исключается прямое экоде-структивное воздействие на экосистемы, так как нет непосредственного контакта с последними (Гидропоника, 2015).

К существенным недостаткам гидропоники можно отнести возможность сверхнормативного повышения концентрации питательных веществ, в частности, нитратов, в самих продуктах питания (особенно при неквалифицированных или недобросовестных методах работы). Продукция, произведенная подобным путём, обычно значительно уступает органической по вкусовым качествам и по запаху.

Вертикальные фермы. Максимальную реализацию описанные методы нашли в вертикальных теплицах (фермах), которые получили широкое распространение уже в XXI веке. Как правило, в вертикальных фермах овощи вырастают в 2 раза быстрее, используя на 95% меньше воды и в 2 раза меньше удобрений (Как работает, 2016).

Вертикальная ферма Plenty в пригороде Сиэтла не занимает ни одного метра плодородных земель и обеспечивает зеленью и овощами 180 тыс. человек, производя ежегодно более 2 тыс. т овощей. Производственный процесс максимально автоматизирован благодаря использованию маленьких роботов Schleppers. Фирма начала строительство новой вертикальной фермы. Она будет в два раза производительней. Там будут производиться 15 видов зелени, клубника, помидоры и арбузы. Специалисты Plenty ищут новые способы выращивания 300 сельхозкультур. Недавно компания получила сертификат, что их продукция полностью соответствует *стандартам качества* так называемых *органических продуктов* (Гоголадзе, 2017б).

Вертикальная гидропонная ферма в Сингапуре выращивает более 50 видов овощей. При этом урожаи в 5 раз превышают аналогичный показатель на традиционных фермах. В настоящее время вертикальные фермы уже работают в большинстве европейских стран, Гонконге, Японии, Корее, в арабских странах. Иорданская ферма Sabara Forest занимает три гектара в пустыне. В год она производит около 130 тонн овощей. Энергию для работы фермы генерируют фотоэлектрические панели (Красильникова, 2017 б).

Следует назвать ряд существенных достоинств вертикальных ферм. Одно из них – гибкость организации хозяйства. Существует колоссальный диапазон их размеров: от комнат или контейнеров площадью в несколько квадратных метров до огромных небоскребов. Это значит, что они могут работать в режиме горизонтально распределённых сетей. Подобная организация позволяет минимизировать «углеродный экологический след» – продукция выращивается на местах, и её не приходится далеко возить. Значительно сокращаются затраты на необходимые ресурсы. Например, происходит экономия 90% воды по сравнению с обычными теплицами.

Расходы на электроэнергию можно сократить благодаря использованию энергосберегающих ламп и солнечных панелей. И ещё одна немаловажная деталь: современные технологии позволяют получить продукты с отличным вкусом и близким к природному насыщенным запахом.

Приятно отметить, что украинская компания GyberGrow уже пять лет занимается аэропоникой, т.е. выращиванием растений в воздушной среде. Компания предлагает конструкции, на которых можно выращивать как декоративные растения, так и овощи, а также ягодные культуры, в частности клубнику (Украинский, 2016).

Животноводство. Говоря об индустриализированном направлении развития сельского хозяйства, нельзя не упомянуть о проблемах *животноводства*. В той или иной степени большая часть его уже и так индустриализирована. Речь идёт о массовом использовании стимуляторов роста, синтетических кормовых добавок, антибиотиков. Экологизация здесь может идти по пути ужесточения контроля, полном запрете продажи и использования определённых препаратов, введении стимулирующих инструментов (как отрицательной, так и положительной мотивации) для производителей и потребителей, обуславливая заинтересованность в реализации задач экологизации агропроизводства.

Мясо – из пробирки. Упомянём ещё об одной сфере развития индустриализированного агропроизводства, которое хоть и не относится к растениеводству, тем не менее трудно назвать животноводством. Речь идёт о выращивании так называемого *мяса – из пробирки*.

Большинство лабораторных методик выращивания искусственного мяса используют животные клетки, полученные из сыворотки крови. В биореакторе из клеток формируется мускулатура, которая и становится основой мяса. До недавнего времени себестоимость его была очень высокой и не позволяла выйти на промышленные объёмы производства. В 2013 году первый в мире бургер из выращенного в пробирке мяса стоил в 325 000 долларов. Развитие технологии позволило за 4 года снизить себестоимость производства почти в 30 000 раз (!) На начало 2017 года килограмм такого мяса стоил уже 80 долларов, а один бургер – 11 долларов. Конечно, это ещё почти в 10 раз дороже, чем натуральный продукт, но исследования продолжают... (Авельсник, 2017в).

Учёные прогнозируют, что уже через 5–10 лет себестоимость искусственного мяса выйдет на уровень натурального. Предполагается также повышение качества новых продуктов. В частности, учёные обещают выращивать в лаборатории целые стейки и куриные грудки. Расширяется и ассортимент. Израильский стартап SuperMeat работает над выращиванием кошерной *куриной печени*, американская компания Clara Foods синтезирует *яичный белок*, а Perfect Day Foods создаёт *молочные продукты* неживот-

ного происхождения. Наконец, голландская компания – производитель первого гамбургера с искусственным мясом Mosa Meat обещает начать продажу лабораторной *говядины* в ближайшие 4–5 лет (Авельсник, 2017 в).

Как это, возможно, ни странно звучит, такие направления индустриализированного агропроизводства, как гидропонное растениеводство и выращивание искусственного мяса могут оказаться значительно экологичнее своих натуральных аналогов, снижая экодеструктивное воздействие на экосистемы. Они требуют значительно меньше земли и существенно менее ресурсоёмки. В частности, по данным Центра по контролю и профилактике заболеваний США, для производства одного гамбургера из натурального мяса необходимо 2500 литров воды. Отходы животноводства также являются источником метана, усиливающим парниковый эффект (Авельсник, 2017 в).

Как бы там ни было, индустриализированное агропроизводство стремится занять свои ниши в деле сестейнизации экономики. В разумном сочетании с органическим земледелием оно должно создавать значительный потенциал достижения целей сестейнового развития.

10.5. Органическое агропроизводство

Сегодня в мире существует два ключевых подхода к определению органического агропроизводства (Что такое, 2017).

Согласно первому, под *органическим* агропроизводством понимается любая экологически безопасная система сельхозпроизводства, в частности та, которая:

- не использует синтетических химикатов (удобрений, пестицидов, антибиотиков и т.п.);
- осуществляет минимальную обработку почвы;
- не применяет генетически модифицированных организмов (ГМО) и охватывает разные сферы: растениеводство, овощеводство, садоводство, животноводство, птицеводство и т.д.

Таким образом, перечисленным критериям теоретически может соответствовать даже гидропонное производство. Оно *не осуществляет даже минимальной обработки почвы* (точнее, вообще не связано с обработкой почвы), *не использует ядохимикатов*, в принципе использование минеральных удобрений в нём может быть заменено на *органические* и в нём могут *не использоваться ГМО*. Не случайно некоторые виды сельхозпродукции, выращенные гидропонным методом, получают сертификаты как органическая продукция и наравне с термином «органический» по отношению к агропродуктам используют термины «эко» (eco) и «био» (bio).

Однако существует и другой взгляд на органическое агропроизводство, который разделяют многие учёные и специалисты. Согласно их пред-

ставлениям, основополагающим критерием отнесения агропроизводства к *органическому* виду хозяйствования должно быть *производство продукции в естественных природных условиях*, т.е. в натуральных экосистемах. Упомянутые выше критерии экологического совершенства должны лишь дополнять данное определение. При таком подходе становится понятным использование базового термина, который лёг в основу данного вида хозяйствования, ибо *органическое* агропроизводство – это то, которое *органически* вписывается в кругооборот естественных экосистем.

В растениеводстве признаками органического земледелия являются:

- отказ от использования не только ядохимикатов и минеральных удобрений, но и любых синтетических добавок, ускоряющих рост растений, изменяющих их вкус или внешний вид (часто такими добавками являются повышенные дозы нитратов);
- использование севооборота для восстановления почвы;
- применение биологических (а не химических) способов защиты растений;
- использование замкнутого цикла: *земледелие – скотоводство* (растениеводство – корм, скотоводство – удобрения);
- щадящие технологии обработки почвы;
- широкое использование сидератов, выращиваемых на «зелёное» удобрение растений (в Европе их насчитывается более 60 видов).

В животноводстве признаком органического сельского хозяйства является «видосоответствующее содержание животных»: отказ от круглогодичного стойлового содержания, обязательный выпас скота, неиспользование синтетических кормовых добавок и гормонов, запрет на превентивное использование антибиотиков.

Согласно принципам органического сельского хозяйства, оно направлено на работу с экосистемами, биогеохимическими циклами веществ и элементов, поддерживает их многообразие и получает эффект от их оптимизации. Органическое сельское хозяйство предполагает в долгосрочной перспективе поддержание здоровья как конкретных объектов, с которым имеет дело (растений, животных, почвы, человека), так и всей планеты (Principles, 2017).

Страницы истории

Органическое сельское хозяйство имеет длинную историю своего развития, отсчёт которой, пожалуй, можно вести от начала неолитической революции, когда в поте лица человек стал добывать свой хлеб насущный. И всё это время человек то приближался к *органическому земледелию*, постигая мудрость естественного плодородия природных систем, то снова отдалялся от него, ослеплённый своими временными успехами покорения природы.

Много выдающихся учёных и практиков вписали свои весомые страницы в книгу мудрости органического агропроизводства. Прежде всего следует упомянуть имя выдающегося русского учёного В.В. Докучаева, который в 1880–1890 годах заложил основы почвоведения и географии почв, создав учение о почве как о самостоятельном природном теле. Он открыл закономерности генезиса и распространения почв (Докучев, 1885).

Говоря об органическом земледелии, нельзя не вспомнить имя великого украинского учёного В.И. Вернадского, основоположника теории о живом веществе. В.И. Вернадский был, кстати, учеником В.В. Докучаева. Именно он обосновал необходимость защиты верхнего слоя почвы (5–15 см), обеспечивающего жизнь аэробных бактерий, формирующих плодородие почвы (Вернадский, 1978; Вернадский, 2003).

Малоизученным остаётся опыт хозяйствования уникальной коммуны – основанной в 1880-х годах мыслителем и помещиком. Н.Н. Неплюевым Крестовоздвиженского трудового Братства, просуществовавшего до 1929 года. Перестраивая агропроизводство Н. Неплюев заимствовал в ведущих хозяйствах Европы элитные семена растений и породы животных, передовые технологии и орудия труда. В хозяйстве применялась 10-польная система севооборота, синергетические комплексы сочетания различных видов деятельности: земледелия, животноводства, лесоведения, садоводства и пчеловодства.

В аномально страшных исторических условиях (две революции и изнуряющая гражданская война) развитие Братства неуклонно шло по восходящей траектории. Благодаря технологиям, синергетически увязывающим труд человека с его управленческим началом и силами природы, за всю историю Братства здесь не было ни одного случая неурожая. Урожайность сельхозкультур в Братстве стабильно в 3–5 раз превосходила показатели окрестных хозяйств. Созданный после разгона Братства в 1929 году на его месте колхоз смог лишь однажды – в исключительно урожайный год – спустя почти полвека (в 1975 году) приблизиться к его показателям (Мельник, 2013).

Яркую страницу в развитие органического агропроизводства вписал австрийский учёный и философ Р. Штейнер (Rudolf Joseph Lorenz Steiner). В 1924 году он в своём курсе лекций изложил концепцию агропроизводства, получившую в последствие название *биодинамического*. Сельскохозяйственная ферма рассматривалась им как целостный организм, способный существовать как самообеспечивающаяся система. В ней земледелие должно быть тесно связано с животноводством, взаимодополняя и усиливая друг друга. Штейнер также предложил согласовывать отдельные циклы работ (посев, прополку и сбор урожая) с ритмами Луны и планет (Ермакова, 2008).

Огромный вклад в практическое становление органического агропроизводства внесла британская фермер Ив Балфор (Lady Eve Balfour). В 1939 году она заложила так называемый Хаглейский эксперимент (Haughley Experiment), первый долгосрочный (более 40 лет) опыт сравнения органического и основанного на химии фермерства. Через четыре года она опубли-

ковала предварительные результаты наблюдений, которые свидетельствовали в пользу органических технологий (Lady, 2017).

Считается, что первым термин «органическое фермерство» ввел в обиход лорд Норнборн (Lord Northbourne). В своей книге «Вглядываясь в землю» (Look to the land) он противопоставил органическое фермерство («organic farming») химическому фермерству («chemical farming») (Lord, 2014).

Одним из основоположников органического агропроизводства считается также японский философ Мокиши Окада (Mokishi Okada), который в 1940–1950-е годы сформулировал концепцию органического земледелия. По его мнению, агротехника и агропроизводство должны не только быть безопасными для человека и природы, но и служить стабилизирующим фактором, воспроизводящим состояние экосистем (The ideas, 2017).

В ряду основоположников органического земледелия видное место принадлежит советскому учёному-селекционеру и практику Т. Мальцеву. В 1940–1960 гг. он обосновал и на практике применил щадящие почву технологии возделывания земли. В частности, разработал безотвальную систему обработки земли (Иванов, 1962). Позднее методы Т. Мальцева были использованы в Украине под руководством практика-организатора Ф. Моргуна.

Большую популярность в мире приобрели работы живущего в Австралии известного учёного и практика Алекса Подолинского (внука выдающегося украинского учёного С.А. Подолинского). В них он развивает основы биодинамики, в том числе исследует особенности практического применения органического земледелия в условиях Австралии, оказывая методическую помощь десяткам фермеров в реализации их практической деятельности. В 2006 и 2010 годах он посетил Украину с циклами лекций.

Около 40 лет органическое земледелие практикуется в Украине. Его пионером стал С.С. Антонец, возглавлявший аграрное хозяйство (тогда колхоз) в Шишацком районе Полтавской области. В то время, когда в стране господствовали химические методы земледелия, он стал инициатором перехода своего хозяйства на органические технологии, чему остаётся верным по сей день (Писаренко та ін., 2017).

В 2001 году в Украине была организована Федерация органического земледелия. И начали создаваться клубы органического земледелия, в ряде регионов страны организуются поселения органического земледелия.

В 2010 году в Днепропетровском аграрном университете был открыт первый в Украине Центр природного земледелия. С 2008 года в нескольких областях страны проводятся исследования по возрождению органического природного земледелия на Днепровских порогах.

Производство любого органического продукта начинается с сертификации земли. Даже если речь идет о молоке или мясе, то в первую очередь органический статус должны получить поля и пастбища, используемые для ведения животноводства. Коровы, дающие органическое молоко, должны

выпасаться. И чтобы трава на пастбищах не оказалась с пестицидами, ди-оксинами и другой стойкой химией, которая потом может перейти в молоко или в мясо, земля должна быть сертифицирована, как органическая. Такая органическая сертификация подтверждает, что прошло как минимум три года с момента последнего использования агрохимии и ГМО, и в земле больше не осталось вредных веществ.

После получения органического сертификата на землю, ферма имеет право получить сертификат и на животноводство. Согласно требованиям к производству, например, органической говядины нельзя использовать антибиотики, гормоны и стимуляторы роста, ГМ-корма и ГМ-животных. Кроме того, запрещено удерживание коров в тесных стойлах и негуманное обращение с животными. Коровы должны быть на свободном выгуле, на сертифицированных пастбищах, в естественных природных условиях. Есть даже требование по количеству гектаров на одну голову: например, для одной взрослой молочной коровы в хозяйстве должно иметься не менее двух гектаров. Во время выпаса животные одновременно способствуют подготовке земли к следующему урожаю, удобряя почву естественным образом, они поддерживают баланс природы. Молоко, полученное на таких фермах, является готовым органическим продуктом или же органическим сырьем.

Что касается сложных продуктов, состоящих из разных ингредиентов, называться «органическими» они могут только в том случае, если не менее 95% их состава произведены органически сертифицированным способом. Таким образом, потребителям органических продуктов важно знать места производства всех ингредиентов. Международные стандарты обязывают органических производителей указывать на упаковке происхождение каждого из компонентов (Ярмилка, 2005).

В последние годы в мире значительно вырос интерес к органическому земледелию. Только в странах ЕС количество органических хозяйств за 15 лет (на начало 2010 годов) возросло более чем в 20 раз. Этому способствует принятая в 1993 году политика общей поддержки фермеров в первые годы перехода от обычного к органическому агропроизводству. Производство органической продукции регламентируется европейскими стандартами для органического земледелия (ЕЕС № 2092(91), которые действуют с 1991 года и были дополнены новыми положениями в 2008 году.

Средний показатель количества органических хозяйств на начало 2010-х годов в странах ЕС достиг в среднем 4% и составлял: в Австрии – 11%, Италии – 8%, Дании – 7%, продолжал быстро увеличиваться (Гриднев, 2012).

По данным исследования «The World of Organic Agriculture 2017», глобальный рост органического земледелия продолжается. Общемировая площадь земельных угодий, возделываемых по правилам органического

земледелия, в 2015 году превысила 50 млн га, увеличившись во всех регионах, кроме Латинской Америки. Всего в 2015 году на планете насчитывалось около 2,4 млн производителей органической продукции. Крупнейшим в мире рынком экологически чистых продуктов является США (оборот в 2015 году – около 36 млрд евро), затем идут Германия (около 9 млрд евро) и Франция (около 6 млрд евро). В Германии количество предприятий органического земледелия в 2016 году приблизилось к 9%. В 2016 году каждый день почти пять агропроизводителей переходили на методы органического земледелия. Количество предприятий, перерабатывающих экологическую агропродукцию, за 2016 год увеличилось на 2%. Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства Германии поставило цель довести долю сельхозплощадей под органическим земледелием до 20% (сейчас она составляет 7,5%) (Экологическое, 2017; Weltweites, 2016).

В Украине в 2013 году был принят закон о производстве и обороте органической сельскохозяйственной продукции. С одной стороны, органическое земледелие в стране переживает подъём. Доля площадей под органическим агропроизводством увеличилась с 0,4% со середины 2000-х годов до 1% к середине 2010-х (Левицкий, 2015). Органические агрохозяйства успешно развиваются в Полтавской, Днепропетровской, Сумской, Винницкой, Черниговской и других областях.

С другой стороны, отечественное органическое агропроизводство переживает объективные трудности. Они связаны не только с технологическими проблемами – органическое земледелие технологически сложнее и требует глубоких знаний и высокой квалификации реализующих его специалистов. Чрезвычайно сложной также является процедура сертификации, на которую может уйти несколько лет. Затруднен также сбыт готовой продукции. Дело в том, что органическая продукция дороже обычной. При правильном ведении хозяйства она всё же оказывается достаточно рентабельной, и желающих её купить достаточно. Однако это всё – не массовый покупатель, как в случае с обычным агропроизводством. Процесс поиска штучного покупателя на штучный товар оказывается довольно хлопотным занятием (Левицкий, 2015).

Тем не менее, несмотря на проблемы, количество производителей, как в мире, так и в Украине с каждым годом растёт, находя своего потребителя. Этому способствует рост экологической грамотности населения и повышение уровня его сестейновой культуры. Впрочем, дело не только в экологической грамотности населения. Часто даже осознавая все достоинства органической продукции, люди не могут себе позволить её регулярное потребление, ведь она дороже обычной. Поэтому существенным фактором является массовое повышение жизненного уровня людей. Важно также удешевление такой продукции за счёт совершенствования техпроцессов.

10.6. Экологическая сертификация и маркировка в сфере органического земледелия¹

Основы экологического маркирования. Сегодня все больше потребителей во всем мире понимают выгоды и отдают предпочтение товарам и услугам с улучшенными характеристиками по их влиянию на состояние окружающей среды и здоровье человека. Надежным ориентиром для выбора такой продукции являются экологические сертификация и маркировка. Они осуществляются в соответствии с принципами и по методам международных стандартов серии ISO 14020. При этом учитываются определенные экологические характеристики продукции. Применение экологической маркировки было рекомендовано еще на Всемирной конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

Понятие «экологическая маркировка» определено согласно ДСТУ ISO 14020:2003 «Экологические этикетки и декларации». В пункте «Общие принципы» (ISO 14020: 2000, IDT) характеризуются содержание понятий: «экологическая маркировка» (environmental label) и «экологическая декларация» (environmental declaration) как предоставление данных об экологических аспектах определенной продукции или услуги (Екологічне, 2017; Національний, 2004).

Международная организация по стандартизации ISO дифференцирует экологические маркировки на два основных типа:

I тип экологической маркировки – предусматривает получение права на применение экологической маркировки в случае, если продукция прошла экологическую сертификацию. Сертификация осуществляется органом по экологической маркировке на соответствие экологическим критериям, устанавливаемым для каждой группы продуктов отдельно. *Сертификация* (certification) – процедура письменного заверения третьей стороной соответствия продукции, процесса или услуги установленным требованиям (Екологічне, 2017).

II тип экологической маркировки (самодекларирование) – производитель сам определяет, какие данные следует предоставлять для экологической характеристики своей продукции. Основные принципы применения экологической маркировки II типа изложены в стандарте ISO 14021 (ISO, 2016).

Примером экологической маркировки II типа могут быть такие данные декларации, как применимость для повторной переработки материала и другая информация, например: «годен для повторной переработки», «пригоден для компостирования», «разборная конструкция» и т.д., или

¹ Глава написана в соавторстве с к.э.н., доц. И.Б. Дегтярёвой

специальные знаки, которые определены международным стандартом ISO 7000 (Екологічне, 2017).

Процесс подготовки к экологической маркировке делится на три этапа: 1) выбор новой категории продукции для разработки экологических критериев; 2) экологическая сертификация и заключение лицензионного соглашения на право использования знака экологической маркировки на сертифицированную продукцию; 3) надзор за сертифицированной продукцией (Маціпура, 2011).

Экологическая сертификация в Европе и мире. Использование терминов «органический», «эко», «био» и любых других названий, которые вызывают у потребителя ассоциацию с «органикой», отдельно или в словосочетаниях можно только, если данный продукт отвечает требованиям органического законодательства и его производство сертифицировано как органическое. При этом контролируется использование таких понятий и в названиях торговых марок.

Украинским потребителям отличить настоящую органику можно по общепринятым в Европе и мире знакам. Покупая органические продукты, следует обращать внимание на наличие таких знаков и логотипов:

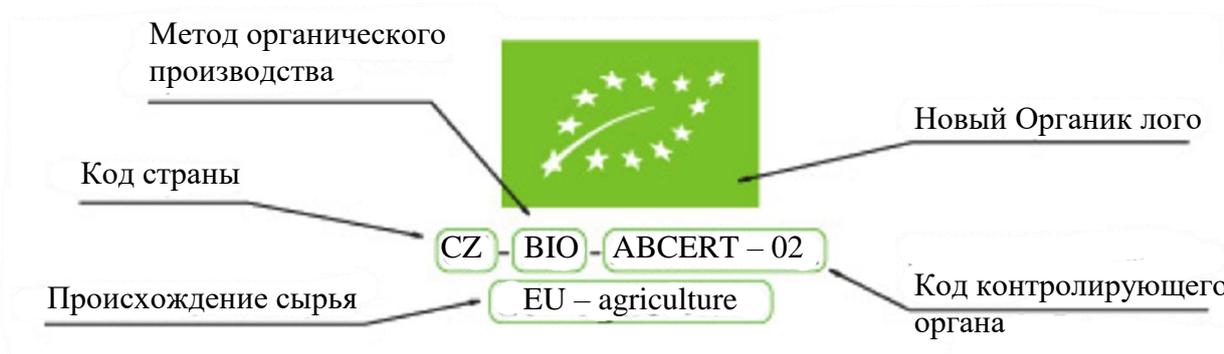


Рисунок 10.1 – Знак органической сертификации (Organic, 2017)

Данный знак (рис. 10.1) принят в странах ЕС с 1 июля 2010 года. В 1991 г. вступила в силу европейская система регулирования в сфере органического сельского хозяйства EU Regulation 2092/91. С 1 января 2009 г. вышла её следующая версия ЕС 834/2007.

Под знаком на этикетке должны указываться: код контролирующей инстанции и место выращивания сельскохозяйственного сырья, из которого произведена данная продукция, название органа, выполнившего сертификацию. Код органа контроля должен состоять из: акронима (код страны в соответствии с международным стандартом двухзначных кодов стран ISO 3166), термина, обозначающего органичность (экологичность) производства, и шифра (присваивается уполномоченным органом власти).

Нормы, которыми должен руководствоваться производитель для того, чтобы произвести органическую продукцию согласно данному органу сертификации и получить соответствующую маркировку, предполагают значения:

- не меньше 95% компонентов органического происхождения;
- продукт должен соответствовать правилам официальной схемы инспекции;
- переходный период почвы для выращивания органической продукции – не менее 3 лет; принято считать, что за это время она очищается;
- постоянные проверки инспекции для обеспечения соответствия органическому законодательству.

Логотип ЕС, обозначающий, что продукция соответствует упомянутым требованиям, можно встретить на продукции, произведенной в Украине. Это предполагает, что продукция отвечает европейским стандартам органического производства.

Нарушение в использовании такого знака влечет за собой ответственность за нарушение не только национального законодательства, регламентирующего органическое производство, но и за нарушение прав интеллектуальной собственности.

Кроме европейской системы сертификации органических продуктов, самыми распространенными являются американская и японская системы.

Национальная органическая программа США (NOP) сертифицирует и контролирует органических производителей. Требования к маркировке от NOP распространяются на сырые, свежие и переработанные продукты, содержащие органические сельскохозяйственные ингредиенты.

Знак Demeter указывает на производство по правилам биодинамического органического производства (рис. 10.2).



Рисунок 10.2 – Экологический знак для пищевых продуктов, произведенных органическими методами (Международные, 2017)

Demeter-International является крупнейшей сертифицирующей организацией биодинамического сельского хозяйства, создавшей сеть отдельных организаций сертификации во всем мире. Demeter-International сертифицирует продукцию более чем 4.200 производителей в 43 странах мира, подтверждая, что биодинамическая продукция соответствует международным стандартам в области производства и переработки. Программа сертифика-

ции Demeter была создана в 1928 году как первый экологический знак для пищевых продуктов, произведенных органическими методами.

Demeter – старейшая традиционная органическая сертификация в Европе и считается самой высокой степенью качества для органического земледелия в мире. Сертификацию необходимо подтверждать ежегодно. Основой Demeter является биодинамический метод ведения сельского хозяйства, возникший благодаря Рудольфу Штайнеру и его «Сельскохозяйственному курсу», представленному в Koberwitz в 1924 году, и развившемся далее научно и практически. Требованиями стандарта сертификации Demeter являются: поддержание биоразнообразия, охрана экосистемы и плодородия почв, содержание домашних животных, запрет генно-модифицированных организмов и взгляд на ферму как на живой «целостный организм».

На сегодняшний день объединение «Demeter» действует во всем мире. Сертификационное свидетельство Demeter подтверждает выполнение стандартов фермерами, которые в свою очередь гарантируют высокое качество продуктов питания для потребителей. Вознаграждением является более высокая цена на продукты питания со знаком «Demeter», начиная в среднем от 10-30%.

Предприятия-производители могут использовать знак Demeter, только пройдя строгий контроль. Контролируется полное соблюдение правил Объединения предприятий Demeter, начиная с организации фермерского хозяйства и заканчивая переработкой продукции. К этому добавляется государственный ежегодный биоконтроль Европейского Сообщества, проводимый в соответствии с предписанием ЕС по биоконтролю. Он устанавливает минимальный стандарт на экологические товары. Но требования Demeter, основанные на целостном подходе, гораздо выше. Наряду с отказом от синтетических удобрений и химических средств защиты растений (в т.ч. и при их дальнейшей обработке), они предполагают целенаправленное стимулирование жизненных процессов в почве. Биодинамические фермерские хозяйства гарантируют создание продуктов питания с особым характером, которые превращают еду в здоровое удовольствие (Международные, 2017). В таблице 10.1 представлены виды экомаркировок.

Органическая сертификация в Украине. Потребительский выбор в Украине усложнен отсутствием регулирования названий торговых марок. В розничной продаже есть достаточно биокефиров, натуральных соков, эко продуктов украинского производства, но органическим требованиям, принятым во всем мире, они в основном не отвечают. Сегодня в Украине пока еще нет закона, который бы регламентировал органическое производство. Поэтому производство органической продукции в стране сертифицируется представителями иностранных компаний, действующих в соответствии с

Таблица 10.1 – Экомаркировка в Европейских странах (Знак, 2017; Знаки, 2013; Маркировка, 2013; Международные, 2017; Стандарты, 2017; Ярлыки, 2017)

Страна	Маркировка	Значение
1	2	3
Франция		Франция была одной из первых европейских стран, которые ввели национальный знак для экологических продуктов питания. С 1 января 2008 года Агентство АВ (agriculture biologique) является официальным Биопроизводителем во Франции (Стандарты, 2017).
		ECOCERT – уполномоченный независимый орган контроля и сертификации от Министерства сельхоз сектора Франции, который был основан в 1991 году. Стандарт COSMEBIO определил официальные нормы производства натуральной и органической косметики (Знаки, 2013).
Португалия		Первая ассоциация, направленная на содействие органическому земледелию AGROBIO, только через два года после своего появления признала в качестве органических всего лишь 7 из 40 ассоциированных производителей (Ярлыки, 2017).
Италия		AIBA – Итальянская ассоциация органического сельского хозяйства (Маркировка, 2013).
		LAV – Lega Anti Vivisezione onlus – Организация была основана в 1977 году. Лига отстаивает право защиты животных и выступает против контрабанды животными, за защиту биологического разнообразия и окружающей среды, а также и отмену вивисекции (Международные, 2017).
		ICEA/AIAB – один из самых известных органов сертификации и насчитывает 20 филиалов по территории Италии и еще 10 по всему миру. Среди товаров, которые подлежат сертификации, есть продукты питания, косметика, товары для дома, одежда и другие текстильные изделия, товары для отдыха и туризма (Знаки, 2013).
Латвия		Латвийская ассоциация органического сельского хозяйства (ЛАОСХ) создана в 1995 году. Является профессиональной организацией и сотрудничает со специалистами Министерств земледелия и окружающей среды (Ярлыки, 2017).

Продолжение табл. 10.1

1	2	3
Австрия		<p>ABG является ведущей инспектирующей организацией органического контроля Австрии и соседних странах. Осуществляет независимый и надежный контроль БИО-хозяйств (Ярлыки, 2017).</p>
Швейцария		<p>Информационный центр для производителей и лицензиатов швейцарской марки органической продукции. «Почка» оказывает помощь своим основным клиентам в маркетинговой сфере и осуществляет кампании в поддержку органических продуктов и сельского хозяйства (Яшкина и др., 2011).</p>
Чехия		<p>Эмблема ORGANIC PRODUCT гарантирует, что продукт содержит не менее 80% натуральных ингредиентов (Стандарты, 2017).</p>
Германия		<p>В 2001 году Федеральное министерство по защите прав потребителей, продовольствия и сельского хозяйства Германии представило национальную маркировку – Bio-Siegel (Экологическая печать), которая обозначает продукты предприятий, придерживающихся требований постановления ЕС (Стандарты, 2017).</p>
		<p>EcoControl является организацией, которая инспектирует и сертифицирует экологическую и органическую продукцию и системы проверки качества в непродовольственном сегменте (Международные, 2017).</p>
		<p>Федеральная Ассоциация Производственных и Коммерческих Компаний (BDIH), основана в Германии в 1951 году. Товары, сертифицированные BDIH, – это товары для здорового образа жизни, фармацевтические и медицинские препараты, средства личной гигиены, диетические и биологически активные добавки (Знаки, 2013)</p>
		<p>Öko-Test (Эко-Тест) – независимое немецкое издание общества по защите прав потребителей. Основное направление деятельности – тестирование потребительских товаров на предмет содержания в них опасных и вредных для здоровья веществ. Многолетний опыт Öko-Test показывает, что для всех внушающих опасение продуктов всегда имеется здоровая альтернатива (ÖKO-TEST, 2013)</p>

Продолжение табл. 10.1.

1	2	3
		BCS ÖKO-GARANTIE GMBH с 11 мая 1992 г. лицензирована как частный контролирующий орган по осуществлению Правил ЕС на органическое производство (Маркировка, 2013).
		Признанная независимая система сертификации и контроля. Знак качества NATURTEXTIL, разработанный Международным Союзом Натурального Текстиля (IVN), присваивается только лучшим текстильным изделиям, которые состоят из экологически чистых (необработанных химией) натуральных волокон. Товары, на которых присутствует маркировка NATURTEXTIL, отвечают самым высоким экологическим и социальным требованиям на рынке текстильной продукции (Знаки, 2013).

нормами и стандартами ЕС, США и других стран. Иностраных сертифицирующих структур в Украине около двенадцати. Давно работают Контрол Юнион (Нидерланды), ИМО (Швейцария), Этко, Лакон, а также представители Италии, Германии, Венгрии, Польши и других организаций. С 2009 г. международную аккредитацию на право проводить органическую сертификацию получила и украинская организация «Органик Стандарт». Предприятия имеют право самостоятельно выбирать сертифицирующее учреждение.

Для ведения органического земледелия сельскохозяйственные земли должны отвечать определенным требованиям относительно уровня их загрязнения вредными веществами: пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами и т.д. Однако, наличия территорий, потенциально пригодных для ведения органического сельского хозяйства, недостаточно. Следует четко представлять, что переход от обычных (интенсивных) технологий агропроизводства к органическому земледелию (так называемый конверсионный период) является довольно длительным процессом (от 2 до 4 лет).

В Украине, в силу ее специфики и сложного экономического положения, некоторые поля не обрабатываются по несколько лет. Если правильно велась история полей, а химические показатели почвы соответствуют допустимому уровню, то сертификация может занять и меньший период – иногда до 2 лет. Сертификация проводится не менее одного раза в год, а в большинстве случаев дважды в год, и сертификат действителен в течение одного года. В следующем году уже необходимо проводить пересертификацию. Ведь если хозяйство проработало один год без использования хи-

мических средств, то это не является гарантией того, что в следующем году оно не использует недопустимые элементы. Сертифицируются все звенья деятельности хозяйства – поля, луга, животноводческие фермы, склады, хозяйство в целом, элеваторы – во избежание смешивания с другими видами зерна или с конвенционным зерном. Также обязательно сертифицируется организация, которая непосредственно занимается экспортно-импортными операциями.

Первый шаг на пути к сертификации – это заключение контракта между предприятием и аккредитованной сертифицирующей структурой. Далее проводится инспекция хозяйства, которая является, прежде всего, мерой контроля за соблюдением всех процедур, определенных стандартами. Отбираются пробы грунта для проведения анализов на наличие вредных остатков.

Инспектором проводится предварительный осмотр предприятия и осуществляется описание хозяйства: определяются план хозяйственных построек и земель (например, для контроля за соблюдением требований по минимальной площади содержания для животных на животноводческих фермах); фиксируется информация относительно общей площади земель, используемых сортов растений и семян, источники их поступления в семенной фонд, об используемых в хозяйстве собственных и покупных разрешенных органических удобрениях; пишется отчет о технологиях выращивания каждой культуры; проверяется книга ведения истории полей с выращиваемыми на них культурами; выборочно проверяются бухгалтерские документы.

В инспектируемом хозяйстве среди обязательной документации должны быть:

- ежегодный план выращивания растений;
- ежегодный план севооборота;
- список используемых сортов;
- список использования в хозяйстве разрешенных удобрений и средств защиты растений;
- отчет о движении животных;
- информация о падеже;
- информация об используемых кормах и рационах;
- информация о мероприятиях по профилактике болезней;
- информация о терапевтическом лечении;
- отчет о происхождении, типе, составе закупленной предприятием продукции и об ее использовании;
- отчет относительно происхождения, типа, состава и использования проданных товаров хозяйства;
- отчет о реализации продукции на местном рынке.

Анализ готовой продукции проводится выборочно или при наличии обоснованных подозрений. О существенных изменениях в хозяйственном процессе предприятию нужно сообщать сертифицирующему учреждению. Решение о сертификации принимается после проведения инспекции и анализа полученных данных. Если решение о сертификации принято, хозяйство имеет право продавать продукцию как такую, которая произведена по органическим стандартам. Подтверждение сертификата должно происходить ежегодно.

Процесс перехода на органическое земледелие хозяйств в Украине сегодня сопровождается определенными рисками и необходимостью решения ряда проблем. Факторами риска довольно часто бывают: низкая технологическая культура агропроизводства всех уровней, начиная от личного крестьянского хозяйства до крупных аграрных объединений; отсутствие соответствующей законодательной и нормативной базы (Закон Украины «О производстве и обороте органической сельскохозяйственной продукции и сырья» был принят ВРУ в 2013 году с изменениями 2015 году, а Правила к нему утверждены КМ Украины в 2016 году); частичные потери урожая на переходном периоде в связи с уменьшением объемов производства продукции (особенно это актуально для хозяйств, применяющих интенсивные технологии), хотя эти потери несколько компенсируются высокой ценой на органическую продукцию. Картину отягощает все еще низкий уровень осведомленности населения и производителей относительно преимуществ органического земледелия и самих органических продуктов.

Из-за отсутствия значительной финансовой поддержки со стороны государства в период конверсии и предоставления льгот или субсидий при производстве органической продукции страдают и производители. В то же время правительства многих стран, с целью поощрения фермеров вводить новые формы ведения сельскохозяйственной деятельности и поддержки хозяйств в наиболее сложный период конверсии предоставляют им соответствующую финансовую помощь. Кроме того, в некоторых странах существует частичная государственная компенсация стоимости проведения сертификации «органических» хозяйств. Есть однако в Украине организации, поддерживающие органическое земледелие – такие как: Федерация органического движения Украины, Учебно-координационный центр сельскохозяйственных консультационных служб, Ассоциация «Биолан». Они прилагают немало усилий для популяризации органического направления хозяйствования, осуществляют возможные и невозможные меры для разработки, продвижения необходимых законодательных актов. Вместе с Министерством аграрной политики создана рабочая группа по наработке основных нормативных актов. Подготовлен проект Концепции государственной Программы развития органического производства в Украине,

принятие которого даст возможность работать над разработкой Плана действий по дальнейшему развитию органического производства в Украине.

Стоит заметить, в Европе плата за сертификацию хозяйств составляет от 250 до 750 евро в зависимости от вида деятельности, размеров предприятия и т.п. Однако следует учесть, что средняя европейская ферма – это примерно 30-50 га с.-х. угодий. В то же время, в Украине средняя площадь сертифицированного хозяйства составляет около 2200 га (по данным Международной Федерации органического сельскохозяйственного движения). Кроме того, фермер должен оплатить стоимость перелета иностранного инспектора, его пребывание и собственно саму инспекцию и сертификацию. При таких площадях стоимость сертификации может существенно поколебать желание фермера заниматься органическим производством, ведь в данном случае она может даже в десять раз превышать европейские показатели. При меньших размерах хозяйств или при использовании услуг отечественных организаций стоимость сертификации может быть несколько меньше. В помощь производителям при этих сложных финансовых нагрузках приходят организации, заинтересованные в экспорте органической продукции и собственными ресурсами могут обеспечить оплату сертификации хозяйств (Как пройти, 2017).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдаемые в настоящее время Третья и Четвёртая промышленные революции носят объективный характер. Они обусловлены стремлением человеческой цивилизации преодолеть экологическую несостоятельность существующей социально-экономической формации, поставившей человечество на грань выживания. Выход может быть достигнут только через прогресс и подъём человечества на новый более высокий уровень социально-экономического развития. В результате именно этих процессов формируются основы экономики нового типа. Ей надлежит разрешить те социально-экономические и экологические проблемы, из лабиринтов которых не в состоянии выбраться существующие экономические системы.

В зависимости от конкретных граней, рассматриваемых различными исследователями, формируемая экономика называется «зелёной» (так как основана на экологически щадящих технологиях), «экономикой космонавтов» (так как формирует основу использования ресурсов по замкнутым циклам), *сестейновой* (так как ориентируется на достижение целей сестейнового – sustainable – развития), *постиндустриальной* (так как идёт на смену существующего индустриального общества), *информационной* (так как ведущим фактором в ней становится информация), *сетевой* (так как фактически завершает создание глобальной сети локальных экономических систем).

Решающие предпосылки перехода к новой экономике закладываются событиями, качественно изменяющими содержание трёх ключевых групп факторов: *материально-энергетических, информационных и синергетических (коммуникационных)*. В результате:

во-первых, осуществляется переход к *возобновимым источникам энергии и аддитивным технологиям на основе 3D-принтеров* (что коренным образом изменяет материально-энергетическую основу производства);

во-вторых, формируется единая *цифровая форма фиксации, хранения и передачи информации* (что кардинально трансформирует информационную основу);

в-третьих, возникает Интернет и системное явление под названием «облако» (система суперкомпьютеров и гигантских баз данных) как единая всепланетная система памяти (что интегрирует отдельные локальные системы в единое синергетическое целое – мировую экономику).

Благодаря новым принципам функционирования производительных сил и реализации производственных отношений появляются возможности решения важнейших социально-экономических задач:

- получения необходимой энергии без образования дополнительного количества тепла на планете;

- производства изделий не на основе отсечения ненужного от изъятых из недр вещества, а посредством добавления лишь необходимого с минимальным количеством отходов;
- перехода к замкнутым циклам ресурсопользования;
- радикального снижения экологической нагрузки на природные системы;
- значительного (в разы) повышения эффективности общественного производства;
- обобществления средств производства и вовлечения широких масс в процессы управления экономическими системами;
- формирования основ «солидарной экономики»;
- существенного повышения качества жизни людей;
- перехода к целенаправленному воспроизводству и развитию личностной основы человека.

Становится всё более очевидным, что переход к новой экономике является не просто очередной качественной трансформацией производительных сил, а беспрецедентным в истории человеческой цивилизации фазовым переходом, кардинально изменяющим все ключевые компоненты системной сущности человечества: производство, потребление, стиль жизни, идеологические установки, базовые институты, экономические отношения, образование, систему мотивации и управления.

Нет сомнения, что происходящие изменения осуществляются во имя спасения человечества. Однако сохранение человеческой цивилизации нужно не столько для того, чтобы выжил человек биологический (это лишь необходимое средство), сколько для того, чтобы его личностное начало получило возможность своего непрекращающегося прогрессивного социального развития. Собственно, в этом и заключается ключевая цель принятой человечеством декларации сестейнового развития.

Глубокий анализ происходящих процессов позволяет отчётливо разглядеть главную проблему их реализации. Для того, чтобы произошли все перечисленные изменения нужно прежде всего, чтобы кардинально изменился сам человек. На смену приоритета потребностей физиологического функционирования человека-био должен прийти приоритет личностных потребностей развития человека-социо.

Безусловно, выживание биологической природы человека и прогрессивное развитие его личностной основы является ключевой целью сестейнового развития. В этом смысле человека можно считать главной целью происходящих изменений. Однако сам же он является их движущей силой и творцом.

Любой фазовый переход неизбежно связан с необходимостью преодоления фазового барьера, обусловленного колоссальными материальными и

социальными издержками осуществляемых трансформаций. Эти издержки существенно усиливаются субъективным нежеланием (а часто и объективной неспособностью) людей расставаться с устоявшимся укладом и существующими привычками.

Как и в любой бифуркации, возможность оптимистического исхода и успешного перехода к новой формации носит вероятностный характер. Это значит, что он может, отнюдь, и не состояться. Если человечество не сможет преодолеть фазовый барьер, оно с неотвратимой закономерностью будет отброшено назад процессами своей деградации, включающими снижение научного и технологического уровней, утрату части знаний, возврат к голоду и болезням и, как следствие, – «аварийную» депопуляцию населения. Всё это – объективно необходимые процессы для адаптации к возможностям природно-ресурсного потенциала планеты на более низком уровне социально-экономического развития цивилизации.

И всё же, как представляется автору, сегодня у человечества есть все основания верить в то, что очередной акт драмы под названием «эволюция цивилизации» ожидает оптимистический финал. И эти надежды, безусловно, связаны с такими появившимися на авансцене истории действующими лицами, как Третья и Четвёртая промышленные революции. Тот лавинообразный процесс наступления «зелёных» инноваций, когда отдельные показатели жизни общества изменяются за год даже не на десятки процентов, а в разы, видимо, тоже не является случайным.

Речь идёт о таких явлениях, как рост мощности возобновимых источников энергии, увеличение количества электромобилей, роботов и 3D-принтеров, всплеск числа активных пользователей Интернета, «умных» сетей и многом чего еще, – кардинально изменяющем производственную среду и образ жизни человека. Подобные лавинообразные процессы обычно являются свидетельством завершающей фазы перехода. В данном случае мы наблюдаем, что через огромную брешь, проточенную за век маленькими ручейками инноваций, начинает идти бурный поток новой «зелёной» экономики, сметающий прокопченные дымами «бурой» экономики индустриальные монстры терриконов, эстакад, котлов и реакторов. Распределённые сети солидарных производителей энергии, материальных изделий и агропродукции становятся массовой приметой времени. В нем уже укладываются такие явления, как 100% производство энергии из возобновимых источников, не выдержавший конкуренции с «цифрой» химический фотогигант «Кодак», альтернативная энергия, которая дешевле обычной уже в 30 странах, беспилотный транспорт, «напечатанные» за сутки на 3D-принтере дома и автомобили.

Отрадно видеть в рядах «зелёных» инноваторов и Украину, хотя её успехи обеспечиваются пока главным образом трудом, энтузиазмом и находчивостью её талантливой народа.

Веря в успех «зелёной» экономики, не следует забывать, что каждый шаг человечества на тернистом пути к новой эпохе – это дорога над пропастью, куда может отбросить цивилизацию любая, на первый взгляд безобидная, ошибка. При всём колоссальном трансформационном потенциале, которым вооружают человечество Третья и Четвёртая промышленные революции – они лишь создают необходимые предпосылки. Последние могут быть преобразованы в реальные контуры сестейновой экономики только разумом и каждодневным трудом каждого человека.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- аддитивные технологии 26, 86, 87, 98, 99, 117-119, 123, 131, 134, 341
- аккумуляция энергии 97, 132, 145, 146, 165, 169, 177-180, 213, 216, 229
- беспилотный транспорт 192, 198, 202, 204, 210, 211, 228, 230, 236, 237, 251, 260, 264-280, 286, 287, 347
- водородизация транспорта 178, 179, 213, 218-221, 223, 224, 231, 233, 281
- возобновимые источники энергии (ВИЭ) 22, 27, 28, 35, 37, 46, 48, 68, 84, 85, 87, 95, 97, 99, 105, 106, 112, 145-149, 153, 154, 156-158, 163, 169, 178, 180, 221, 228, 229, 285, 324, 341
- дематериализация 28, 33, 46, 60, 73, 95, 99, 117, 140, 185, 286, 187
- «зелёная» (альтернативная) энергетика 84, 97-99, 101, 148, 153, 156, 157, 161, 163-166, 168, 180, 194, 216, 218, 229, 230, 231, 280, 314, 317, 323, 336
- интернет вещей 95, 103, 110, 112-116
- новые виды транспорта 232-285
- новые материалы 90, 99, 127, 130, 132, 134, 136, 137, 141, 142, 179, 213, 218, 244, 263, 264, 285
- «облачные» технологии («облако») 97, 102, 109, 113, 140
- органическое агропроизводство (земледелие) 159, 358, 362, 363, 365, 367, 369-371, 374, 376
- опыт ЕС 35, 48, 50, 83, 84, 86, 89, 94, 95, 107, 116, 126, 144, 145, 147, 149, 150, 152, 154, 155, 158, 161, 170, 180, 183, 185-190, 229-231, 243, 261, 269, 282, 297, 316, 329, 339, 363, 364, 366, 369-374
- опыт Неплюевского Братства 307, 309, 364
- практика Украины 26, 35, 125, 150-152, 154, 157-159, 161, 169, 184, 189, 191, 193, 194, 199, 220, 271-273, 312, 319, 321, 325, 332-334, 338, 340, 365, 367, 370, 371, 374, 376, 377
- самовоспроизводящиеся системы 30, 56, 68, 69, 104, 123, 125, 126, 352
- самоорганизация 47-49, 51, 55, 63, 91, 103-105, 292, 294
- сестейнизация транспорта 185-234, 264, 288
- сестейнизация экономики 46, 48, 73, 74, 75-78, 81-83, 145, 185, 202, 217, 264, 282, 335, 340, 341, 349, 355, 358, 362
- сестейновая «зелёная» экономика: 21-24, 34-37, 46, 47, 50, 61, 72, 81, 84-87, 96, 98, 106, 117, 145, 158, 306
- сестейновое агропроизводство 358, 349, 355, 358, 362
- сестейновое развитие 21-24, 28, 31-34, 47, 57, 58, 61, 66, 71, 73, 75, 79, 81, 85, 105, 116, 290, 295, 298, 304, 305, 310-313, 341, 348, 349, 351, 355, 358, 362
- сестейновое строительство 314, 317, 318, 319, 323, 325, 327-329, 333-335, 339, 340, 341, 342, 360
- сестейновые поселения 24, 73, 289-300, 302, 305-308, 310, 312-314

- система 28, 39, 42, 45, 51-56, 61, 66, 80, 96, 108, 113, 118, 161, 165, 174, 179, 183, 265, 266, 271, 318, 324, 325, 362
- системы аккумулирования энергии 97, 132, 145, 146, 165, 169, 177-180, 213, 216, 279
- Третья промышленная революция 24, 26, 33, 34, 87, 93, 95-103, 109, 111, 112, 116, 118, 127, 145-147, 149, 169, 185, 195, 214, 218, 230, 333
- «умные» сети 92, 94, 103, 108, 110, 111, 115, 139, 147, 181-184, 317, 324, 325, 329, 330, 337-339, 346
- человеческий фактор 38, 39, 42, 44, 45, 75, 305
- Четвертая промышленная революция 87, 88, 96, 98, 101, 103, 109-113, 115- 116, 127, 185, 271, 280
- экономика космонавтов 21, 22, 36, 71, 115, 219, 260
- «экологический след» 25, 26, 29, 98, 319, 360
- ЭКОПОЛИС 292-297, 310-313
- электрификация транспорта 90, 145, 185, 188, 194, 199, 200, 202, 211, 213, 281
- энергосбережение 48, 76, 163, 315-317
- ЭнерНет 35, 49, 107, 108, 145, 157, 180-182
- 3D-принтер 26, 35, 94, 97, 98, 100, 102, 106, 118-126, 134, 135, 169, 287, 327, 336, 341

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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. Летающий автомобиль AeroModil 3.0 поступит в продажу с 2017 года // Автоцентр. 26.09.2016. URL : <https://www.autocentre.ua/news/novinka/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-tsentry/biznes-tsentry-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 эколописа: 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-elektroguzovik-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 наномашины 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-samyu-bolshoy-solomennyy-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/ukiyevi-vidkrili-drugu-innovatsiynnu-laboratoriyu-fablab-fabricator/> (дата звернення : 10.03.2017).
53. В Китае начато строительство огромной солнечной тепловой электростанции, площадью 6300 акров // DailyTechInfo. 9.08.2015. URL : <https://www.dailytechinfo.org/eco/7263-v-kitae-nachato-stroitelstvo-ogromnoy-solnechnoy-teplovoy-elektrostantsii-ploschadyu-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-pervuy-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-kredytyi-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) // Авто-Электроника. 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-pervyyu-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-y-vyabotali-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. Урбэкология. 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-imy-a-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. Водневый двигун. URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Водневый_двигун (дата обращения : 01.04.2017).
82. Водородные автобусы Toyota будут служить электрогенераторами // Эко-Техника. 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. 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).
86. 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-deshevle-obychnoj-kvartiry-v-hrucshevke-no-i-pozvolyaet-otkazatsya-ot-oplaty-kommunalnyh-uslug (дата обращения : 09.01.2017).

87. Володин М. Как Архимед сжег римский флот? // Primeinfo URL : <http://primeinfo.net.r/news2852.html> (дата обращения : 20.12.2017).

88. 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).

89. 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).

90. 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).

91. Вострилова Е. Четвёртая революция : Интернет вещей // Эксперт. Январь, 2015. URL : <http://www.nсса.ru/file?Files&141> (дата обращения : 01.03.2016).

92. Вторая промышленная революция. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Вторая_промышленная_революция (дата обращения : 1.03.2016).

93. 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).

94. 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-vetrovuyu-po-rostu-moshhnostej/> (дата обращения : 01.04.2017).

95. 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_chno_v_buduschem.html (дата обращения : 01.04.2017).

96. 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).

97. 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).

98. Геотермальная энергетика. 2017. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная_энергетика (дата обращения : 09.11.2017).

99. 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).

100. Гидропоника – это наука о выращивании растений без почвы // FloraGrow.ru. 2017. URL : <http://floragrow.ru/gidroponika/> (дата обращения : 25.11.2017).

101. Гидропоника в сельском хозяйстве // Аграрка, растениеводство. 24.05.2015. URL : <http://agrarka.com/gidroponika-v-selskom-khozyajstve-art29.html> (дата обращения : 09.11.2017).

102. Гидроэнергетика. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроэнергетика> (дата обращения : 25.03.2017).
103. Гироскутер // Hi-tech. 09.12.2017. URL : <http://gadgethome.info/giroskuter> (дата обращения : 20.12.2017).
104. Глушенко 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).
105. 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).
106. 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).
107. 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).
108. 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).
109. Гоголев Ю. Четырёхосный 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).
110. Голландские дороги будущего. Светятся и заряжают электромобили // Top Gear. URL : https://topgearussia.ru/news/9253_Gollandskie_dorogi_buduschego (дата обращения : 20.12.2017).
111. 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).
112. 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).
113. 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).
114. 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-napravleniia/> (дата обращения : 15.03.2017).
115. 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).

116. 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).

117. Город будущего. Манчестер : самая экономная штаб-квартира в мире – One Angel Square // ИВ Бизнес. 14.12.2016. URL : <http://biz.nv.ua/fututown/gorod-budushchego-manchester-one-angel-square-324409.html> (дата обращения : 01.09.2017).

118. Города будущего : 10 уникальных проектов // Futura. 30.09.2014. URL : http://futura.org.ua/post/cities_future/ (дата обращения : 10.09.2017).

119. 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).

120. Города будущего, которые ещё не построены (б) // Geektimes. 4.05.2017. URL : <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/288876/> (дата обращения : 10.09.2017).

121. 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).

122. 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).

123. 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).

124. Гряднев К. Органическое земледелие // Живая планета. 2012. URL : <http://planeta2012.com.ua/orgagricultertop/zakon11/30-biolan> (дата обращения : 20.09.2017).

125. 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).

126. 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).

127. 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).

128. 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).

129. 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-bioprинтере-shhitovidku.html> (дата обращения : 15.05.2017).

130. 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).

131. 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).

132. Двигатель внутреннего сгорания. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_внутреннего_сгорания (дата обращения : 01.04.2017).

133. 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.

134. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку / пер. з англ. К. : Інтелсфера, 2002. 312 с.

135. Дембинская Н. Как беспилотные автомобили изменят экономику // РИМА Новости. 06.12.2016. URL : <https://ria.ru/economy/20161205/1482890294.html> (дата обращения : 05.06.2017).

136. 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).

137. 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).

138. 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-podesheveet-tak-je-kak-i-sol/9976> (дата обращения : 05.05.2017).

139. 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-vukorpoно-palyva-do-2050/> (дата звернення : 20.12.2015).

140. 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).

141. Добрянська Л. О., Жарова Л. В., Хлобистов Є. В. Стратегічний потенціал екологічної безпеки : технологія економічного зростання : монографія. Львів : Український бестселер, 2012. 235 с.

142. Докучев В. В. Русский чернозём. Популярный очерк // Новь. СПб. 1885. Вып. 18. С. 194–215.

143. 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).

144. Дома, которым не нужен газ : из покрышек, 3D-принтера и пенопласта // Недвижимость TUT.BY. 27.04.2017 URL : <https://reality.tut.by/news/offtop-realty/541073.html> (дата обращения : 20.12.2017).

145. Доронин Ф. А. (а) Бумага для многоразовой печати // Нанометр. 09.12.2014. URL : http://www.nanometer.ru/2014/12/07/mnogokratnaa_pechat_445061.html (дата обращения : 15.05.2017).

146. 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).

147. 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).

148. 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).

149. 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).

150. 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-vozobnovlyaemoy-energii-v-strukture-energoryinka/> (дата обращения : 17.11.2017).

151. 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).

152. 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.

153. «Електрон» презентував у Львові перший в Україні електробус // Вголос. 09.11.2015. URL : http://vgolos.com.ua/photo/elektron_vypustyv_dlya_lvova_pershyy_v_ukraini_elektrobus_197941.html (дата звернення : 09.11.2017).

154. Энергетика Украины // Довідник. 2017. URL : <http://businessviews.com.ua/ru/the-infographics-report-energy-of-ukraine-2017/#form> (дата звернення : 30.10.2017).

155. Ермакова Л. Рудольф Штайне о почве и удобрениях // Живая Земля. № 3 (27) 2008. URL : <http://www.biodynamics-sib.narod.ru/land/pr/terr/st.html> (дата обращения : 30.11.2017).

156. Есть ли будущее у волновых электростанций? // Greenologia. 2015. URL : <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tekhnologii/volnovye-elektrostantsij.html> (дата обращения : 09.11.2017).

157. Жарова Л. В. Макроекономічне регулювання природоохоронної діяльності : монографія. Суми : Університетська книга, 2012. 296 с.

158. 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 обращения : 1.11.2015).

159. Загорская Д. (б) Цельный 3D-принтер обещает стоить не больше холодильника // Вести.ru. 7.04.2015. URL : <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2485308> (дата обращения : 1.11.2015).
160. 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 обращения : 1.12.2015).
161. Закон об энергоэффективности зданий : какие новшества ожидают украинцев // Обозреватель. 23.06.2017. URL : <https://www.obozrevatel.com/finance/economy/36940-zakon-ob-energoeffektivnosti-zdaniy-kakie-novshestva-ozhidayut-ukraintsev.htm> (дата обращения : 09.01.2017).
162. 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-dozvolyaє-ekonomyту-na-kondytsionuvanni-ta-opalenni-budynku/> (дата обращения : 09.11.2017).
163. 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 обращения : 01.09.2017).
164. «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 обращения : 20.03.2017).
165. Зинченко А. Зелёное строительство : перспективы в Украине // ResearchClub. 22.05.2015. URL : <http://www.researchclub.com.ua/journal/376> (дата обращения : 01.09.2017).
166. 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).
167. Знаки сертификации // БиоБум. 2013. URL : http://bioboombum.ua/index.php?route=information/certificates&certificates_id=22 (дата обращения : 21.11.2017).
168. Золотов А. Статистика : плотность роботов в разных странах и отраслях промышленности // Robotforum. 28.09.2016. URL : <http://robotforum.ru/novosti-technologij/statistika-plotnost-robotov-v-raznyix-stranax-i-otraslyax-promyishlennosti.html> (дата обращения : 01.03.2017)
169. Иванов Л.И. Терентий Мальцев. Москва : Молодая гвардия, 1962. 256 с.
170. 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).
171. 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).
172. Инновации и до Монголии добрались. URL : <http://demotivation.me/5xmsnwr53cztpic.html> (дата обращения : 10.09.2017).
173. Интернет. Википедия URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет> (дата обращения : 1.11.2015).

174. Интернет вещей. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей (дата обращения : 01.03.2016).

175. 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).

176. Иртлач К. (б) В Нидерландах открыли мост, напечатанный на 3D-принтере // ИТСua. 19.10.2017. URL : <https://itc.ua/blogs/v-niderlandah-otkryili-most-napechatannyy-na-3d-printere/> (дата обращения : 20.12.2017).

177. 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-cto-k-2060-godu-polovina-produktsii-v-mire-budet-pechatatsya/> (дата обращения : 25.10.2017).

178. Искусственное дерево с листьями из солнечных батарей // GT. 20.02.2015. URL : <https://geektimes.ru/post/246182/> (дата обращения : 1.11.2017).

179. История развития биогазовых технологий. Биотехнологии. 2017. URL : <http://www.bio-energetics.ru/4/istorija.html> (дата обращения : 25.03.2017).

180. 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).

181. 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).

182. Итоги конференции «Рио+20» : новые возможности. Серия : «На пути к устойчивому развитию России», 2012. № 61. 96 с.

183. 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).

184. Иванович Р. ХТЗ повністю розпродав першу партію електротракторів // Ecotown. 04.01.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/KHTZ-povnistyuu-rozprodavpershu-partiyu-elektrotraktoriv/> (дата звернення : 15.05.2017).

185. 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-ventryanaya-turbina-i-ses-razmerami-s-3-futbolnykh-polya.html> (дата обращения : 15.05.2017).

186. 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).

187. 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).

188. 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).
189. Как приходит и уходит тепло из дома // Технолуч. URL : <http://www.tehnoluch.com/library/lossofheat/> (дата обращения : 01.09.2017).
190. Как пройти органическую сертификацию в Украине? // БиоБум. URL : http://bioboom.ua/index.php?route=information/news&news_id=13&category_id=6 (дата обращения : 21.11.2017).
191. 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).
192. Какие уже электросамолеты, летают в небе? // Motocarrello. 15.05.2015. URL : <http://motocarrello.ru/jelektrojoty/1128-jelektrosamolet.html> (дата обращения : 15.03.2017).
193. Какой будет беспилотный транспорт в будущем. Avtofao.ru. URL : <http://avtofao.ru/kakoj-budet-bespilotnyj-transport-v-budushhem/> (дата обращения : 05.06.2017).
194. Капица С. П. Парадоксы роста : Законы развития человечества. Москва : Альпина нон-фикшн, 2010. 192 с.
195. Капсула Virgin Hyperloop One установила новый рекорд скорости // Новое время. 19.12.2017. URL : <https://nv.ua/techno/innovations/kapsula-virgin-hyperloop-one-ustanovila-novuj-rekord-skorosti-2398712.html> (дата обращения : 20.12.2017).
196. 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).
197. Карасёв С. Создано энергетическое «дерево» для подзарядки гаджетов // 3DNews. 22.02.2015. URL : <https://3dnews.ru/909826> (дата обращения : 1.11.2017).
198. Карпусь В. Во Франции открыта первая в мире дорога с покрытием из солнечных панелей // ИТСуа. 23.12.2016. URL : <https://itc.ua/news/vo-frantsii-otkryita-pervaya-v-mire-doroga-s-pokrytiem-iz-solnechnyih-paneley/> (дата обращения : 10.11.2017).
199. 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).
200. Китай превзошёл собственные планы по установке солнечных батарей // Shazoo. 28.08.2017. URL : <https://shazoo.ru/2017/08/28/56030/kitaj-prevzoshel-sobstvennyye-plany-po-ustanovke-solnechnyih-batarej> (дата обращения : 10.09.2017).
201. 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).
202. 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).

203. Когда Украина сможет стать энергоне­зависимой. Спецпроект // TALAN ENERGY. URL : <https://talanenergy.com.ua/solnechnye-milliardy/> (дата обращения : 25.10.2017).

204. 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).

205. 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).

206. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. 280с.

207. Компания CISCO занимается вопросами распределённой генерации электроэнергии // Alterenergy.info. URL : <http://www.alterenergy.info/home/gaspredeleennaya-generatsiya/191-cisco-smart-grid> (дата обращения : 15.11.2017).

208. Композиционные материалы. Свойства композиционных материалов. Применение композиционных материалов // МТОМД.ИНФО. URL : <http://www.mtomd.info/archives/1764> (дата обращения : 20.10.2017).

209. 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).

210. Костин В. John Deere построила электрический трактор // Авторевю. 8.12.2016. URL : <https://autoreview.ru/news/firma-john-deere-postroila-elektricheskiy-traktor> (дата обращения : 15.03.2017).

211. 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).

212. 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).

213. 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).

214. Красильникова Ю. (б) Вертикальные фермы помогут Сингапuru сократить импорт овощей // Хайтек. 28.09.2017. URL : https://hightech.fm/2017/09/28/racket_greens (дата обращения : 09.11.2017).

215. Краснянский М. Е. Третья промышленная революция. URL : <http://www.krasnyanskyu.com/home/tretya-promyshlennaya-revoljutsiya.html> (дата обращения : 1.11.2015).

216. 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).

217. 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).

218. 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-sistemoy-rekuperatsii/> (дата обращения : 09.11.2017).

219. 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-pervyyi-v-ukraine-elektrobus-elektron-e19101/> (дата обращения : 15.05.2017).

220. 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-elektromobiley-po-zapasu-hoda-v-pervoy-desyatke-sem-tesla-model-s-x/> (дата обращения : 15.04.2017).

221. 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-avtozapravok-wog-ustanovit-v-ukraine-300-zaryadnyih-stantsiy-dlya-elektromobiley-30-iz-kotoryih-budut-skorostnyimi-supercharge/> (дата обращения : 01.09.2017).

222. Кулеш С. (в) Германия побил 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-vozobnovlyаемой-energii-vyirabotav-85-neobhodimoy-elektroenergii-s-pomoshhyu-solntsa-vetra-biomassyi-i-gidroenergetiki/> (дата обращения : 01.07.2017).

223. 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).

224. 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).

225. Ларина Т. Genovation установил новый рекорд среди электромобилей // Hronika.info. URL : <http://hronika.info/avto/211981-genovation-ustanovil-novyuy-rekord-sredi-elektromobiley.html> (дата обращения : 10.03.2017).

226. 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).

227. Левчук К. Первый летающий автомобиль можно будет купить // Швейцария деловая. 23.04.2017. URL : <https://business-swiss.ch/2017/04/pervyy-j-letayushhij-avtomobil/> (дата обращения : 20.12.2017)

228. 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).

229. 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_novyi_riekord_skorosti (дата обращения : 15.09.2017).

230. 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).

231. Линейный двигатель. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Линейный_двигатель (дата обращения : 10.05.2017).

232. Лишук 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_poyavilas_pervaya_v_mire_solnechnaya_velodorojka (дата обращения : 1.11.2015).

233. 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.

234. 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).

235. 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).

236. 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).

237. Марке Р. Шанхайский Маглев – самый быстрый и самый дорогой поезд в мире // Tourweek. 26.04.2013. URL : <http://tourweek.ru/user/778/blogs/103431/> (дата обращения : 20.12.2017).

238. Маркировка // ООО Фирма Каспер / Главная / Продукция /. 2013. URL : <http://olvit.sytto.com/Produkcija/Markirovka> (дата обращения : 21.11.2017).

239. Мартыненко А. И. Теоритические основы развития отношений собственности на природные ресурсы : монография / А. И. Мартыненко. Одесса : ИПРЭИ НАН Украины, 2011. 392 с.

240. 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).

241. Маціпура Н. Українська програма екологічного маркування пройшла міжнародний аудит і отримала сертифікат за програмою взаємного визнання Genices // Стандартизація, сертифікація, якість. № 3. 2011. С. 41.

242. 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).

243. Международный регистр потенциально опасных химических веществ. URL : toxi.dynds.org/mrpthv/mrpthv.htm (дата обращения : 20.10.2017).

244. Мельник Л. Г. Основы стійкого розвитку : навчальний посібник для післядипломної освіти. Суми : Університетська книга, 2006. 383 с.
245. Мельник Л. Г. Сходження до Утопії, або «Машина часу» М. М. Неплюєва (Соціально-економічний аналіз). Суми : ВД «Фолігрант», 2013. 240 с.
246. 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.
247. Мельник Л. Г. Мир, открытый заново : рождение экологического мышления. Москва : Молодая гвардия, 1988. 256 с.
248. Мельник Л. Г. Теория развития систем : монография. СаарБрюкен, Германия : Palmarium Academic Publishing, 2016. 528 с.
249. Метаматериал. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Метаматериал> (дата обращения : 10.03.2017)
250. Методи оцінки екологічних втрат : монографія / за ред. Л. Г. Мельника та О. І. Карінцевої. Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. 288 с.
251. Методы решения экологических проблем / под ред. Л. Г. Мельника. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2001. 462 с.
252. Методы решения экологических проблем / под ред. Л. Г. Мельника, В. В. Сабадаша. Сумы : Винниченко Н. Д., ОАО «СОТ» издательство «Козацький вал», 2005. 530 с.
253. Методы решения экологических проблем : монография / под ред. Л. Г. Мельника, Е. В. Шкарупы. Выпуск 3. Сумы : Издательство СумГУ, 2010. 663 с.
254. 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.
255. 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).
256. 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-potrebyaet-v-1-5-raza-bolshe-17052012092100> (дата обращения : 01.08.2017).
257. 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).
258. Михайлюта О. Біоенергетичний комплекс «Розмарин» // Асоціація біоенергетичних структур. 29.06.2017. URL : <http://abc.in.ua/bioenergetichniy-kompleks-rozmarin/> (дата звернення : 17.11.2017).
259. 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).

260. Мохнатый небоскрёб построят в Швеции // РБК. 21.05.2013. URL : <http://realty.rbc.ru/articles/21/05/2013/562949987015846.shtml> (дата обращения : 1.10.2015).

261. 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).

262. На всех Российских АЗС появятся зарядки для электромобилей // Автовести. 20.11.2016. URL : http://auto.vesti.ru/news/show/news_id/664023/ (дата обращения : 01.09.2017).

263. 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-revoljutsiya> (дата обращения : 01.03.2016).

264. 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-samo-nizkoi-tsenoi-na-solnechnuiu-energiyu> (дата обращения : 17.11.2017).

265. 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).

266. 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).

267. Нано-аккумуляторы – шаг в будущее // TextSale.ru. URL : <http://prodamtext.ru/114/11262/nano-akkumulyatory-shag-v-buduschee.html> (дата обращения : 20.10.2017).

268. 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).

269. Нанотехнология. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанотехнология> (дата обращения : 01.09.2017).

270. 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).

271. 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).

272. 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).

273. Нед В. Гуманитарная миссия : 10 способов мирного применения дронов // Theory & Practice. 10.06.2015. URL : https://theoryandpractice.ru/posts/7834-peace_drone (дата обращения : 05.06.2017).
274. 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).
275. 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).
276. 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).
277. 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).
278. Но безопасно ли это? // Banksolar. 19.06.2015. URL : <http://banksolar.ru/?p=6064> (дата обращения : 05.05.2017).
279. Новиков А. Беспилотные маршрутные такси в аэропорту Хитроу // Geektime. 19.10.2011. URL : <https://geektimes.ru/post/130778/> (дата обращения : 25.05.2017).
280. Новицкий И. Точное земледелие : принципы работы и перспективы // Сельхозпортал. 28.01.2017. URL : <https://xn--80ajgrcpbhkds4a4g.xn--p1ai/articles/tochnoe-zemledelie/> (дата обращения : 20.11.2017).
281. 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).
282. О проекте // Optimahouse. Мультикомфортный дим. URL : <http://optimahouse.com.ua/ru/optimahouse-eto> (дата обращения : 09.01.2017).
283. 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).
284. 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>
285. 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).
286. Одессер С. Атомная энергетика европейских стран // Экономика и финансы, 2016. С. 20–21.
287. 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).
288. Окружающая среда и здоровье : учебник / под ред. Л. Хенса, Л. Мельника, Э. Буна. К. : Наукова думка. Брюссель : VUB, 1998. 326 с.

289. Омесь Ю. Третья промышленная революция и перспективы Украины // Хвиля. 12.04.2015. URL : <http://hvylya.net/analytics/economics/tretya-promyishlennaya-revolutsiya-i-perspektivy-ukrainyi.html> (дата обращения : 1.10.2015).

290. ООН : число пользователей мобильной связью в мире к концу года превысит 7 миллиардов человек // Информационное агентство «Уніан». 19.09.2015. URL : <http://www.unian.net/world/1128315-oon-chislo-polzovateley-mobilnoy-svyazyu-v-mire-k-kontsu-goda-prevyisit-7-milliardov-chelovek.html> (дата обращения : 1.03.2016).

291. 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).

292. Определены самые бесполезные изобретения года // Корреспондент. 26.12.2017. URL : <https://korrespondent.net/lifestyle/gadgets/3922419-opredeleny-samye-bespoleznye-uzobretenyia-hoda> (дата обращения : 26.12.2017).

293. Оптическое волокно. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно (дата обращения : 10.10.2015).

294. 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/vozobnovlyaemaya-energetika-v-ukraine-shag-vpered-dva-shaga-nazad> (дата обращения : 20.10.2017).

295. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням : підручник / за ред. Л. Г. Мельника та М. К. Шапочки. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 759 с.

296. Основи стійкого розвитку : навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника. Суми : «Університетська книга», 2005. 654 с.

297. Основи стійкого розвитку : посібник для перепідготовки фахівців / за ред. Л. Г. Мельника. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 325 с.

298. Основи стійкого розвитку. Практикум : навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника та О. І. Карінцевої. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 352 с.

299. Основы генетики // Все про гены. URL : http://vse-pro-geny.ru/ru_osnovy-genetyku.html (дата обращения : 20.11.2017).

300. Остапович Ю. Українець придумал інноваційну ветрову панель // ЕкоТехніка. 22.10.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/1581-ukrainets-privdumal-innovatsionnuu-vetrovu-panel.html> (дата обращения : 17.11.2017).

301. Остром Е. Керування спільним. Еволюція інституцій колективних дій / пер. з англ. К. : Наш час, 2012. 298 с.

302. 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).

303. Пальчинская Л. Как программное обеспечение Google научилось само писать программное обеспечение // AIN.UA. 19.10.2017. URL : <https://ain.ua/2017/10/19/po-v-google-pishet-po> (дата обращения : 25.10.2017).

304. Парижский трамвай. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Трамвай_Иль-де-Франса (дата обращения : 15.04.2017).
305. 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).
306. Пассивный дом «Солнечная ферма» сам себя обеспечит энергией // Эко-Техника. 15.02.2017. URL : <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/2084-passivnyj-dom-solnechnaya-ferma-sam-sebya-obespechit-energiej.html> (дата обращения : 01.09.2017)
307. 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).
308. Первый в мире водородный трактор // АгроПравда / Новости / Тракторы. 20.05.2016. URL : <http://agroppravda.com/news/tractors/5352-pervyj-v-mire-vodorodnyj-tractor-video> (дата обращения : 09.11.2017).
309. Первый прототип украинского электромобиля Synchronous представлен в Монако // ЭкоТехника. 07.04.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/transport/988-pervyj-kontsept-ukrainskogo-elektromobilya-synchronous-predstavlen-v-monako.html> (дата обращения : 1.11.2017).
310. Перелет Р. А. «Зелёная» экономика в ЕС : Политика и практика // MyShared. URL : <http://www.myshared.ru/slide/936653/> (дата обращения : 20.12.2017).
311. 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.
312. Писаренко В. М., Антоненко А. С., Лукьяненко Г. В., Писаренко П. В. Система органічного землеробства агроєколога Семена Антонця. Полтава : Громадська спілка ПТСТГ, 2017. 124 с.
313. 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).
314. Поезд обгоняет самолет – Maglev (magnetic levitation) // RailWaysTeam. 29.08.2016. URL : <http://www.rwt.ru/article/16> (дата обращения : 10.05.2017).
315. Поезда, которые проходят через необычные места // Youtube. 25.04.2017. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=NiUgTff1cyI> (дата обращения : 15.05.2017).
316. 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).
317. 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).
318. Попов Л. Роботы RepRap воспроизводят сами себя // Membrana. 04.06.2008. URL : <http://www.membrana.ru/particle/3275> (дата обращения : 01.03.2017).

319. 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).

320. 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).

321. 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).

322. Приливные электростанции // Электроэнергетика в современном мире. 09.01.2015. URL : <http://myelectro.com.ua/98-gidroenergetika/145-prilivnye-elektrostantsii> (дата обращения : 09.11.2017).

323. 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).

324. 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).

325. 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.

326. 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).

327. Производство водорода. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Производство_водорода (дата обращения : 01.04.2017).

328. Промышленная революция. URL : https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Промышленная_революция (дата обращения : 1.13.2016).

329. 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).

330. Прошкин О. Робот-каменщик теперь может выкладывать 1000 кирпичей в час // 24news.com.ua. 28.01.2017. URL : <http://24news.com.ua/28879-robot-kamenshhik-teper-mozhet-vykladyvat-1000-kirpichej-v-chas/> (дата обращения : 10.09.2017).

331. 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).

332. Разработана дешёвая система получения водородного топлива // Lenta.ru. 26.09.2014. URL : <http://lenta.ru/news/2014/09/25/perovskosolar/> (дата обращения : 01.03.2016).

333. 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).
334. Райт В. Создан новый сверхзвуковой пассажирский самолёт // The Uk.one. 19.11.2016. URL : <https://theuk.one/2016/11/19/sozdan-novyy-sverxzvukovoj-passazhirskij-samolet/> (дата обращения : 15.05.2017).
335. Распределённая генерация электроэнергии – глобальные тенденции развития // Украинская ассоциация возобновляемой энергии. 25.02.2016. URL : <http://uare.com.ua/ru/novyny/454-raspredeleonnaya-generatsiya-elektroenergii-globalnye-tendentsii-razvitiya.html> (дата обращения : 15.11.2017).
336. 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).
337. Ревадзе Д. (а) В Китае поставлен рекорд продаж электромобилей // Хайтек. 23.12.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/12/23/china-electric-cars-sales-nov> (дата обращения : 20.12.2017).
338. 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).
339. 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).
340. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. Москва : Мысль, 1990. 637 с.
341. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). Москва : Газета «Россия молодая», 1994. 367 с.
342. «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).
343. Рифкин Дж. Мастер-класс. Часть 1 // Youtube. 27.03.2014. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=WDbSWeptKCA> (дата обращения : 05.05.2017).
344. 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.
345. 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.
346. 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).
347. 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).

348. 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).

349. Самойлов А. Третья индустриальная революция. Выступление в Witbox Maker School // Youtube. 25.06.2014. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=vqluJ0NGZuU> (дата обращения : 1.11.2015).

350. Самуилкина А. В Европе набирают популярность беспилотные миниавтобусы // Хайтек. 29.05.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/05/29/driverless-minibuses> (дата обращения : 05.06.2017).

351. 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).

352. 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).

353. 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).

354. 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).

355. 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).

356. 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).

357. Сверхзвуковой самолёт. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Сверхзвуковой_самолёт (дата обращения : 15.05.2017).

358. 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).

359. 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).

360. 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).

361. 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).

362. Скрипин В. Поезда на магнитной подушке : транспорт, способный изменить мир // ИТС.ua. 05.01.2014. URL : <http://its.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyiy-izmenit-mir/> (дата обращения : 10.09.2017).

363. 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).

364. 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-panelyami/> (дата обращения : 10.11.2017).

365. 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-vozobnovlyae moy-energetiki-summarnoy-moshhnostyu-182-7-mvt-do-kontsa-goda-realizuyut-eshhe-70-proektov-obshhey-moshhnostyu-bolee-430-mvt/> (дата обращения : 25.10.2017).

366. 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).

367. 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).

368. 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-pervyy-istryatelnyiy-polet-i-srazu-ustanovil-dva-novyih-mirovyih-rekorda-skorosti-video/> (дата обращения : 10.04.2017).

369. 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-kiiev-i-kiievskaya-oblast/> (дата обращения : 25.10.2017).

370. Скрипчук П. М. Організаційно-економічні засади екологічної сертифікації в системі управління природокористування : монографія. Рівне : НУВГП, 2012. 336 с.

371. 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).

372. 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-szhiganii-gaza.html> (дата обращения : 15.05.2017).

373. Солнечные панели из человеческого волоса // FacePla.net. 11.09.2014. URL : <http://www.facepla.net/the-news/energy-news-mnu/4817-solnechnye-paneli-iz-волоса.html> (дата обращения : 20.12.2017).
374. Сотник І. М. Тенденції і проблеми управління дематеріалізацією виробництва й споживання // Актуальні проблеми економіки. 2012. № 8. С. 62–67.
375. Социально-экономические проблемы информационного общества : монография / под ред. Л. Г. Мельника. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2005. 423 с.
376. Социально-экономические проблемы информационного общества : монография / под ред. Л. Г. Мельника, М. В. Брюханова. Выпуск 5. Сумы : Университетская книга, 2010. 896 с.
377. Социально-экономический потенциал устойчивого развития : учебник / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2007. 1120 с.
378. Социально-экономический потенциал устойчивого развития. Практикум / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2007. 335 с.
379. Стандарты и сертификация продуктов БИО // Есоб3. Экологические проблемы и их решения. URL : <http://есоb3.ru/standarty-i-sertifikatsiya-produktov-bio> (дата обращения : 21.11.2017).
380. 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).
381. 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).
382. Столяренко Л. Д. Основы психологии. Ростов-на-Дону : Феникс, 1999. 672 с.
383. 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).
384. 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).
385. Струнные технологии Юницкого // Новая мировая реальность. URL : <http://www.yunitskiy.com/> (дата обращения : 10.05.2017).
386. Струнный транспорт Юницкого. URL : http://cyclowiki.org/wiki/Струнный_транспорт_Юницкого (дата обращения : 10.05.2017).
387. Суперсооружения. Поезда будущего (National Geographic) // Youtube. 22.09.2016. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=U3fKnhQuXqM> (дата обращения : 10.05.2017).

388. 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).
389. 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).
390. 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).
391. 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).
392. 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).
393. Топливный элемент. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный_элемент (дата обращения : 01.03.2017).
394. Трансатлантический тоннель. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансатлантический_тоннель (дата обращения : 10.05.2017).
395. Транспортные средства на сжатом воздухе. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортные_средства_на_сжатом_воздухе (дата обращения : 15.04.2017).
396. 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-ukrainy-na-elektroenergiyu-v-35-bolshe-chem-v-evrope-zubko.htm> (дата обращения : 09.01.2017).
397. Третья промышленная революция. Часть 2 : «Заводы и рабочие места : назад к производству» // The Economist / пер. с англ. И. Селиванов (апрель 2012). URL : <https://sputnikpogrom.com/special/revolution/02.php> (дата обращения : 01.11.2016).
398. 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).
399. 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-dozvolayut-elektromobilyam-proyikhaty-600-km-na-odnomu-zaryadi-/> (дата звернення : 01.03.2016).
400. 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).
401. 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).

402. Украинский солнечный концентратор «Diversity» и международный хака-тон 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).

403. 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).

404. 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).

405. Украинцы разработали агробота 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).

406. 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).

407. «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).

408. «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)

409. «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-potrebyaet.html> (дата обращения : 01.09.2017)

410. 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.

411. Устойчивое развитие : теория, методология, практика / Л. Г. Мельник. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2009. 1230 с.

412. Ученые изобрели самовосстанавливающийся пластик // Top news. 03.09.2015. URL : http://www.topnews.ru/news_id_81418.html (дата обращения : 15.05.2017).

413. 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).

414. 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).

415. Федосенко Н. (б) Світові автогіганти навперебій анонсують випуск електромобілів // Ecotown. 01.12.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Svitovi-avtohihanty-navperebiy-anonsuyut-vypusk-elektromobiliv/> (дата звернення : 01.03.2017).

416. 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-kurytu-za-20tys/> (дата звернення : 01.03.2017).

417. Федосенко Н. (г) У США працює інноваційна цілодобова сонячна електростанція. Ecotown. 29.02.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-SSHA-pratsuyue-innovatsiy-na-tsilodobova-sonyachna-elektrostantsiya/> (дата звернення : 1.03.2016).

418. 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).

419. 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).

420. 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).

421. 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)

422. Физический энциклопедический словарь / [гл. ред. А. М. Прохоров]. Москва : Сов. Энциклопедия, 1995. 928 с.

423. Философский энциклопедический словарь / гл. редакция : Л. Ф. Ильичев, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалев, В. Г. Панов. Москва : Сов. энциклопедия, 1983. 840 с.

424. Формування на території Сумської області ЕКОПОЛІСУ (концептуальні положення). Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. 36 с.

425. 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.

426. 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-chto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revolyuciya.html> (дата обращения : 01.03.2016).

427. Хель И. (б) Что думает Элон Маск по поводу летающих автомобилей? // Hi-news.ru. 11.04.2015. URL : <https://hi-news.ru/auto/chto-dumaet-elon-mask-povodu-letayushhix-avtomobilej.html> (дата обращения : 11.05.2017).

428. 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.

429. Хижняк Н. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир / Н. Хижняк // Hi-News.ru. 5.02.2015. URL : <https://hi-news.ru/technology/shest-sverhmaterialov-kotorye-smogut-izmenit-etot-mir.html> (дата обращения : 15.05.2017).

430. 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).

431. Хижняк Н. (б) BMW выпустят беспроводную зарядную станцию для автомобилей // HI-News.ru. 27.09.2017 URL : <https://hi-news.ru/technology/bmw-vypustit-besprovodnuyu-zaryadnuyu-stanciyu-dlya-avtomobilej.html> (дата обращения : 20.12.2017).

432. Ходоренко А. Воскресное чтиво. 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).

433. 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).

434. 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).

435. 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.

436. Человечество за 7 месяцев исчерпало годовые ресурсы Земли, – WWF // РБК Украина. 02.08.2017. URL : <https://www.rbc.ua/rus/news/chelovechestvo-7-mesyatsev-ischerpalo-godovye-1501668960.html> (дата обращения : 05.08.2017).

437. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. Москва : Мысль, 1973. 350 с.

438. 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).

439. Что такое органические продукты? (What is organic food?) // Справочник потребителя. URL : <https://test.org.ua/usefulinfo/food/info/63> (дата обращения : 21.11.2017).

440. 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).

441. 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).

442. 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).

443. Шарль Жак Александр Сезар. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Шарль_Жак_Александр_Сезар (дата обращения : 01.04.2017).

444. Шевченко В., Колевич С. Социополис Рени // Вклад в формирование инновационных структур опережающего развития / под ред. А. Андриеш и А. Буздугач. Кишинау : Академия, 2004. С. 67–72.

445. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир // Colors. Life. URL : <http://www.colors.life/post/661065/> (дата обращения : 20.10.2017).

446. 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).

447. 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).

448. Шульц Н. NASA опубликовало фотографии крупнейшей солнечной электростанции // Fainader. 2017. URL : <http://www.fainaidea.com/tehnologii/energetika/nasa-opublikovalo-fotografii-krupnejshej-solnechnoj-elektrostantsii-120690.html> (дата обращения : 20.03.2017).

449. 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).

450. Щербakov 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).

451. Экологические издержки производства в Украине / под ред. Л. Г. Мельника и А. И. Каринцевой. Сумы : РИО Ас-Медиа, 2003. 72 с.

452. Экологическое сельское хозяйство : рост по всему миру // Германно-Российский аграрно-политический диалог. URL : <http://agrardialog.ru/news/details/id/2529> (дата обращения : 30.11.2017).

453. Экономика природопользования : учебник / под ред. Л. Хенса, Л. Мельника, Э. Буна. К. : Наукова думка; Брюссель : VUB, 1998. 480 с.

454. Экономическая энциклопедия. Политическая экономия (в 4 т.) / гл. ред. А. М. Румянцев. Москва : Советская энциклопедия, 1980. Т. 4. 672 с.

455. 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).

456. 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).

457. Электрический самолёт. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_самолёт (дата обращения : 20.03.2017).

458. 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).

459. Электромобили всех марок // Ironhorse. URL : <http://auto.ironhorse.ru/ct/elektromobili> (дата обращения : 01.03.2017).

460. 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).

461. 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).

462. Энергоэффективные жилые дома. Мировая и отечественная практика проектирования и строительства // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы / Строительная наука. 12.03.2013. URL : https://stroj.mos.ru/builder_science/energoeffektivnye-zhilye-doma-mirovaya-i-otechestvennaya-praktika-proektirovaniya-i-stroitelstva (дата обращения : 01.09.2017).

463. Энергоэффективный дом: проектирование // Econet :включи сознание. URL : <https://econet.ru/articles/93853-energoeffektivnyy-dom-proektirovanie> (дата обращения : 20.12.2017).

464. 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).

465. 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).

466. 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).

467. Яковлева Н. (б) Schneider Electric розробили «розумну» систему накоплення енергії EcoBlade // Ecotown. 18.01.2016. URL : <http://ecotown.com.ua/news/Schneider-Electric-rozrobila-rozumnu-systemu-nakopychennya-enerhiyi-EcoBlade/> (дата звернення : 01.03.2016).

468. Яковлева Н. (а) У Німеччині багатоповерхівки покривають до 50% власних електропотреб завдяки встановленим на дахах сонячним станціям // Ecotown. 06.06.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-Nimechchyni-bahatopoverkhivky-pokryuyut-do-50-vlasnykh-elektropotreb-zavdyaky-vstanovlenym-na-dakhu/> (дата звернення : 01.07.2017).
469. 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).
470. Яковлева Н. (в) Як два українці будують солом'яні будинки // Ecotown. 12.06.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/YAk-dva-ukrayintsi-buduyut-solom-yani-budynky/> (дата звернення : 10.09.2017).
471. 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).
472. Янович А. 17-летняя школьница придумала плавающую электростанцию // Gazeta.ua. 15.03.2011. URL : https://gazeta.ua/ru/articles/ukraine-newspaper/_17letnyaya-shkolnica-privdumala-plavayuschuyu-elektrostantsiyu-/374990 (дата обращения : 17.11.2017).
473. Ярлыки // International directory of organic food and supply companies. URL : <https://www.organic-bio.com/ru/этикетки/> (дата обращения : 21.11.2017)
474. 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 обращения : 09.11.2017).
475. Яшкина В. В., Крусир Г. В. Органические продукты и их экологический контроль // Технологія і безпечність продуктів харчування. № 1(14). 2011. С. 66–68.
476. 10 самых необычных технологий передвижения // Youtube, 21.10.2015. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=uNv97ejvM9g> (дата обращения : 15.05.2017).
477. 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 обращения : 01.09.2017).
478. 10 уникальных проектов города будущего // QWRT. 20.01.2014. URL : <http://www.qwrt.ru/news/1383> (дата обращения : 10.09.2017).
479. 15 профессий для летающих дронов // Robohunter. URL : <https://robohunter.com/news/15-professii-dlya-letayshih-dronov> (дата обращения : 05.06.2017).
480. 20 примеров коммерческого использования дронов // Инвестиционный портал Inventure. 29.01.2016. URL : <https://inventure.com.ua/analytics/articles/20-primerov-kommercheskogo-ispolzovaniya-dronov> (дата обращения : 05.06.2017).
481. 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 обращения : 01.04.2017).

482. 3D-принтер. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер> (дата обращения : 10.03.2017).

483. 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).

484. A decade of EU-funded GMO research (2001–2010) // European Commision / 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).

485. 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).

486. 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).

487. AeroMobil s.r.o. AeroMobil. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/AeroMobil_s.r.o._AeroMobil (accessed on 10.05.2017).

488. 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.

489. Airphibian – летающий автомобиль Роберта Фултона // Уникальные устройства. 17.10.2010. URL : <https://unidevices.blogspot.ru/2010/10/airphibian.html> (дата обращения :10.05.2017).

490. Airbus E-Fan. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_E-Fan (accessed on 20.03.2017).

491. 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).

492. 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).

493. AstroFlight Sunrise. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/AstroFlight_Sunrise (accessed on 15.03.2017).

494. 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).

495. 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 Omeren. Groningen : Sogeti VINT, 2014. – 40 p.

496. 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)

497. 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).
498. 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.
499. 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.
500. Boyle A. Virgin Galactics 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).
501. 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).
502. Chevrolet создал водородный внедорожник для армии // Корреспондент. 05.10.2016. URL : <http://korrespondent.net/lifestyle/motors/3754069-Chevrolet-sozdal-vodorodnyi-vnedorozhnyk-dlia-armyy> (дата обращения : 10.04.2017).
503. Compressed air car. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_air_car (accessed on 15.04.2017).
504. Conception «Ecopolis» // VR ENERGIE GmbH. URL : <http://www.vrenergie.com/index.php/conception-ecopolis.html> (accessed on 01.09.2017).
505. 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).
506. 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).
507. 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).
508. DARPA : на пути к революции в материаловедении // Technowars, 07.09.2015. URL : <http://technowars.ru/article/202/> (дата обращения : 10.03.2017).
509. Dediccoat 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).
510. 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).

511. Digital Revolution. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Revolution (accessed on 10.03.2017).

512. 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).

513. 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).

514. Driverless tractor. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Driverless_tractor (accessed on 01.06.2017).

515. Dubai Future Foundation. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Dubai_Future_Foundation (accessed on 15.09.2017).

516. 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).

517. Electravia // Technologies Vehicles URL : <https://www.technologicvehicles.com/en/details/69/electravia-electro-light-prix-et-fiche-technique#.WghOfohx3Gg> (accessed on 20.03.2017).

518. Electric boat. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_boat (accessed on 20.03.2017).

519. 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).

520. Electric car. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car (accessed on 30.07.2017).

521. Energy Observer. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Observer (accessed on 20.03.2017).

522. Environment and Health / Editors : L. Hens, L. Melnyk, E. Boon. Kiev : Publishing house «Naukova Dumka», 1998. 303 p.

523. Environmental Costs of Production in Ukraine / editors : L. Melnyk, A. Karintseva. Sumy : Publishing house «Foligrant», 2004. 35 p.

524. Environmental Economics / editors : L. Hens, L. Melnyk, E. Boon. Kiev : Publishing house «Naukova Dumka», 1998. 496 p.

525. EU Project : Factory-in-a-day // Factory-in-a-day. URL : <http://www.factory-in-a-day.eu/> (accessed on 10.03.2017).

526. 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).

527. Fab Lab FAQ. URL : <http://fab.cba.mit.edu/about/faq/> (accessed on 10.03.2017).

528. 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).

529. 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).
530. 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).
531. 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).
532. Fuel cell. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell (accessed on 01.03.2017).
533. 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).
534. 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).
535. 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).
536. 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/>
537. Global Ecovillage Network : catalyzing communities for regenerative world. Global Ecovillage Network. 2017. URL : <https://ecovillage.org/> (accessible on 01.09.2017).
538. Global Footprint Network. Ecological Wealth of Nations. URL : www.footprintnetwork.org (accessed on 1.10.2016).
539. 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).
540. 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.
541. 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).
542. 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).

543. 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).

544. Hyperloop Transportation Technologies // ITC.ua. 2017. URL : <http://itc.ua/tag/hyperloop-transportation-technologies/> (accessed on 10.09.2017).

545. Industry 4.0. URL : http://en.m.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (accessed on 01.03.2016).

546. 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).

547. JAC выпустил бюджетный электромобиль // Автовод. 18.03.2017. URL : <http://avtovod.org.ua/news/744924459-jac-vypustil-byudzhetnyy-elektromobil.html> (дата обращения : 25.03.2017).

548. 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).

549. 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).

550. 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).

551. 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).

552. John von Neumann. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann (accessed on 10.03.2017).

553. 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)

554. 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).

555. 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).

556. 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).

557. 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).
558. 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).
559. Laureates letter supporting precision agriculture (GMOs) // Support Precision Agriculture. 20.06.2016. URL : http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_tjr.html (accessed on 25.11.2017).
560. 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).
561. Leffingwell R. Ford farm tractors of the 1950-s. Osceola, WI : MBI Pub, 2001. P. 84–85.
562. Lord Northbourne, organic agriculture and Schumacher // Journal of Organic Systems 9(1), 2014. P. 31–53.
563. Lotus effect. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect (accessed on 25.07.2017).
564. 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).
565. 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).
566. 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).
567. Maglev. The flying train // Superconductivite. URL : <http://www.supraconductivite.fr/en/index.php?p=applications-trains-maglev-more> (accessed on 10.09.2017).
568. Making energy accountable // Danfoss / Ecopolis : Heating the sustainable city. URL : http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VBHZA202_ECOPOLIS_Tabloid_lores.pdf (accessed on 01.09.2017).
569. Mauro Solar Riser. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Mauro_Solar_Riser (accessed on 15.03.2017).
570. Mercedes запускает в производство электрогрузовик // Ліга Бізнес. 20.02.2017. URL : <http://biz.liga.net/keysy/avto/novosti/3609177-mercedes-zapuskaet-v-proizvodstvo-elektrogruzovik-foto.htm> (дата обращения : 15.03.2017).
571. Mindell D. A. Between human and machine : feedback, control, and computing before cybernetics // JHU Press. 29.08.2002. 439 p.
572. Moller M400 Skycar. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Moller_M400_Skycar (accessed on 11.05.2017).
573. 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).

574. 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).

575. NASA Pathfinder. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/NASA_Pathfinder (accessed on 20.03.2017).

576. 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).

577. 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).

578. 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).

579. New Shepard. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/New_Shepard (accessed on 15.05.2017).

580. 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).

581. Nikola One : первый электротягач на водороде представлен в США // Эко-Техника. 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).

582. 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).

583. 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).

584. ÖKO-TEST (ЭКО-ТЕСТ) // Livejournal. 17.02.2013. URL : <http://eco-in-life.livejournal.com/1678.html> (accessed on 21.11.2017).

585. 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).

586. Oosterhuis F., Rubik F., Scholl G.Dordrech. Product Policy in Europe : New Environmental Perspectives. Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1996. 306 p.

587. Organic Farming (EU logo) // Био Украина. URL : <https://bioukraine.com.ua/standarty-sertifikacii/organic-farming-eu-logo.html> (accessed on 21.11.2017).

588. 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).

589. 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.

590. 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).
591. 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).
592. 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).
593. 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).
594. 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).
595. Prof. Schmidhuber's highlights of robot car history / Cogbotlab. URL : <http://people.idsia.ch/~juergen/robotcars.html> (accessed on 25.05.2017).
596. 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).
597. 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).
598. Remote piloted Aerial Vehicles : An Anthology // Aviation and Aeromodelling Interdependent Evolutions and Histories. URL : http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html (accessed on 05.06.2017).
599. 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).
600. 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).
601. 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.
602. 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.
603. Robert Metcalfe – inventor, mathematician // Biography. 02.04.2014. URL : <https://www.biography.com/people/robert-metcalfe-9542201> (accessed on 15.11.2017).

604. 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).

605. 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).

606. 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).

607. 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).

608. Sikorsky Firefly. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Sikorsky_Firefly (accessed on 1.10.2016).

609. Smith M. Scientists want to make buildings from bone. Less “Mortal Kombat” 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).

610. Social and economic potential of sustainable development : the textbook /edited by L. Melnyk, L. Hens. Sumy : University book, 2008.350 p.

611. Solar Impulse. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse (accessed on 20.03.2017).

612. Solar Impulse. Around the world to promote clean technologies adventure / SolarImpuls Foundation. URL : <http://www.solarimpulse.com/> (accessed on 01.03.2016).

613. Solar Power // Clean Technica. URL : <http://cleantechnica.com/solar-power/> (accessed on 01.03.2016).

614. Solar-Powered aircraft developments Solar One. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Solar-Powered_Aircraft_Developments_Solar_One (accessed on 15.03.2017).

615. SpaceLiner. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/SpaceLiner> (accessed on 20.03.2017).

616. 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).

617. Tata OneCAT : автомобиль на сжатом воздухе из Индии // Econet. URL : <http://econet.ru/articles/90486-tata-onecat-avtomobil-na-szhatom-vozdruhe-iz-indii> (дата обращения : 15.04.2017).

618. 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).

619. Terrafugia Transition. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Terrafugia_Transition (accessed on 10.05.2017).

620. 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).
621. 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).
622. 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).
623. Toyota Mirai. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Toyota_Mirai (accessed on 20.03.2017).
624. Türanor Planet Solar. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor_PlanetSolar (accessed on 20.03.2017).
625. 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).
626. Virgin Galactic успешно испытала новейший SpaceShipTwo // РИА новости. 03.12.2016. URL : <https://ria.ru/science/20161203/1482775662.html> (дата обращения : 10.05.2017).
627. Virgin Galactic. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Virgin_Galactic (accessed on 1.10.2017).
628. Volkswagen Budd-e : дебют электрического микроавтобуса на CES // Эко-Техника. 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).
629. Volocopter. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Volocopter#VC_200 (accessed on 20.03.2017).
630. VSS Unity first feather flight // Virgin. URL : <https://www.virgin.com/richard-branson/vss-unity-first-feather-flight> (accessed on 15.05.2017).
631. 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).
632. 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).
633. 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).
634. What is Additive Manufacturing? // Additive Manufacturing / AM Basics / URL : <http://additivemanufacturing.com/basics/> (accessed on 01.12.2016).
635. What is Ecopolis? // VR ENERGIE GmbH. URL : <http://www.vrenergie.com/index.php/what-is-ecopolis.html> (accessed on 01.09.2017).

636. White Knight Two. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/White_Knight_Two (accessed on 05.05.2017).

637. 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).

638. Williams M. Farm tractors. London : Amber Books, 2002. P. 170.

639. 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).

640. 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).

641. Yuneec International E430. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Yuneec_International_E430 (accessed on 15.03.2017).

642. ZEHST. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/ZEHST> (accessed on 1.10.2017).

643. Zero-energy building. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building (accessed on 01.09.2017).

644. 129 Laureates Supporting precision agriculture (GMOs) // Support Precision Agriculture. URL : http://supportprecisionagriculture.org/view-signatures_rjr.html (accessed on 25.11.2017).

645. 3D printing. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing (accessed on 10.03.2017).

646. 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
1. CONTENTS AND FUNCTIONS OF SUSTAINABLE ECONOMY (GREEN ECONOMY)	21
1.1 Sustainable economy as a basis for transition to sustainable development.....	21
1.2 Ecological and social conditions for transition to sustainable development	24
1.3 Contents and characteristics of sustainable (green) economy	34
1.4 Functions of sustainable economy	37
1.5 Key directions for sustainable economy development	46
2. FUNDAMENTALS OF SUSTAINABLE ECONOMY FORMATION	51
2.1 Basic concepts	51
2.2 Scientific basis for managing sustainable development	57
2.3 Principles for ensuring sustainable development and sustainable economy formation.....	61
2.4 Mechanism for reproduction of sustainable economy components	72
2.5 Problems and methods for managing sustainable development	79
2.6 Motivation instruments for sustainable economy	81
3. INDUSTRIES 3.0 AND 4.0 AS A TRANSFORMATION BASIS FOR SUSTAINABLE ECONOMY FORMATION	87
3.1 Objective prerequisites for the emergence of the Third and Fourth Industrial Revolutions	87
3.2 Main tasks of the Third Industrial Revolution.....	88
3.3 Prerequisites for the Third Industrial Revolution implementation	96
3.4 Resource and technological challenges	99
3.5 Economic challenges	100
3.6 Organizational and structural challenges.....	103
3.7 Contours of the Fourth industrial revolution	109
4. FORMATION OF SUSTAINABLE TECHNOLOGICAL BASIS AND NEW MATERIALS	117
4.1 Additive technologies as the basis for sustainable production	117
4.2 Self-reproducing manufacturing systems	123
4.3 Revolution in materials science	127
4.4 Convergence and miniaturization in production and consumption	138
4.5 Dematerialization through the reduction of material consumption	140
4.6 Innovative vector for technology	142
5. GREEN ENERGY AS THE LEADING COMPONENT OF SUSTAINABLE ECONOMY	145
5.1 Energy sustainability as a key prerequisite for sustainable economy.....	145
5.2 The origins of green energy development	149
5.3 Practical steps of green energy production.....	153
5.4 Alternative energy development in Ukraine.....	163
5.5 Innovative vector for green economy development	169

5.6	Efficient energy storage	177
5.7	Formation of green energy infrastructure and networks	180
6.	SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TRANSPORT.....	185
6.1	Basics of green transport transformations	185
6.2	Electrification of road transport.....	188
6.3	Electrification of agricultural machinery.....	199
6.4	Electrification of aviation	202
6.5	Electrification of water transport	213
6.6	Hydrogenation of transport.....	218
6.7	Other alternative sources of driving force in transport.....	230
7.	NEW TYPES OF TRANSPORT	235
7.1	Land high-speed vehicles	235
7.2	Hybrids of land and air vehicles	246
7.3	New types of individual vehicles.....	252
7.4	Suborbital aviation.....	256
7.5	Hypersonic aviation of new generation	262
7.6	Horizons of autonomous transport.....	264
7.7	Strategic issues of transport development	280
8.	FORMATION OF SUSTAINABLE SETTLEMENTS	289
8.1	Objectives for forming sustainable settlements	289
8.2	Methodological approaches to the formation of sustainable settlements	291
8.3	Environmental component in the formation of sustainable settlements.....	292
8.4	Sustainable settlement as the basis for personality development	297
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).....	307
8.6	Sustainable economy as the basis for sustainable settlements development	310
9.	SUSTAINABLE CONSTRUCTION.....	314
9.1	Basics of sustainable construction	314
9.2	Evaluation of sustainable construction	317
9.3	Formation of green roofs and facades	319
9.4	Reality of sustainable construction.....	323
9.5	Sustainable construction of economy class	329
9.6	Perspectives for sustainable construction in Ukraine	333
9.7	Formation of sustainable urban complexes	341
10.	SUSTAINABLE AGROCULTURAL PRODUCTION	348
10.1	The concept of sustainable agricultural production	348
10.2	Preconditions for sustainable agricultural production.....	349
10.3	Basics of sustainable agricultural production.....	352
10.4	The industrialized direction of sustainable agricultural production	358
10.5	Organic agricultural production	362
10.6	Ecological certification and labeling in organic farming	368
	CONCLUSION.....	378
	INDEX	382
	REFERENCES	384

The research defines «sustainable development» and «sustainable economy». A particular focus is on the role of the Third and Fourth Industrial Revolutions in the formation of prerequisites for sustainable development. Specifically, general strategies as well as instruments enabling creation of sustainable economy in the basic sectors (such as energy, transport, construction, agriculture) are investigated. The research systematically compares the key features of «brown» (traditional) and «green» (sustainable) economies. The research concludes with the analysis of the EU experience and prerequisites for sustainable economic development in Ukraine.

For scientists, specialists of enterprises and administration, teachers and university students.

Аналізується змістовна основа понять «сестейновий розвиток» і «сестейнова економіка». Досліджується 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, агровиробництво). Проводиться порівняльний аналіз особливостей «бурої» (традиційної) та «зеленої» (сестейнової) економік. Аналізується досвід ЄС і передумови розвитку сестейнової економіки в Україні.

Для науковців, фахівців підприємств та органів державної виконавчої влади, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

Наукове видання

Мельник Леонід Григорович,

**Народження сестейнової економіки:
Досвід ЄС та практика України в світлі
III та IV промислових революцій
Серія: «Методи вирішення екологічних проблем», випуск 5**

Монографія
(російською мовою)

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 21.12.2017.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 20,6 Обл.-вид. арк. 19,7
Тираж 300 пр. Замовлення № Д17-09/22
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
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 489 від 18.06.2001