

Сценарии развития нового миропорядка и переход к углеродно-нейтральной безотходной экономике-2050

О.Т. Шипкова  , З.В. Вдовенко

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4*

 shipkova.ot@misis.ru

Аннотация. В статье проведен анализ моделей стратегических изменений в развитых и развивающихся странах мира до 2050 г. Особое внимание уделено основным глобальным трендам современности и прогнозу изменений в химической промышленности. Рассмотрена прогнозная модель стратегических решений Европейского союза, основанная на стратегическом долгосрочном видении развития современной конкурентоспособной экономики. Проанализированы сценарии перехода к новым безотходным и эффективным технологиям, предлагаемые Европой. На основе проведенного исследования разрабатываемых моделей, сценариев, стратегий, программ изменений в различных странах мира и перехода к углеродно-нейтральной безотходной экономике, с учетом научно-технологического развития, выявлены основные ориентиры развития химической промышленности России. Рассмотрены прогнозные сценарии развития российской химической промышленности.

Ключевые слова: безотходная экономика, углеродно-нейтральная экономика, безотходные технологии, возобновляемые источники энергии, химическая промышленность, стратегия развития, прогноз

Для цитирования: Шипкова О.Т., Вдовенко З.В. Сценарии развития нового миропорядка и переход к углеродно-нейтральной безотходной экономике-2050. *Экономика в промышленности.* 2021;14(1):76–88. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-1-76-88>

Development scenarios of new world order and transition to carbon-neutral waste-free economics-2050

O.T. Shipkova  , Z.V. Vdovenko

*National University of Science and Technology “MISIS”,
4 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation*

 shipkova.ot@misis.ru

Abstract. The authors analyze the patterns of strategic transformations in developed and developing countries by 2050. They paid special attention to basic global present-day trends and forecasting the changes in chemical industry. The article examines the predictive model of strategic solutions of the European Union based on strategic long-term vision of the modern competitive economy's prosperity. The authors present the analysis of scenarios of transition to waste-free and effective technologies suggested by Europe. They take into consideration scientific and technological development and determine major reference points for development of chemical industry in Russia by means of examination of the developed models, scenarios, strategies, programs of transformation in different countries of the world and transition to carbon-neutral waste-free economics. The authors consider predictive scenarios of development of Russia's chemical industry.

Keywords: waste-free economy, carbon-neutral economy, zero-waste technologies, chemical industry, renewable energy sources, development strategy, forecast

For citation: Shipkova O.T., Vdovenko Z.V. Development scenarios of new world order and transition to carbon-neutral waste-free economics-2050. *Russian Journal of Industrial Economics.* 2021;14(1):76–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-1-76-88>

发展新的世界秩序和向2050年碳中和无废物经济过渡的方案

O.T. 希普科娃, Z.V. 弗多文科

国立研究型技术大学 MISiS, 罗门茨工业企业经济与管理研究所经济系,
119049, 莫斯科, 列宁斯基大街4号

摘要: 对到2050年世界发达国家和发展中国家的战略变革模型进行了分析。特别关注了对当今全球主要趋势和化学工业变化的预测。研究了基于现代竞争性经济繁荣的战略长期远景的欧盟战略决策预测模型。分析了欧洲提出的向新的无废物高效率技术过渡的设想。根据对世界各国正在开发的模型、情景、战略、变革方案以及向碳中和无废物经济过渡的研究,并考虑到科学和技术发展,确定了俄罗斯化学工业发展的主要指导原则。研究了俄罗斯化学工业发展的预测方案。

关键词: 无废物经济、化学工业、发展战略、预测

Введение

В период глобальных экономических трансформаций сложно, или даже невозможно строить прогнозы развития экономик мирового сообщества на длительный временной период. Тем не менее, на наш взгляд, возможно с определенной вероятностью проследить пошаговые изменения экономик отдельных стран, включая изменения в отдельных сферах промышленного производства, оказывающих влияние на дальнейшее развитие. Так, например, исследования германской консалтинговой компании *Roland Berger* выявили основные глобальные тренды развития в сфере химической промышленности. По их оценкам, мировой рынок химической продукции к 2035 г. вырастет в 2 раза. Развивающиеся рынки по-прежнему останутся «локомотивами» глобального роста. А в 2020 г. более половины мировых продаж будет приходиться на развивающиеся страны [1]. Наличие собственного сырья останется одним из основных драйверов развития отрасли. Кроме того, энергия, по аналогии с пищей и водой, является ключевой потребностью, которая способствует укреплению экономики и сохранению стабильности социально-политических систем. Именно эта потребность в ближайшие несколько десятилетий будет создавать серьезные вызовы для изменения мировой инфраструктуры, институциональных структур и моделей поведения. Поэтому, для того чтобы рекомендовать себя в качестве лидера рынка возобновляемых источников энергии (ВИЭ), Россия должна быть готова играть по все более жестким рыночным правилам и осуществлять венчурные инвестиции, в том числе в смежные технологические сегменты, такие как хранение энергии, виртуальные электростанции, управление спросом, и принимать управленческие решения с использованием искусственного интеллекта.

Мировые тенденции

По данным консалтинговой компании **PwC** (*PricewaterhouseCoopers*) в мире наблюдается тенденция к смещению экономической мощи от старых центров промышленного развития – стран Европы с развитой экономикой – в сторону развивающихся стран Азии и других стран мира. Как показано на **рис. 1**, E7 (E7 – семь крупнейших стран с развивающейся экономикой) может составить почти 50 % мирового ВВП к 2050 г., в то время как доля G7 (G7 – «большая семерка») снизится с 30 до 20 %.

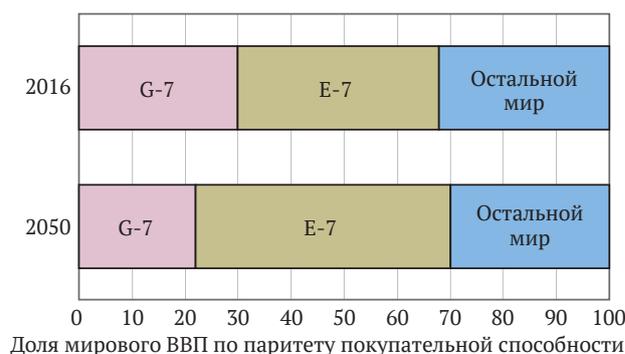


Рис. 1. Прогнозируемые изменения долевого соотношения мирового ВВП в период 2016–2050 гг.

Fig. 1. Projected changes in the share ratio of world GDP in the period 2016–2050

Мировая экономика к 2042 г. вырастет вдвое и будет расти в период между 2016 и 2050 гг. в среднем на 2,6 %. По ожиданиям экспертов PwC, этот рост будет обусловлен развитием Бразилии, Китая, Индии, Индонезии, Мексики, России и Турции, которые будут расти среднегодовыми темпами около 3,5 % в течение следующих 34 лет. А среднегодовой рост стран «Большой семерки»: Канады, Франции, Германии, Италии, Японии,

Великобритании и США – будут составлять около 1,6 %. В табл. 1 представлены топ-10 стран мира, которые по прогнозам PwC будут доминировать на рынке в 2050 г. В качестве показателей взяты ВВП по ППС (валовой внутренний продукт, рассчитанный по паритету покупательной способности) [1].

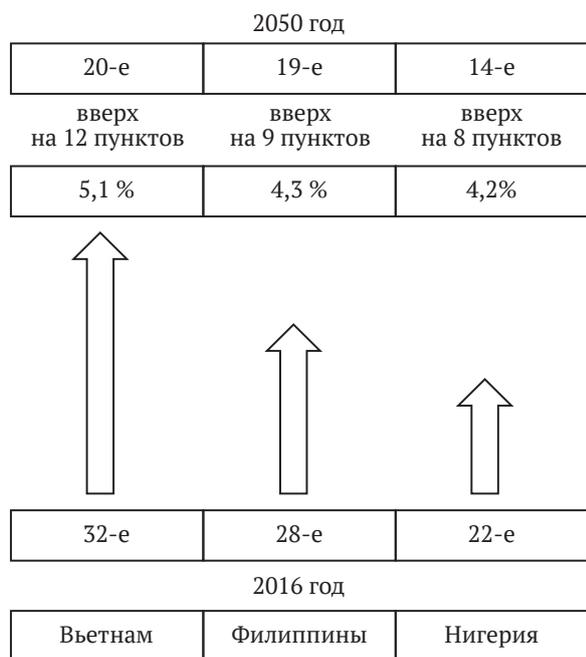
Таблица 1 / Table 1

Динамика рейтинга развитых и развивающихся стран на основе показателей ВВП по ППС [1]

Dynamics of the ranking of developed and developing countries based on GDP PPP indicators

Страны	2016	2050
Китай	1	1
США	2	3
Индия	3	2
Япония	4	8
Германия	5	9
Россия	6	6
Бразилия	7	5
Индонезия	8	4
Соединенное Королевство	9	10
Мексика	12	7

На рис. 2 показано изменение рейтинга к 2050 г. наиболее динамично развивающихся стран: Вьетнама, Филиппин и Нигерии.



Средний ежегодный рост ВВП, 2016–2050 гг.

Рис. 2. Изменение рейтинга экономического роста наиболее динамичных стран к 2050 г.

Fig. 2. Changing in the economic growth rating of the most dynamic countries by 2050

В табл. 2 приведен прогноз изменения ВВП стран по рыночному обменному курсу на 2030 и 2050 гг. По данным прогноза компании PwC очевидно сохранение тенденции опережающего развития Китая в сравнении с развитием США, а Индия, Индонезия, Бразилия и Мексика займут топовые места в рейтинге 2050 г.

Необходимо отметить, для того чтобы осуществлять прогнозные расчеты на долгосрочную перспективу, следует учитывать тенденции в развитии таких важных сфер экономики, как энергетическая, климатическая и экологическая составляющие деятельности промышленности, что и представлено Европейской комиссией (Комиссия) в ноябре 2018 г. в стратегическом долгосрочном видении процветания современной, конкурентоспособной экономики Европы к 2050 г. (Стратегия) [3]. В Стратегии показано, как Европейский союз (ЕС) может стать климатически нейтральным через такие инструменты, как инвестирование в реальные технологические решения, расширение прав и возможностей граждан, через согласование действий в ключевых областях промышленной политики, финансах и исследованиях, обеспечивая при этом социальную справедливость.

Прогнозные ориентиры для химической промышленности ЕС

Основная миссия Стратегии – это приглашение институтам ЕС, национальным Парламентам, деловому сектору, неправительственным организациям, городам и сообществам претворять в жизнь решения по предотвращению изменения климата Планеты, которые приняты и прописаны в статьях «Парижского соглашения» [4]. В Стратегии Комиссии показано, как важно применять новейшие технологии, полностью реализуя потенциал безотходной экономики, для достижения идеи лидерства ЕС в зеленых технологиях. При этом наибольший вклад в энергосбережение и сокращение выбросов парниковых газов принадлежат технологиям замкнутого цикла (рециклинга) [5], что позволяет в будущем провести декарбонизацию в рамках энергетической стратегии ЕС и Парижского соглашения по климату. Комиссия планирует контролировать государственную финансовую поддержку технологий, направленных на предотвращение образования отходов, раздельный сбор и повторное использование. Данные технологии основаны на таких процессах, как анаэробное сбраживание биоразлагаемых отходов, переработка газов сточных вод, что совмещается с получением энергии для дальнейшего промышленного использования [6].

Анализ отчетов исследований в области климата и энергосберегающих технологий показал, что нефтехимические продукты, основные неорганические и полимерные производства ответственны в пределах от 50 до 70 % за выбросы парниковых газов, и поэтому, именно, на этих направлениях должны быть сосредоточены исследования в области технологий

производства. В отчетах показано значительно сократить выбросов в 2050 г. по сравнению с 2010 г. (на 55–60 %) за счет повышения энергоэффективности [5–10]. Сравнительный анализ вариантов технологические решений для снижения выбросов и повышение энергоэффективности в промышленности приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 2 / Table 2

ВВП по рыночному обменному курсу, в постоянных ценах 2016 г., млрд долл. США [2]

GDP at market exchange rates, constant 2016 prices, USD billion

Рейтинг стран, распределенных по ВВП, рассчитанному по РОК	Рейтинг 2016 г.		Рейтинг 2030 г.		Рейтинг 2050 г.	
	Страна	ВВП по РОК	Страна	Прогнозируемый размер ВВП по РОК	Страна	Прогнозируемый размер ВВП по РОК
1	США	18562	Китай	26499	Китай	49853
2	Китай	11392	США	23475	США	34102
3	Япония	4730	Индия	7841	Индия	28021
4	Германия	3495	Япония	5468	Индонезия	7275
5	Великобритания	2650	Германия	4347	Япония	6779
6	Франция	2488	Великобритания	3530	Бразилия	6532
7	Индия	2251	Франция	3186	Германия	6138
8	Италия	1852	Бразилия	2969	Мексика	5563
9	Бразилия	1770	Индонезия	2449	Великобритания	5369
10	Канада	1532	Италия	2278	Россия	5127
11	Южная Корея	1404	Южная Корея	2278	Франция	4705
12	Россия	1268	Мексика	2143	Турция	4087
13	Австралия	1257	Россия	2111	Южная Корея	3539
14	Испания	1252	Канада	2030	Саудовская Аравия	3495
15	Мексика	1064	Испания	1863	Нигерия	3282
16	Индонезия	941	Австралия	1716	Италия	3115
17	Турция	830	Турция	1705	Канада	3100
18	Нидерланды	770	Саудовская Аравия	1407	Египет	2990
19	Саудовская Аравия	638	Польша	1015	Пакистан	2831
20	Аргентина	542	Нидерланды	1007	Испания	2732
21	Польша	467	Иран	1005	Иран	2586
22	Нигерия	415	Аргентина	967	Австралия	2564
23	Иран	412	Египет	908	Филиппины	2536
24	Таиланд	391	Нигерия	875	Вьетнам	2280
25	Египет	340	Филиппины	871	Бангладеш	2263
26	Филиппины	312	Таиланд	823	Польша	2103
27	Малайзия	303	Пакистан	776	Аргентина	2103
28	Пакистан	284	Малайзия	744	Малайзия	2054
29	ЮАР	280	Бангладеш	668	Таиланд	1995
30	Колумбия	274	Вьетнам	624	ЮАР	1939
31	Бангладеш	227	Колумбия	586	Колумбия	1591
32	Вьетнам	200	ЮАР	557	Нидерланды	1496

Таблица 3 / Table 3

Низкоуглеродистые проекты в металлургии (производство железа и стали) [11]

Low carbon projects in metallurgy (iron and steel production)

Технологические альтернативы	Примеры	Уровень готовности технологии (по шкале NASA)	Максимальное снижение выбросов	Внедрение на рынок
Прямое восстановление железа из железной руды водородом (DRI RES – H ₂ (Direct Reduced Iron Recycling))	– Гибридные энергосберегающие технологии (HYBRIT), – солнечная и ветровая энергии (GrINHy), – водородная энергетика (H ₂ Future), – ŠuSteel, – улавливание CO ₂ при производстве чугуна и стали (SALCOS Salzgitter Low CO ₂ Steelmaking)	7	до 80 %	2030/2035
DRI RES-Electrolysis Возобновляемые технологии рециклинга с применением электролиза (DRI RES-Electrolysis)	Химические технологии производства (производство хлора и др.) (SIDERWIN, UL-COWIN)	6	до 90 %	2025/2030
Процесс прямого восстановления железа	Производство чугуна и стали (HIsarna)	5–6	до 20 %	2025
Рециклинг газа	Возобновляемые технологии производства (ULCOS-BF, IGAR)	7	до 30 %	2020/2025
Улавливание и использование двуокиси углерода	Технологии производства чугуна и стали (Carbon ₂ Chem, Steelanol)	5–7	В зависимости от конкретного случая: необходима оценка жизненного цикла каждого проекта для определения потенциального снижения парниковых газов	2025/2030
Производство плоского проката	Технологии производства чугуна и стали (Castrip, Salzgitter, ARVEDI ESP)	8–9	до 60 %	2015

Таблица 4 / Table 4

Низкоуглеродистые проекты в химическом производстве [12]

Low carbon projects in chemical production

Технологические альтернативы	Примеры	Уровень готовности технологии (по шкале NASA)	Максимальное снижение выбросов	Внедрение на рынок
Улавливание и использование двуокиси углерода для получения метанола	Carbon International (Исландия)	6–7	использование возобновляемой энергии для улавливания выбросов CO ₂	2030
Улавливание и хранение двуокиси углерода (УХУ) при производстве аммиака	Улавливание при процессе производства синтез-газа (уже осуществляется)	6–7	2/3 процессов производства аммиака, которые выделяют CO ₂	2025
Синтез аммиака из водорода	Возобновляемая водородная энергия (H ₂) в производстве аммиака (NH ₃)	6	(Практически) все выбросы	В ближайшем будущем

Для промышленного сектора в ЕС ранее, в конце прошлого столетия, были разработаны сценарии перехода к новым безотходным и эффективным технологиям, различающимся по типу уровня амбиций и смягчения последствий от парниковых газов [13].

1. Сценарий группы 1 – постепенное улучшение.

2. Сценарий группы 2 – лучшие доступные методы.

3. Сценарий группы 3 – сценарии декарбонизации (~80 % к 1990 г.) с различной технологической направленностью, включая инновации, улавливание и утилизацию углерода; электронный газ (возобновляемый водород и синтетический метан); биоэкономика и безотходная (циркулярная, замкнутая) экономика и др.). Философия сценарного подхода ЕС представлена в табл. 5.

При разработке сценариев учитывались основные тенденции, определяющие будущее развитие экономики и общества ЕС, такие как изменение климата и окружающей среды, вопросы цифровизации и эффективность использования ресурсов (табл. 6).

Необходимо отметить, в Стратегии Комиссии указывается, что промышленная деятельность, обеспечивающая около 16 % ВВП ЕС, выделяет парниковых газов около 15 % от всех выбросов газа. Однако энергопотребление в энергоемких отраслях промышленности уже сокращено примерно на 20 %, что напрямую связано с политикой поддержки возобновляемой энергетики в странах ЕС, что позволило ежегодно в период 2004–2016 гг. увеличивать долю возобновляемых источников энергии в среднем на 6 %. (рис. 3) [14–15].

Таблица 5 / Table 5

Обзор прогнозных сценариев ЕС по переходу к безотходным технологиям

Review of EU forecast scenarios for the transition to zero waste technologies

Название сценария		Основная философия сценария
Без инноваций	1. Базовый	Существующие технологии и существенные изменения в области энергетической эффективности и используемом топливе переключаются на природный газ и биомассу. Медленное продолжение существующих трендов по рециклингу.
	2. Наилучшие доступные технологии	Похож на сценарий 1, но с полным распространением существующих на сегодняшний день наилучших доступных технологий в области энергетической эффективности, где это технически возможно. Быстрое развитие рециклинга.
	3а. Улавливание и хранение двуокиси углерода	Декарбонизация, с акцентом на улавливание и хранение двуокиси углерода, а также использование других способов снижения вредного воздействия (инновации в области энергетической эффективности и наилучшие доступные технологии).
Снижение выбросов парниковых газов более 80 % (к 1990 г.), включая инновации с уровнем готовности технологии более 4	3б. Чистый воздух	Декарбонизация, с акцентом на возобновляемый водород и синтетический метан, а также использование других способов снижения вредного воздействия (радикальные процессные инновации и наилучшие доступные технологии).
	3в. Биоэкономика и циркулярная экономика	Декарбонизация, с акцентом на биомассу в качестве топлива и сырья. Комплексное внедрение процессов экономики замкнутого цикла и эффективность нефтепереработки в области использования материалов, а также использование других способов снижения вредного воздействия (радикальные процессные инновации и наилучшие доступные технологии).
	3г. Электрификация	Декарбонизация, с акцентом на прямое использование электричества, также использование других способов снижения вредного воздействия (радикальные процессные инновации и наилучшие доступные технологии).
	4а. «Сбалансированный микс» – 80 %	Сбалансированное использование различных способов снижения вредного воздействия с учетом затрат и потенциала декарбонизации сценариев 3а–3г. Целевое снижение: 80 % с выходом на более глубокую декарбонизацию после 2050 г. Не используя технологии улавливания и хранения двуокиси углерода и ограничения на использование биомассы.
	4б. «Сбалансированный микс» – 95 %	Сбалансированное использование различных способов снижения вредного воздействия с учетом затрат и потенциала декарбонизации сценариев 3а–3г. Целевое снижение: 95 %, технологии улавливания и хранения двуокиси углерода допустимы, но ограниченное использование биомассы.

Таблица 6 / Table 6

Благоприятные условия для реализации прогнозных сценариев ЕС [13]

Favorable conditions for the implementation of the EU forecast scenarios

Направление	Задачи
Энергетический союз и климатические действия	Привести в соответствии коммерческие правила с развитием новых технологий в области энергетики, строительства и мобильности.
Налогообложение	Обеспечить эффективное ценообразование в области действия внешних эффектов и справедливое распределение трансакционных издержек.
Бюджет и устойчивые финансы	Подготовить развертывание ключевой инфраструктуры и стимулировать инвестиции в бизнес-модели устойчивого развития.
Локальное законодательство	Способствовать трансформации регионов и отдельных секторов экономики.
Исследования и инновации	Выявить ключевые технологии для передачи и ускорение процесса доказательства их эффективности.
Стратегия развития промышленности и циркулярная экономика	Способствовать распространению технологий, созданию стратегических цепочек ценности и увеличению замкнутости цикла.
Свободная, но справедливая торговля	Работа в направлении глобального уровня конкурентоспособности игроков.
Социальная опора	Обеспечить граждан необходимыми компетенциями для новых бизнес-моделей.
Единый цифровой рынок	Создание цифровой «операционной системы» для обеспечения системной интеграции и развития новых бизнес-моделей.
Конкурентная политика и государственная поддержка	Обеспечить согласованность целей с политикой в области охраны окружающей среды и борьбе с изменением климата.



Рис. 3. Доля возобновляемой энергии в валовом конечном потреблении энергии в ЕС, %

Fig. 3. Share of renewable energy in gross final energy consumption in the EU, %

Экономическая политика ЕС предполагает и дальнейшую интеграцию промышленности и сельского хозяйства. При этом ключевыми факторами управления данной системой станут использование интеллектуальной нормативно-правовой базы и инструментов цифровизации. Вместе с тем, необходимо учитывать, что несмотря на дальнейший переход к безотходной экономике и повсеместному использованию электронной энергии, в переходном периоде, вплоть до 2050 г., будут функционировать и использоваться существующие нефте- и газовые трубопроводы, а также инфраструктура, способная передавать и хранить значительные объемы

энергии, инфраструктура энергосетей, газа, жидкого топлива, отопления и охлаждения [16].

Секторальное взаимодействие и интеграция промышленности, энергетики, отопления и производства новых видов топлива, а также, строительство и другие отрасли, энергия которых после преобразования сможет храниться и распределяться в новых видах топлива представлены на **рис. 4**.

Кроме того, при переходе к чистой энергии, в Стратегии Комиссии определен важнейший принцип энергоэффективности: «сохрани, прежде чем строить, рассматривая топливо, прежде всего, как источник энергии, в который правительства могут инвестировать» [17]. Применение этого принципа поможет улучшить способность Европы, создавать менее дорогостоящую, богатую рабочими местами, низкоуглеродную энергетическую систему. На **рис. 5** и **6** показано развитие мощностей производства новых видов топлива: ветровой, солнечной и водородной энергетики (Е-газ – электронный газ твердого тела), включая и безотходные промышленные технологии хранения и накопления энергии с использованием гидроаккумулирующего оборудования. Отметим, что десять государств-членов ЕС объявили о поэтапном отказе от угля. Данную инициативу поддержали европейские коммунальные предприятия, члены EURElectric, которые объявили о своем намерении не инвестировать в новые угольные заводы после 2020 г. [17, 18].

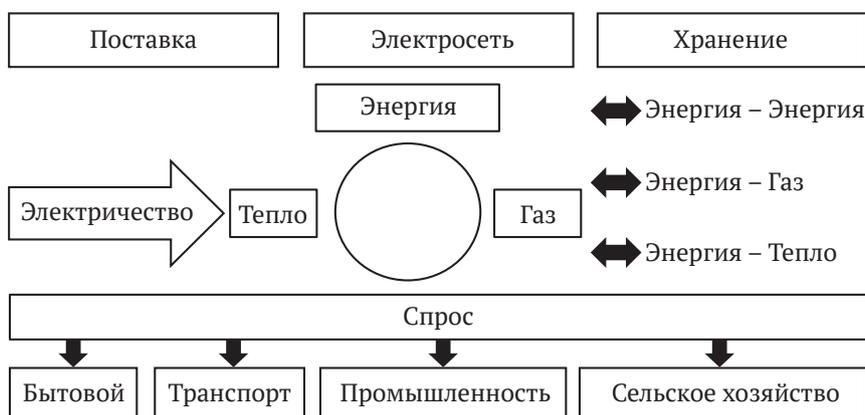


Рис. 4. Интеграция энергетических векторов

Fig. 4. Integration of energy vectors

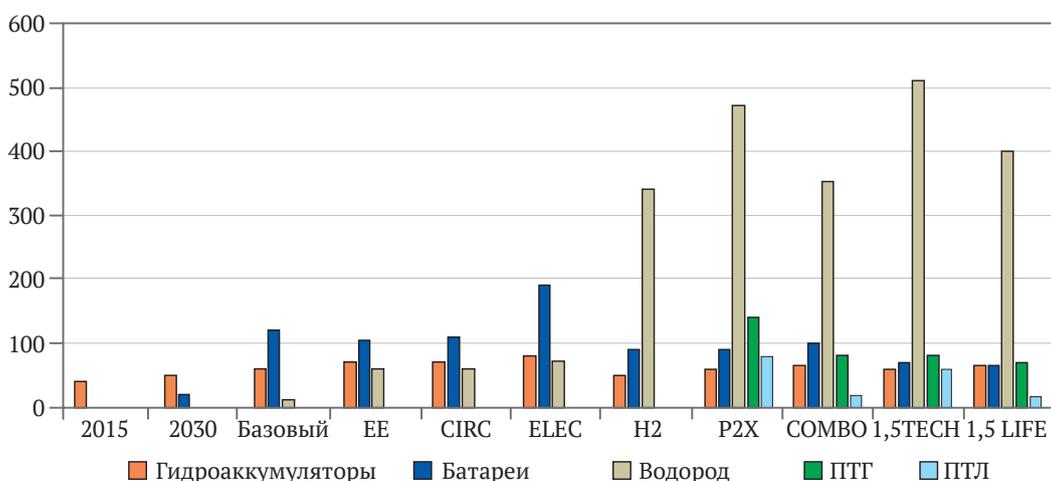


Рис. 5. Оценка мощностей по хранению электроэнергии и производства новых видов топлива (2050 г.), ГВт

Fig. 5. Assessment of capacities for storage of electricity and production of new types of fuel (2050), GW

Обозначения (здесь и далее): EE – энергетическая эффективность (Energy Efficiency); CIRC – циркулярная экономика (Circular Economy); ELEC – электрификация (Electricity); H2 – использование водорода (Hydrogen); P2X – E-топливо (E-fuels); COMBO – комбинирование предыдущих; 1,5TECH – COMBO с акцентом на энергетическую эффективность и наилучшие доступные технологии; 1,5 LIFE – COMBO с акцентом на CIRC и изменением стиля жизни.

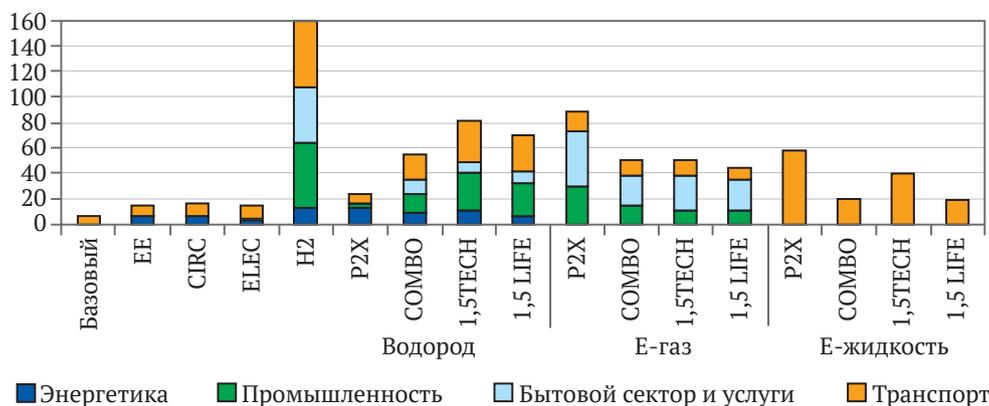


Рис. 6. Потребление новых видов топлива по секторам в 2050 г., мтнэ (млн т нефтяного эквивалента)

Fig. 6. Consumption of new fuels by sector in 2050, mtoe (million tonnes of oil equivalent)

Прогнозная модель стратегических решений ЕС учитывает и широкий спектр вариантов смягчения процессов перехода на новую модель развития промышленности. Разрабатываемые технологии на базе экзогенных (экзо – поглощение энергии) производственных процессов, станут вкладом в модель повышения энергоэффективности. Кроме того, создание углеродно-нейтрального сектора при сохранении его

конкурентоспособности в условиях безотходной экономики в Европе является серьезной проблемой, которая не может быть решена без усилий химической промышленности [19].

По данным Cefic, химическая промышленность Европы, начиная с 1990 г., вдвое сократила свою энергоемкость и выбросы парниковых газов, несмотря на это, производство химикатов остается одним из наиболее энергоемких

Таблица 7 / Table 7

Перспективные направления развития химических технологий [23]

Promising directions for the development of chemical technologies

Перспективные научно-технические направления научно-технического развития химического комплекса	Оценка текущего уровня разработок*	Востребованность результатов**	Технологии, способные оказать радикальное влияние на развитие химического комплекса России	Сценарий 1	Сценарий 2
Углубленная переработка базовой крупнотоннажной химической продукции в продукцию с более высокой добавленной стоимостью	Частично соответствует	Высокий	Переработка больших объемов метанола, аммиака и карбамида в наиболее дефицитные химические продукты (уксусная кислота, меламин, меламинаформальдегидные и карбамидные смолы, параформ и др.).	-	+
Новые виды промышленных покрытий	Соответствует или превышает его	Высокий	Разработка защитных материалов с повышенными антикоррозионными свойствами, морозостойкостью, стойкостью к агрессивным средам, ультрафиолетовому излучению	-	+
Безопасные шины	Частично соответствует	Высокий	Шины по технологии RunFlat	-	+
Химические волокна, обладающие высокими эксплуатационными и экологическими характеристиками	Частично соответствует	Высокий	Производство полиэфирных и гидратцеллюлозных волокон, штапельного полиакрилонитрильного волокна		+
Углубление переработки углеводородного сырья в целях расширения производства и марочного ассортимента высококачественной и высокотехнологичной химической продукции	Значительно уступает	Высокий	Создание производств малеинового ангидрида, изоцианатов, диоктилтерефталата, линейного альфаолефина гексена, а также присадок к топливам, смазочным материалам и т. п.	+	+
Конструкционные полимерные материалы и изделия из них	Соответствует или превышает его	Высокий	Производство изделий из материала из модифицированного политетрафторэтилена	-	+
			Разработка технологии производства и применения интеллектуального рукава для восстановления трубопроводных сетей различного назначения	-	+

Примечание: * Оценка текущего уровня российских разработок по сравнению с мировым; ** Уровень востребованности важнейших результатов для инновационного развития и модернизации российской экономики на период до 2030 г.

промышленных процессов, она успешно развивается на основе внедрения технологических инноваций и играет центральную роль в развивающейся безотходной экономике, внедряя методологию циркулярной экономики (рециклинга) и прозрачные информационные потоки через цепочки создания стоимости («рециклинг» – от английского recycling, рециклирование и утилизация отходов) [20, 21].

В качестве ориентиров для прогноза развития химической промышленности Европы к 2050 г., были выбраны следующие пять секторов, включающих экономику, геополитику, общество, технологии и Окружающую среду. Так, по мнению экспертов, принявших участие в данном исследовании, XXI век – это эпоха увеличивающейся сложности и экспоненциальных изменений, в котором мегатрендом является неопределенная среда, которая ускоряющимися темпами становится все более изменчивой [22].

Прогнозные ориентиры для российской химической промышленности

Рассмотрим прогнозные ориентиры развития российской химической промышленности. Отметим, что в России одним из ключевых документов, определяющих государственную экономическую политику, является Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации (на период до 2030 г.), разработанная в соответствии с поручением Президента Российской Федерации. Прогноз специалистов в сфере технологического развития химической промышленности сформирован в разрезе двух сценариев научно-технологического развития Российской Федерации: сценарий 1 – «Технологическая адаптация» и сценарий 2 – «Технологический рывок». В табл. 7 приведены описания ключевых развилок – альтернатив развития химической промышленности на период до 2030 г., выбор, между которыми может повлиять как на будущий облик химической индустрии России, так и на выбор стратегии развития, что потребует внедрения новых инструментов государственного регулирования данной сферы промышленности и разработки новой промышленной политики [23].

Основной рост показателей, характеризующих развитие исследований и разработок в химической промышленности, по сценарию 2 «Технологический рывок» придется на период 2020–2030 гг., так как именно на этот период запланирована разработка и реализация большей части прорывных технологий и проектов. При этом рост показателей по сценарию 1 «Техно-

логическая адаптация» будет намного скромнее в связи с плавной модернизацией мощностей химического комплекса, предусмотренной этим вариантом сценария до 2030 г. и низкой долей затрат на прорывные технологии и проекты.

Важнейшими перспективными научно-техническими направлениями развития химического комплекса станут глубокая (90–95 %) переработка базовых химических продуктов, а также разработка новых конструкционных материалов и технологий их переработки в изделия, применяемые в различных отраслях промышленности и в жилищно-коммунальном хозяйстве. Реализация данных направлений относится к сценарию «Технологический рывок».

Заключение

На основе проведенного исследования разработываемых моделей, сценариев, стратегий, программ изменений в странах мира, направлений формирования нового миропорядка до 2050 г. и перехода к углеродно-нейтральной безотходной экономике, нами выявлены основные ориентиры дальнейшего развития химической промышленности России, включая:

- поиск способов преодолеть инвестиционных, сырьевые и энергетические проблемы;
- разработка и внедрение моделей повышения энергоэффективности на базе новейших технологий безотходной экономики, включая технологии экзогенных производственных процессов (поглощение энергии);
- внедрение технологий, основанных на таких процессах, как анаэробное сбраживание биоразлагаемых отходов, переработка газов сточных вод, что совмещается с получением энергии для дальнейшего промышленного использования;
- энергосбережение и сокращение выбросов парниковых газов за счет внедрения технологий замкнутого цикла (рециклинга), что позволит провести декарбонизацию в рамках энергетической стратегии ЕС и Парижского соглашения по климату;
- пересмотр законодательных и нормативных документов по обращению с отходами в рамках законодательства ЕС и Российской Федерации;
- решение вопросов государственной финансовой поддержки технологий, направленных на предотвращение образования отходов, отдельный сбор и повторное использование;
- дальнейшую интеграцию промышленности, сельского хозяйства и других смежных секторов и многое другое.

Список литературы

1. Keller A., Belderok A., Douma E., Kühner S. Chemicals 2035 – Gearing up for growth: How Europe's chemical industry can gain traction in a tougher world. München: Ronald Berger Strategy Consultants; 2015. 16 p.
2. Hawksworth J., Clarry R., Audino H. The world in 2050. The long view: How will the global economic order change by 2050? London: PwC; 2017. 14 p. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf> (дата обращения: 25.01.2020).
3. In-depth analysis in support of the Commission. A clean planet for all: A European strategic long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. European Commission Communication. 2018;(773). https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf (дата обращения: 27.04.2020).
4. Принятие Парижского соглашения. Конференция сторон. Двадцать первая сессия. Париж, 30 ноября – 11 декабря 2015 года. Рамочная конвенция об изменении климата. ООН. 12.12.2015. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r01r.pdf> (дата обращения: 25.05.2020).
5. Swilling M., Hajer M., Baynes T. et al. The weight of cities: Resource requirements of future urbanization. Paris: UNEP; 2018. 280 p. URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities> (дата обращения: 5.03.2020).
6. Friedrichsen N., Erdogmus G., Duscha V. Comparative analysis of options and potential for emission abatement in industry – summary of study comparison and study factsheets. Climate Change. 2018;(19). URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-07-16_climate-change_19-2018_ets-7_analyse-minderungspotenzialstudien_fin.pdf (дата обращения: 2.02.2020).
7. Study on energy efficiency and energy savings potential in industry and on possible policy mechanisms. London: ICF Consulting Ltd; 2015. 461 p. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/151201%20DG%20ENER%20Industrial%20EE%20study%20-%20final%20report_clean_stc.pdf (дата обращения: 25.05.2020).
8. European chemistry for growth: Unlocking a competitive, low carbon and energy efficient future. Brussels: Cefic – The European Chemical Industry Council; 2013. 186 p. URL: https://cefic.org/app/uploads/2019/01/Energy-Roadmap-The-Report-European-chemistry-for-growth_BROCHURE-Energy.pdf (дата обращения: 27.07.2020).
9. Boulamanti A., Moya J.A. Energy efficiency and GHG emissions: Prospective scenarios for the chemical and petrochemical industry. Luxembourg: The European Union; 2017. 237 p. URL: <http://re.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Energy%20efficiency%20and%20GHG%20emissions.pdf> (дата обращения: 21.05.2020).
10. Bazzanella A.M., Ausfelder F. Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry. Frankfurt am Main: DECHEMA; 2017. 168 p. URL: https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Technology_study_Low_carbon_energy_and_feedstock_for_the_European_chemical_industry.pdf (дата обращения: 22.05.2020).
11. Eichhammer W., Herbst A., Pfaff M., Fleiter T., Pfluger B. Impact on the environment and the economy of technological innovations for the Innovation Fund (IF). Luxembourg: The European Union; 2018. 86 p. URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/669226c7-b6ff-11e8-99ee-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-77120765> (дата обращения: 2.03.2020).
12. Chan Y., Petithuguenin L., Fleiter T., Herbst A., Arens M., Stevenson P. Industrial innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry. Part 1: Technology analysis. London: ICF Consulting Services Ltd; 2019. 124 p. URL: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/2050/docs/industrial_innovation_part_1_en.pdf (дата обращения: 25.05.2020).
13. Fleiter T., Herbst A., Rehfeldt M., Arens M. Industrial innovation: Pathways to deep decarbonisation of industry. Part 2: Scenario analysis and pathways to deep decarbonisation. London: ICF Consulting Services Ltd; 2019. 104 p. URL: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/2050/docs/industrial_innovation_part_2_en.pdf (дата обращения: 12.03.2020).
14. Renewable cost database and auctions database. IRENA. URL: <https://www.irena.org/costs/IRENA-Renewable-Costing-Alliance> (дата обращения: 12.03.2020).
15. Eurostat official website. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (дата обращения: 2.08.2020).
16. Fully decarbonising Europe's energy system by 2050. Helsinki: Pöyry; 2018. 9 p. URL: https://afry.com/sites/default/files/2020-06/pourypointofview_fullydecarbonisingeuropesenergysystemby2050.pdf (дата обращения: 12.03.2020).
17. Efficiency first: A new paradigm for the European energy system. Driving competitiveness, energy security and decarbonisation through increased energy productivity. The Hague: European Climate Foundation; 2016. 11 p. URL: <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/07/ecf-efficiency-first-new-paradigm-eruropean-energy-system-june-2016.pdf> (дата обращения: 2.03.2020).
18. European Electricity Sector gears up for the energy transition. EURELECTRIC. Apr. 05, 2017. URL: https://www.eurelectric.org/media/2128/eurelectric_statement_on_the_energy_transition_2-2017-030-0250-01-e.pdf (дата обращения: 2.04.2020).

19. How the European chemical industry could become carbon neutral by 2050. EUROACTIV. July 19, 2017. URL: <https://pr.euractiv.com/pr/how-european-chemical-industry-could-become-carbon-neutral-2050-156637> (дата обращения: 2.03.2020).

20. Hatzack F.-A., Saunders J. Delphi study report: The European chemical industry in a 2050 perspective. Study on the development of key areas within economy, geopolitics, society, technology and environment. Copenhagen: Copenhagen Inst. for Futures Studies; 2018. 120 p. URL: <https://open.unido.org/api/documents/14587286/download/Cefic-Delphi-Report-Final.pdf> (дата обращения: 12.03.2020).

21. Саушева О.С. Мониторинг эффективности рециклинга: задачи и организация. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия экономика и экологический менеджмент*. 2017;(4):102–109. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2017-10-4-102-109>

22. Aengenheyster S., Cuhls K., Gerhold L., Heiskanen-Schüttler M., Huck J., Muszynska M. Real-time Delphi in practice. A comparative analysis of existing software-based tools. *Technological Forecasting and Social Change*. 2017;118:1527. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.023>

23. Аналитические материалы ОАО “НИИТЭ-ХИМ”. Росстат. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 22.03.2020).

References

1. Keller A., Belderok A., Douma E., Kühner S. Chemicals 2035 – Gearing up for growth: How Europe’s chemical industry can gain traction in a tougher world. München: Ronald Berger Strategy Consultants; 2015. 16 p.

2. Hawksworth J., Clarry R., Audino H. The long view: How will the global economic order change by 2050? London: PwC; 2017. 14 p. URL: <https://www.hse.ru/data/2017/02/16/1167727304/PWC.%20World%20in%202050.%202017.pdf> (accessed on 25.01.2020).

3. In-depth analysis in support of the Commission. A clean planet for all: A European strategic long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. European Commission Communication. 2018;(773). https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf (accessed on 27.04.2020).

4. Adoption of the Paris Agreement. Conference of the Parties. Twenty-first session. Paris, 30 November to 11 December 2015. Framework Convention on Climate Change. UN. Dec. 12, 2015. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (accessed on 25.05.2020).

5. Swilling M., Hajer M., Baynes T. et al. The weight of cities: Resource requirements of future urbanization. Paris: UNEP; 2018. 280 p. URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities> (accessed on 05.03.2020).

6. Friedrichsen N., Erdogmus G., Duscha V. Comparative analysis of options and potential for emission abatement in industry – summary of study comparison and study factsheets. *Climate Change*. 2018;(19). URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-07-16_climate-change_19-2018_ets-7_analyse-minderungspotenzialstudien_fin.pdf (accessed on 02.02.2020).

7. Study on energy efficiency and energy savings potential in industry and on possible policy mechanisms. London: ICF Consulting Ltd; 2015. 461 p. URL: <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/151201%20DG%20ENER%20Industrial%20>

[EE%20study%20-%20final%20report_clean_stc.pdf](#) (accessed on 25.05.2020).

8. European chemistry for growth: Unlocking a competitive, low carbon and energy efficient future. Brussels: Cefic – The European Chemical Industry Council; 2013. 186 p. URL: https://cefic.org/app/uploads/2019/01/Energy-Roadmap-The-Report-European-chemistry-for-growth_BROCHURE-Energy.pdf (accessed: 27.07.2020).

9. Boulamanti A., Moya J.A. Energy efficiency and GHG emissions: Prospective scenarios for the chemical and petrochemical industry. Luxembourg: European Union; 2017. 237 p. URL: <http://re.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Energy%20efficiency%20and%20GHG%20emissions.pdf> (accessed on 21.05.2020).

10. Bazzanella A.M., Ausfelder F. Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry. Frankfurt am Main: DECHEMA; 2017. 168 p. URL: https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Technology_study_Low_carbon_energy_and_feedstock_for_the_European_chemical_industry.pdf (accessed on 22.05.2020).

11. Eichhammer W., Herbst A., Pfaff M., Fleiter T., Pfluger B. Impact on the environment and the economy of technological innovations for the Innovation Fund (IF). Luxembourg: The European Union; 2018. 86 p. URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/669226c7-b6ff-11e8-99ee-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-77120765> (accessed on 2.03.2020).

12. Chan Y., Petithuguenin L., Fleiter T., Herbst A., Arens M., Stevenson P. Industrial innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry. Part 1: Technology analysis. London: ICF Consulting Services Ltd; 2019. 124 p. URL: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/2050/docs/industrial_innovation_part_1_en.pdf (accessed on 25.05.2020).

13. Fleiter T., Herbst A., Rehfeldt M., Arens M. Industrial innovation: Pathways to deep decarbonisation of industry. Part 2: Scenario analysis and pathways to deep decarbonisation. London: ICF

Consulting Services Ltd; 2019. 104 p. URL: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/2050/docs/industrial_innovation_part_2_en.pdf (accessed on 12.03.2020).

14. Renewable cost database and auctions database. IRENA. URL: <https://www.irena.org/costs/IRENA-Renewable-Costing-Alliance> (accessed on 12.03.2020).

15. Eurostat official website. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (accessed on 2.08.2020).

16. Fully decarbonising Europe's energy system by 2050. Helsinki: Pöyry; 2018. 9 p. URL: https://afry.com/sites/default/files/2020-06/poyrypointofview_fullydecarbonisingeuropesenergysystemby2050.pdf (accessed on 12.03.2020).

17. Efficiency first: A new paradigm for the European energy system. Driving competitiveness, energy security and decarbonisation through increased energy productivity. The Hague: European Climate Foundation. 2016. 11 p. URL: <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/07/ecf-efficiency-first-new-paradigm-eruropean-energy-system-june-2016.pdf> (accessed on 2.03.2020).

18. European Electricity Sector gears up for the energy transition. EURELECTRIC. Apr. 05, 2017. URL: https://www.eurelectric.org/media/2128/eurelectric_statement_on_the_energy_transition_2-2017-030-0250-01-e.pdf (accessed on 2.04.2020).

19. How the European chemical industry could become carbon neutral by 2050. EUROACTIV. July 19, 2017. URL: <https://pr.euractiv.com/pr/how-european-chemical-industry-could-become-carbon-neutral-2050-156637> (accessed on 2.03.2020).

20. Hatzack F.-A., Saunders J. Delphi study report: The European chemical industry in a 2050 perspective. Study on the development of key areas within economy, geopolitics, society, technology and environment. Copenhagen: Copenhagen Inst. for Futures Studies; 2018. 120 p. URL: <https://open.unido.org/api/documents/14587286/download/Cefic-Delphi-Report-Final.pdf> (accessed on 12.03.2020).

21. Sausheva O.S. Monitoring of the effectiveness of recycling: Tasks and organization. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i ekologicheskii menedzhment = Scientific Journal NRU ITMO. Series: Economics and Environmental Management*. 2017;(4):102–109. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2017-10-4-102-109>

22. Aengenheyster S., Cuhls K., Gerhold L., Heiskanen-Schüttler M., Huck J., Muszynska M. Real-time Delphi in practice. A comparative analysis of existing software-based tools. *Technological Forecasting and Social Change*. 2017;118:1527. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.023>

23. Analytical materials of JSC NIITEKHIM. Rosstat. URL: <https://www.gks.ru> (accessed on 22.03.2020). (In Russ.)

Информация об авторах

Шипкова Ольга Тарасовна – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, shipkova.ot@misis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5705-0880>

Вдовенко Зинаида Владимировна – д-р экон. наук, профессор, доцент кафедры экономики, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, vzv27@yandex.ru

Information about the authors

Olga T. Shipkova – Ph.D (Econ.), Associate Professor, Romentz College of Economics and Industrial Management, National University of Science and Technology “MISIS”, 4 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation, shipkova.ot@misis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5705-0880>

Zinaida V. Vdovenko – Dr. Sci. (Econ.), Professor, Associate Professor, Department of Economics, Romentz College of Economics and Industrial Management, National University of Science and Technology “MISIS”, 4 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation, vzv27@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.10.2020; поступила после доработки 28.01.2021; принята к публикации 11.03.2021
Submitted 13.10.2020; Revised 28.01.2021; Accepted 11.03.2021