

*Б.Ч. Горфирьев,
Ч.Е. Терентьев*

**РАЗВИТИЕ «ЗЕЛеноЙ» ЭКОНОМИКИ
КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНО И ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ОРИЕНТИРОВАННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
МЕГАПОЛИСОВ¹**

DOI 10.29003/m251.sp_ief_ras2018/7-31

Эколого-климатические императивы социально-экономического развития мегаполисов. За последние 70 лет беспрецедентные по историческим меркам темпы роста численности городского населения и площади городских территорий, технологической сложности городской инфраструктуры, объема потребляемых городами энергетических и других природных ресурсов привели к резкому обострению экологических проблем, которые не только негативно влияют на здоровье и качество жизни городского населения, но становятся все более значимым ограничителем роста экономики городов, их долгосрочной конкурентоспособности. По оценке Global Footprint Network, в 2012 г. потребление природных ресурсов и экосистемных услуг в 1,6 раза превысило возможности биосферы к самовосстановлению, а к 2020 г. указанное превышение может достичь 75% (Цит. по [1, p. 83]). При этом многие крупнейшие мегаполисы мира входят в число наиболее крупных потребителей энергии, природных ресурсов, а также эмитентов парниковых газов и территорий повышенного загрязнения окружающей среды. По оценкам экспертов Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), в мире на долю городов приходится 60-80% совокупного потребления энергии и такая же доля выбросов CO₂ [2, p. 458].

Что касается крупнейших мегагородов мира с населением более 10 млн. чел., при доле 6,7% в численности населения мира

¹ *Статья подготовлена в рамках научных исследований, выполняемых при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 16-18-10324 «Человек в мегаполисе: экономические, демографические и экологические особенности»).*

они генерируют 14,6% мирового ВВП; на них приходится 6,7% общемирового потребления энергии, 3% потребления пресной воды, 12,6% совокупного объема отходов, 9,3% потребления электроэнергии и 9,9% потребления бензина (рис. 1).

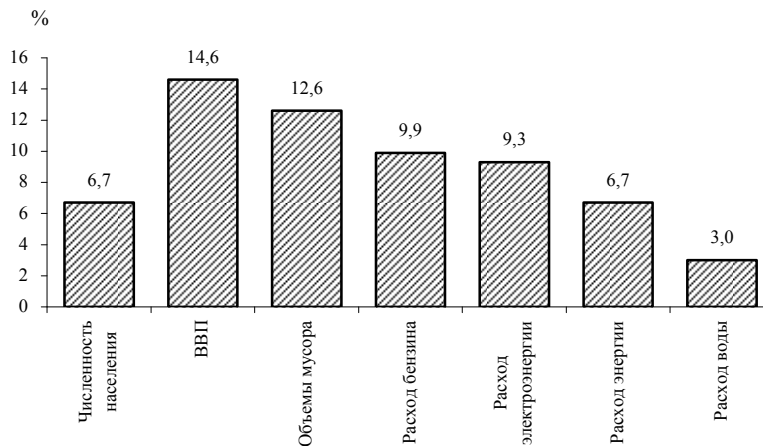


Рис. 1. Доли мегагородов мира в общемировой численности населения, ВВП, потреблении природных ресурсов

Источник: [3, p. 5986].

Приведенные относительные индикаторы жизнедеятельности ведущих мегаполисов мира подтверждают известный эффект масштаба, согласно которому увеличение выпуска обеспечивается при неизменном уровне или сокращающихся темпах прироста потребления ресурсов – энерго- и электроемкость, и, особенно, водоемкость ВВП в мегаполисах заметно ниже единицы. Мегаполисы как города со сверхвысокой концентрацией населения и пространства обеспечивают значительную долю роста ВВП – например, в странах ОЭСР на крупнейшие агломерации приходится 2% территории и около 30% роста их ВВП [4, p. 18]). Они же обеспечивают ряд важных преимуществ с точки зрения перехода к «зеленому» росту, включая крайне низкие уровни потребления на душу населения энергии и выбросов CO₂ по сравнению с менее крупными городами и сельскими территориями [4, p. 22]. Это обстоятельство является одним из основных факторов интенсификации процесса урбанизации и главным аргументом сторонни-

ков приоритетного статуса агломераций в политике пространственного развития, в том числе в России.

В то же время, абсолютные показатели функционирования мегаполисов, прежде всего занимаемой ими площади, численности и плотности населения, объемов потребления ресурсов, производства отходов и вредных выбросов свидетельствуют об огромной и растущей нагрузке как на жителей этих мегагородов, так и на окружающую их среду, не говоря о негативных последствиях для территорий (поселений) вне мегаполисов. Это значительно усложняет решение задачи перехода мегаполисов к «зеленому» росту (подробнее см ниже).

Для большинства мировых и российских мегагородов характерна повышенная уязвимость к эколого-климатическим рискам и вызовам, в первую очередь, загрязнению окружающей среды и изменениям климата, включая связанные с последними природные бедствия. Хотя развитым странам в последние десятилетия благодаря технологическому прогрессу удалось добиться значительного смягчения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, экономический ущерб от обусловленной *загрязнением атмосферного воздуха* преждевременной смертности населения стран мира демонстрирует устойчивую тенденцию к росту. По оценкам Всемирного банка, этот ущерб вырос почти вдвое – с 2,638 трлн. долл. в 1990 г. до 5,112 трлн. долл. в 2013 г. (в постоянных ценах 2011 г. по ППС). При этом по отношению к мировому ВВП величина ущерба незначительно снизилась – с 5,6% в 1990 г. до 5,0% в 2013 г. (рис. 2).

Наиболее интенсивно за указанный период рассматриваемый показатель возрастал в странах Юго-Восточной Азии и Тихоокеанского региона, а также Южной Азии, прежде всего в Китае и Индии, отличающихся высокими темпами экономического роста и урбанизации, включая рост мегаполисов. В Китае, ущерб, обусловленный преждевременной смертностью из-за опасного загрязнения воздуха, в первую очередь в мегаполисах, включая столичный, оценивается примерно в 11% ВВП [5, р. 21]. Это огромная цена, которую платит и еще длительное время будет платить Китай за достижение и поддержание в течение почти трех десятилетий темпов экономического роста, невиданных до этого в мировой истории.

Масштабное ухудшение качества окружающей среды, осложненное последствиями глобальных климатических изменений, потребовало внесения принципиальных корректив в существующую экономическую политику в пользу большего учета экологических факто-

ров. Так, XIII пятилетний план на 2016-2020 гг. и долгосрочная стратегия развития Китая смещают приоритеты с динамики темпов экономического роста² на качество роста, что требует активной модернизации, прежде всего промышленного сектора экономики (в первую очередь, энергетики), включая использование высоких технологий, для обеспечения экологической, социальной и экономической устойчивости развития на длительную перспективу.

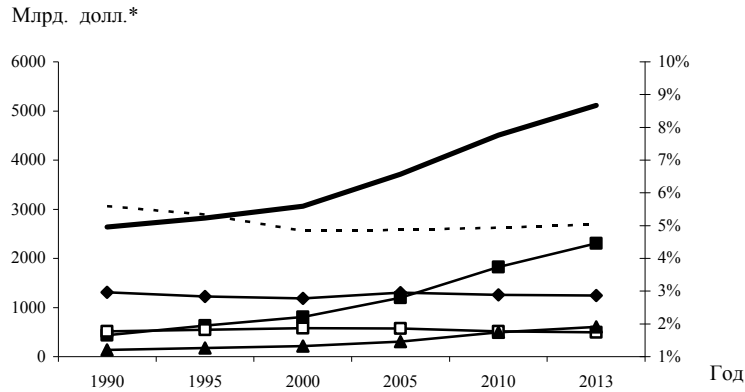


Рис. 2. Динамика экономического ущерба от преждевременной смертности, вызванной загрязнением атмосферного воздуха, по регионам мира в 1990-2013 гг. (* в пост. ценах 2011 г. – левая шкала):
 — мир в целом; —■— Восточная Азия и Тихоокеанский регион;
 —◆— Европа и Центральная Азия; —□— Северная Америка; —▲— Южная Азия;
 ----- доля мирового ВВП, % (правая шкала)

Источник: [6, p. 51].

В России, в которой с 2008 г. темпы развития промышленности и экономики в целом уступали соответствующим индикаторам партнеров по БРИКС (прежде всего, Китаю), последствия указанного отставания выражались в ощутимом росте удельных показателей выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, тогда как абсолютные объемы экологически вредных эмиссий увеличивались более скромными темпами, чем темпы роста ВВП (см. [8-9]) благодаря модернизации, масштабы

² По официальным оценкам, среднегодовые темпы прироста ВВП должны сократиться в указанный период до 6,5%, а в 2021-2025 гг. – до 5,5%. См: [7].

и интенсивность, которой, однако, пока далеки от современных требований повышения качества жизни и устойчивого развития.

В этом контексте одним из основных вызовов развития и модернизации экономики и городской среды мегаполисов, является поиск баланса между, с одной стороны, относительными экономическими выгодами роста промышленного производства на устаревшей производственной базе и дальнейшей эксплуатации существующей городской инфраструктуры (в России характеризующейся высоким износом, низкими уровнями энергопроизводительности и технологичности) и, с другой – требованиями к ужесточению экологического регулирования, ускоренному внедрению экологически чистых технологий в энергетическом, транспортном, коммунальном и строительном секторах городского хозяйства, созданию новых высокотехнологичных промышленных производств, что отражает интересы общества по стабилизации и в перспективе сокращению накопленных объемов загрязнения окружающей среды и созданию новых высокопроизводительных рабочих мест. В современной глобальной экономике, с обостряющейся конкуренцией стран, компаний и крупнейших городов за человеческий капитал, удержание имеющихся и завоевание новых рынков сбыта продукции, развитие промышленного производства без должного учета «зеленого» фактора не имеет перспективы, по крайней мере, долгосрочной. В то же время улучшение экологической обстановки ценой резкого сокращения промышленного производства контрпродуктивно по социально-экономическим причинам, и может быть достигнуто только благодаря модернизации технологий производства и управления в промышленном секторе экономики и инфраструктуры мегаполисов (подробнее см. ниже).

Глобальные изменения климата в последние два десятилетия стали другим большим вызовом и, одновременно, драйвером «зеленого» фактора развития мировой экономики в целом и крупнейших мегаполисов, в частности. Это проявляется в росте экономического ущерба и усилении угроз здоровью и безопасности жителей мегаполисов от повышения температуры приземного воздуха, увеличения объемов осадков и ветровых нагрузок, усиления интенсивности погодно-климатических аномалий (волн жары, ураганов и т.д.) [10-12].

При этом последствия изменений климата носят противоречивый характер. Если многие (в первую очередь, приэкваториальные и прибрежные) территории могут стать малопродуктивными для

обитания, например, в результате опустынивания или частичного затопления (что создает масштабные долгосрочные риски качества жизни населения расположенных на этих территориях мегаполисов), то погодно-климатические условия ряда территорий, наоборот, будут становиться более привлекательными для жизнедеятельности и хозяйственного освоения. В полной мере указанная особенность относится и к России. К благоприятным для отечественной экономики и крупных российских городов тенденциям можно отнести постепенное сокращение длительности отопительного сезона, благоприятное для развития сельского хозяйства и ряда других отраслей экономики смягчение суровых погодно-климатических условий на значительной части территории страны. Тем не менее совокупный эффект отдельных благоприятных последствий изменений климата для мирового хозяйства, в том числе российской экономики в период до 2030 г. и в дальнейшей перспективе будет характеризоваться заметным превышением издержек (включая, прежде всего, ущерб от волн жары, наводнений и других опасных природных явлений; усиление засухливости на юге страны; ущерб инфраструктуре из-за последствий деградации многолетней мерзлоты, таких как подтопления, деформации и др.) над упомянутыми ожидаемыми выгодами³.

Наблюдаемые и ожидаемые перемены в условиях хозяйствования являются настолько существенными, что не только в научный оборот, но и в политический лексикон прочно вошли термины «низкоуглеродная экономика» и «климатическая экономика», подразумевающие хозяйственные системы, в которых до технологически и экономически возможного минимума сокращены выбросы парниковых газов в атмосферу и обеспечены эффективные меры адаптации к так называемому остаточному риску (последствиям изменений климата, которые невозможно или не удастся предотвратить). Переход к таким типам экономики⁴ будет приводить к коренным изменениям в производственно-технологической структуре основного капитала, формированию новых моделей промышленного производства, трансформации стилей потребления, существенным изменениям городской среды и условий жизни населения мегаполисов.

³ Подробнее об ожидаемых последствиях изменений климата для экономики РФ см. [13-14].

⁴ Здесь авторы не дают оценки эффективности моделей низкоуглеродной и климатической экономики для снижения климатических рисков устойчивому развитию. Подробно этой теме посвящены специальные публикации одного из авторов этой статьи, находившиеся на момент сдачи рукописи данной статьи в печати. (См.: [15]).

Парадигма «зеленого» роста и долгосрочные приоритеты развития мегаполисов. Эколого-климатические риски и вызовы устойчивому развитию свидетельствуют о необходимости системных изменений в стратегиях социально-экономического развития мегаполисов, предусматривающих решение ключевых экономических (рост, производительность труда, занятость), экологических (ресурсоэффективность, природосбережение, устойчивость к последствиям изменений климата) и социальных (сокращение бедности и неравенства) приоритетов. Такие императивы сформулированы в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., принятой Генеральной Ассамблеей ООН в октябре 2015 г. [16] и Новой повестке дня развития городов (New Urban Agenda), принятой годом позже на Конференции ООН по жилью и устойчивому городскому развитию (Хабитат-III) и одобренной Генеральной Ассамблеей ООН 23 декабря 2016 г. Данная стратегическая программа предусматривает «пересмотр методов планирования, проектирования, финансирования, развития, управления и регулирования городов» [17, с. 2] в контексте реализации целей устойчивого развития (ЦУР), в частности, ЦУР № 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов».

В соответствии с общепризнанным в мире в настоящее время подходом определяющую роль в решении указанных задач развития мегаполисов играет, во-первых, развитие новых технологий, в первую очередь, экологически чистых и экологически ориентированных («зеленых») ⁵, цифровых, нано-, био- и др. групп технологий. Вместе они составляют основу формирующегося в настоящее время шестого технологического уклада, который, по прогнозам, должен вступить в фазу активного роста уже во второй половине 2020-х – 2030-х годов (подробнее см. [18]). Во-вторых, формирование новых источников и моделей экономического роста, позволяющих существенно ослабить ставшую в последние десятилетия критической зависимость обеспечения экономического роста от чрезмерного увеличения потребления невозобновляемых энергетических и др. видов природных ресурсов, а также масштабов антропогенного воздействия, превышающего возможности биосферы и экосистем планеты к сохранению устойчивости. Именно на это, в конечном счете, нацелены стратегии экономического и научно-технического развития ведущих стран мира, включая Рос-

⁵ Иными словами, технологий, направленных на решение различных экологических и климатических проблем и вызовов.

сию и ее Стратегию научно-технологического развития [19], а также стратегии развития многих мировых мегаполисов.

Указанные процессы резко активизировались в условиях мирового экономического кризиса 2008-2009 гг., поскольку инвестиции в «зеленые» технологии начали рассматриваться ведущими промышленно-развитыми и развивающимися экономиками, а также властями мегаполисов как ключевой компонент антикризисной политики и инструмент запуска новой длинной волны экономического роста⁶. В этот период начали разрабатываться, в том числе при активном участии экспертов Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), методологические основы формирования в мире «зеленой» экономики как особой подсистемы мирового хозяйства и прообраза экологически устойчивой и социально справедливой экономики будущего⁷, предусматривающей переход к новому – «зеленому» – типу экономического роста. Отметим, что развитые страны-члены ОЭСР в 2009 г. провозгласили, а с 2011 г. приступили к реализации в своих экономиках стратегий «зеленого» роста (см. [23]).

На уровне мегаполисов политика «зеленого» роста была в наиболее общем виде определена ОЭСР как «стимулирование экономического роста и развития мегаполисов за счет реализации городских программ и проектов, направленных на сокращение негативных экологических экстерналий и воздействия на природные ресурсы и экосистемные услуги» [24, р. 15]. Это отражает основные долгосрочные направления технологической и градостроительной модернизации мегаполисов: оптимизация использования энергии и природных ресурсов; улучшение качества окружающей среды; адаптация и повышение жизнестойкости к природным катастрофам и последствиям изменений климата.

В рамках указанных долгосрочных модернизационных процессов городского хозяйства следует учитывать уже упоминавшуюся выше противоречивую роль мегаполисов как ключевых генераторов экономического роста, а также драйверов перехода к «зеленому» росту экономики, с одной стороны; с другой стороны – как зоны повышенной уязвимости к факторам экологических и климатических рисков, что осложняет решение задачи перехо-

⁶ Подробнее о роли «зеленой» экономики в антикризисных стратегиях см.: [20-21].

⁷ В 2011 г. ЮНЕП выпустила капитальный доклад с обоснованием концепции и перспектив развития в мире «зеленой» экономики. См. [2]. Версия на рус. яз. см. [22].

да мегаполисов к «зеленому» росту. Как показывает анализ опыта мировых мегаполисов, данный процесс требует системного подхода и учета уникального для каждого мегаполиса набора экономико-географических и технологических характеристик. Такие характеристики включают: географическое положение, экономическую специализацию и структуру городского хозяйства, технологический уровень и техническое состояние объектов энергетической, транспортной и коммунальной инфраструктуры, подверженность конкретным эколого-климатическим рискам, уровень интеграции в мировую экономику и участия в международных координационных проектах и инициативах в области устойчивого развития и т.д.

Модель и детерминанты «зеленого» роста мегаполисов.

Процесс перехода мегаполисов к «зеленому» росту включает реализацию комплекса мер, инструментов и стратегических решений, направленных, во-первых, на поддержание эффективной «среды» для экономического роста, включающей обеспечение мегаполиса достаточным уровнем человеческого капитала, качественной инфраструктурой, а также эффективными механизмами инновационного развития. Во-вторых, на использование системы инструментов стимулирования внедрения в хозяйстве мегаполисов «зеленых» технологий, развитие «зеленых» секторов и производств (рис. 3).

В число таких инструментов входит совершенствование государственного регулирования (как на уровне мегаполиса, так и на уровне национальной экономики); осуществление государственных (муниципальных) расходов, в том числе государственных закупок; использование финансовых инструментов: налоговых льгот и налоговых каникул, фискального стимулирования (например, регулирования цен на топливо с целью расширения использования общественного транспорта), выпуска ценных бумаг (в том числе «зеленых» облигаций и других инструментах «зеленого» финансирования⁸); политика по изменению моделей потребления, в том числе путем реализации образовательных программ и внедрения систем экологической маркировки товаров.

⁸ Подробнее о проблемах и возможностях использования «зеленого» финансирования городами см., например: [25]. Подробнее о развитии «зеленого» финансирования в контексте задач модернизации экономики России см. статью [26].



Рис. 3. Модель политики «зеленого» роста мегаполиса

Источник: [4, p. 37] с уточнениями авторов.

Еще одним ключевым элементом политики перехода мегаполисов к «зеленому» росту является поддержка внедрения конкретных групп «зеленых» технологий и экологизации хозяйственных и инфраструктурных секторов экономики мегаполисов, в первую очередь, энергетического и транспортного комплексов, зданий, коммунальных систем, технологий повышения энерго- и ресурсоэффективности, сбора и переработки твердых коммунальных и промышленных отходов, технологий очистки и сокращения вредных выбросов, развития секторов «зеленых» услуг, технологий, повышающих эффективность использования природных ресурсов, а также снижающих уровни загрязнения окружающей среды.

При этом принципиальной является тесная взаимосвязь процессов модернизации указанных секторов и групп технологий, что делает необходимым использование системного подхода при планировании такой модернизации в рамках единой долгосрочной стратегии развития мегаполисов. Именно это открывает возможности для максимизации ключевых целевых показателей, к которым относятся: создание на территории мегаполисов новых рабочих мест, увеличение потребления «зеленой» продукции и услуг, повышение привлекательности мегаполисов для населения, бизнеса и инвесторов. Дадим краткую характеристику основных групп «зеленых» технологий и секторов (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика «зеленых» секторов, групп технологий
и влияния их внедрения на городскую среду и
качество жизни населения мегаполисов**

Сектор/Группа технологий	Содержание	Влияние на городскую среду и качество жизни населения
1	2	3
«Зеленое» промышленное производство	«Зеленая» модернизация действующих на территории мегаполисов промышленных предприятий (минимизация опасных для здоровья населения выбросов и отходов, повышение энерго- и ресурсоэффективности производства, повышение жизнестойкости производств и бизнес-процессов к воздействию природных катастроф).	Формирование в мегаполисах инновационных производственных комплексов, базирующихся на применении технологий аддитивного производства, робототехники, производственных и сервисных цепочек замкнутого цикла, передовых систем фильтрации и очистки вредных выбросов.
«Зеленая» энергетика	Повышение энергоэффективности, внедрение ВИЭ, развитие «умных» энергетических сетей.	Высокотехнологичная модернизация энергосистем мегаполисов на базе «умных» сетей и активного использования распределенной генерации электроэнергии, оптимизация режимов энергопотребления населением и предприятиями. Снижение потерь топлива и электроэнергии в энергосетях. Сокращение выбросов CO ₂ .
«Зеленое» строительство («зеленые» здания)	Проектирование и возведение новых зданий в соответствии с внутренними и международными стандартами «зеленого» строительства – т.е. зданий, обеспечивающих при эксплуатации высокую энергоэффективность.	Постепенный переход новых зданий к самостоятельной генерации электроэнергии на базе ВИЭ и обусловленная этим трансформация энергетической и коммунальной инфраструктур. Сокращение выбросов CO ₂ .
«Зеленый» транспорт	Увеличение доли электромобилей, развитие общественного транспорта, изменения в моделях использования автомобилей (совместное использование (каршеринг), почасовая аренда и т.д.).	Стабилизация и в перспективе сокращение уровней загрязнения атмосферного воздуха и шума. Уменьшение уязвимости населения от волн жары (обусловленное снижением уровня загрязнения атмосферного воздуха). Развитие инфраструктуры для зарядки электромобилей, массовый отказ от владения личным автотранспортом в пользу перехода к его использованию как сервису. Сокращение выбросов CO ₂ .

1	2	3
Ресурсоэффективные технологии	Модернизация городской коммунальной инфраструктуры, внедрение высокотехнологичных инструментов мониторинга состояния коммунальных сетей.	Стабилизация и в перспективе снижение объемов потребляемых материальных ресурсов.
Инновационные технологии и системы рационального использования ресурсов и управления отходами	Освоение технологий малоотходного производства и замкнутого производственного цикла (жизненного цикла изделий), раздельный сбор мусора, значительное повышение доли вторичной переработки отходов.	Стабилизация и в перспективе сокращение объема генерируемых отходов. Постепенное внедрение принципов экономики замкнутого цикла. Существенное снижение загрязнения окружающей среды, включая ликвидацию свалок, и уменьшение негативных последствий для здоровья населения мегаполисов. Увеличение долговечности товаров. Создание новых рабочих мест, связанных со вторичной переработкой продукции и материалов.

Источник: составлено авторами.

Основные секторы «зеленой» экономики мегаполисов. Ядром формирующейся «зеленой» экономики мегаполисов являются «зеленые» инновации в энергетике, а также в строительстве и эксплуатации зданий, в системе ЖКХ (прежде всего, управление отходами) и на транспорте. В настоящее время в мировых мегаполисах активно реализуются масштабные проекты, направленные, во-первых, на повышение энергоэффективности городской инфраструктуры *в энергетике* и за счет модернизации оборудования, и на основе развития интеллектуальных («умных») сетей распределения (передачи) электроэнергии (smart grid); во-вторых, на постепенную интеграцию в городскую энергосистему новых – в первую очередь возобновляемых и экологически чистых – источников энергии (ВИЭ) и связанной с ними распределенной генерацией электроэнергии; в-третьих, развитие автотранспорта на электрических и гибридных двигателях. Эти технологии уже меняют облик современных городов и в долгосрочной перспективе ведут к переходу к новой энергетической парадигме, базирующейся на гибкой децентрализованной низкоуглеродной и экологически чистой энергетической инфраструктуре. Об этом свиде-

тельствуется амбициозная международная инициатива, учрежденная 4 декабря 2015 г., в рамках которой мэры 700 мировых городов декларировали стратегическую цель по полному переходу на ВИЭ в энергоснабжении своих городов к 2050 г. (100% Renewable Energy Initiative) [27].

Одним из наиболее значимых трендов, в перспективе способным коренным образом изменить городскую среду и инфраструктуру мегаполисов, является ожидаемый в будущем технологический переход зданий от потребления к самостоятельной генерации электроэнергии. За период 2010-2014 гг. в мире совокупная мощность солнечных панелей, установленных на крышах зданий более чем утроилась с 30 ГВт до 100 ГВт. По прогнозу Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA), к 2030 г. этот показатель может достигнуть 580 ГВт [28, р. 21]. Сан-Франциско стал первым в мире мегаполисом, в котором на законодательном уровне утверждено обязательное оборудование солнечными панелями крыш всех новых зданий высотой до 10 этажей, вводимых в эксплуатацию с января 2017 г., что должно внести вклад в амбициозную стратегию мегаполиса, предусматривающую переход к 100%-ному обеспечению электроэнергией из возобновляемых источников к 2030 г. [29]. Отметим, что наряду с непосредственным эколого-экономическим эффектом таких инноваций, происходит и изменение городской среды, в том числе принципов градостроительного планирования. Например, в штате Калифорния законодательно закреплено требование к проектам всех новых зданий оставлять не менее 15% площади их крыш открытой для попадания солнечного света для возможности последующей установки на них солнечных панелей.

Согласно данным некоммерческой исследовательской организации CDP, собравшей статистику по использованию источников энергии 530 городов мира, 101 город использует ВИЭ для генерации не менее 70% электроэнергии, а 43 города (из них 30 – в Латинской Америке) полностью перешли на экологически чистую энергию. Только за первые 6 месяцев 2018 г. европейские города инициировали инвестиционные проекты в ВИЭ на общую сумму 1,7 млрд. долл., города Латинской Америки – на 183 млн. долл., Африки – на 23 млн. долл. [30]. В то же время подавляющая часть из этих 530 городов – средние и малые города, а наиболее крупными являются Стокгольм, Осло, Сиэтл, Монреаль, Ванку-

вер, Бразилиа, Оклэнд и Найроби. Кроме того, основным источником ВИЭ выступает гидроэнергетика.

Развитие «зеленых» строительных технологий в мегаполисах предполагает переход к проектированию зданий, использующих наряду с инновациями в энергетике, передовые технологии очистки и повторного использования воды, а также переработки отходов. Например, как показывает анализ эксплуатации «зеленых» зданий в США, они в среднем потребляют на 25-30% меньше энергии по сравнению с обычными зданиями. При совокупном объеме дополнительных инвестиций от 11 до 33 долл./кв. м площади «зеленого» здания, ежегодная экономия затрат на энергию достигает 4-11 долл./кв. м. В результате, период окупаемости таких проектов может составлять в среднем три-четыре года (подробнее см. [31, р. 31]). Примеры некоторых проектов «зеленых» зданий в США демонстрируют их существенный потенциал и в экономии воды: до 30% для внутреннего потребления и до 50% расхода воды на орошение прилегающей территории (для условий Калифорнии) [32, р. 40].

В целом «зеленое» строительство как вид экономической деятельности и одну из главных сфер применения энергоэффективных и экологически чистых технологий и оборудования, правомерно рассматривать как акселератор и важнейший фактор устойчивого развития и «зеленого» роста экономики мировых и российских мегаполисов уже в обозримой перспективе.

Основными направлениями «зеленых» инноваций в транспортном комплексе в мегаполисах являются расширение использования электромобилей, развитие общественного транспорта, оптимизация транспортных потоков, в том числе за счет распространения новых моделей использования легкового автотранспорта, включая совместное использование (каршеринг), а также сервисы почасовой аренды автомобилей. За последние годы наблюдается значительный технологический прогресс производства аккумуляторных батарей электромобилей, цена кВт·ч электроэнергии которых сократилась в среднем с 1000 долл. в 2010 г. до 209 долл. в конце 2017 г. (т.е. на 79%) [33]. По прогнозу IRENA, совокупный общемировой парк электромобилей в ближайшее десятилетие может возрасти на два порядка: с 1,3 млн. шт. на конец 2016 г. до 160 млн. к 2030 г. [28, р. 25]. Согласно новейшему прогнозу, подготовленному в 2018 г. Bloomberg New Energy Finance

(BNEF), ежегодный объем продаж электромобилей в мире достигнет 11 млн. в 2025 г. и 30 млн. в 2030 г., в котором, как ожидается в соответствии с данным прогнозом, себестоимость электродвигателей должна стать ниже себестоимости двигателей внутреннего сгорания. Совокупный общемировой парк электромобилей в 2040 г. оценивается экспертами BNEF на уровне 559 млн. шт., что составит 33% парка автомобилей [33]. Кроме того, активно будет расти парк велосипедов и скутеров, по прогнозу IRENA с 235 млн. шт. в 2014 г. до 900 млн. шт. в 2030 г. [28, p. 26].

«Зеленые» технологии в управлении отходами. Города и особенно мегаполисы являются крупнейшими эмитентами твердых коммунальных отходов (ТКО). По оценке Всемирного банка совокупный объем ТКО городов за десятилетие 2002-2012 гг. возрос приблизительно в 2 раза до 1,3 млрд. т в год, а к 2025 г. должен вырасти еще примерно вдвое до 2,2 млрд. т (1,42 кг/чел. в день (табл. 2).

Таблица 2

Динамика генерации ТКО городами мира в 2002-2025 гг.
(оценка и прогноз Всемирного банка)

Показатель	2002 г.	2012 г.	2025 г. (прогноз)
Объем ТКО в день, кг/чел.	0,64	1,2	1,42
Численность городского населения, млрд. чел.	2,9	3,0	4,3
Совокупный объем ТКО в год, млрд. т	0,68	1,3	2,2

Источник: [34, p. 2].

Задачи в области управления отходами в мегаполисах развитых и развивающихся стран существенно различаются. Для многих стремительно растущих мегаполисов развивающихся стран одной из наиболее острых проблем является организация базовой системы сбора ТКО, которая должна справляться с объемами мусора, темп роста которых превышает темп роста численности населения, притом, что последняя во многих городах Азии и Африки растет рекордными темпами. Например, численность населения Киншасы, мегаполиса Республики Конго, с 1990 по 2014 гг. возросла в 2,75 раза (с 4 до 11 млн. чел.), в то время как ежегодный объем генерируемого мусора за указанный период – в 3 раза. По оценкам, к 2030 г. в данном мегаполисе будет проживать около 20 млн. чел., а объем генерируемых ими ТКО увеличится еще в 2 раза. Таким об-

разом, перед властями Киншасы стоит задача обеспечить сбор мусора в условиях, когда численность населения города в течение 40 лет возрастает в 5 раз, а объемы ТКО – в 6 раз [35, р. 59].

В то же время города и мегаполисы развитых стран в настоящее время активно решают задачу технологического перехода к новой парадигме управления отходами, базирующейся на принципах безотходного производства и экономики замкнутого цикла (circular economy), в которой утрачивается само понятие отходов, которые превращаются в ресурсы последующих стадий (фаз) переработки⁹. Основная решаемая при этом задача – отделение экономического роста от объема потребления первичных природных ресурсов [38, р. 6]. Переориентация мегаполисов на принципы экономики замкнутого цикла – системное изменение, существенно трансформирующее всю их экономическую систему, начиная от дизайна и проектирования продукции и заканчивая всеми используемыми техническими решениями и оборудованием. К числу ключевых принципов производства в рамках модели экономики замкнутого цикла можно отнести три [39]:

- пересмотр подходов к проектированию производственных систем и продукции с целью максимально полного устранения всех выбросов вредных веществ (включая CO₂) и отходов в течение всего срока их эксплуатации, в том числе при поставках готовой продукции, ее эксплуатации и утилизации;
- переход к проектированию и изготовлению товаров, ориентированных на вторичное использование и переработку, в том числе в рамках замкнутых внутрикорпоративных цепочек переработки;
- снижение нагрузки на природную среду и экосистемные услуги мегаполисов, что создает возможности для восстановления городских природных систем, например, почвы, а также для накопления мегаполисами природного капитала.

Указанные изменения потенциально содержат множественные синергетические эффекты для экономики и повышения качества жизни в мегаполисах. Например, создание цепочек вторичной переработки продукции и материалов будет стимулировать локализацию производства внутри мегаполиса, что приведет к созданию дополнительных рабочих мест. Преимуществами для жителей могут стать также потенциальное увеличение долговечности

⁹ Подробнее о парадигме экономики замкнутого цикла см.: [36-37].

продукции (хотя нельзя исключать, что внедрение указанных инноваций, наоборот, будет вести к использованию легко разлагаемых материалов и к практике частой замены товаров при их низкой себестоимости). Наконец, развитие технологий замкнутого цикла может привести к изменениям городской среды, в частности, распространению модульных офисных и жилых помещений, которые могут по запросу менять свою функциональность и назначение (подробнее см. [38, p. 11]).

Вместе с тем отметим, что внедрение принципов и технологий замкнутого цикла – долгосрочный процесс, требующий на практике преодоления множества технологических, финансово-экономических и организационных барьеров, к числу которых относятся: недостаточный уровень развития технологий; высокая капиталоемкость инвестиций со сравнительно длительными периодами окупаемости; неадаптированность нормативно-правовой базы; инерция потребительских моделей поведения, в частности, потребительская установка, что приобретение нового товара, например, автомобиля, является более престижной, чем использование института аренды [38, p. 19].

«Зеленое» промышленное производство. Учитывая сравнительно высокую долю обрабатывающих производств в структуре экономики мегаполисов США, ЕС и ряда развивающихся стран (например, в мегаполисах Китая достигающих 38%, Германии – 23%), а также высокий мультипликативный эффект обрабатывающих производств по созданию рабочих мест в экономике мегаполисов, одним из важных компонентов перехода мегаполисов к «зеленому» росту является формирование на их территории инновационных производственных комплексов, базирующихся на принципах «зеленого» (устойчивого) производства. С точки зрения развития мегаполисов и повышения качества жизни их населения, можно выделить два важнейших направления данного тренда: 1) «зеленая» модернизация действующих на территории мегаполисов промышленных предприятий и 2) создание промышленных парков (кластеров) новых, в первую очередь высокотехнологичных промышленных производств.

«Зеленая» модернизация действующих промышленных предприятий предусматривает, во-первых, максимально интенсивное с учетом технологических и экономических ограничений снижение негативного воздействия предприятий на окружающую среду

путем модернизации систем фильтрации вредных выбросов, внедрения инновационных технологий переработки промышленных отходов. Во-вторых, повышение энергоэффективности и ресурсоэффективности производственной базы для обеспечения их долгосрочной конкурентоспособности на внутреннем и/или мировом рынках (в зависимости от их специализации).

Весьма перспективной с точки зрения модернизации экономики мегаполисов и повышения качества жизни их населения представляется стратегия создания на их территории высокотехнологичных «зеленых» производственных кластеров, производственная база и инфраструктура которых будет соответствовать требованиям нового шестого технологического уклада как с точки зрения достижения высокой энерго- и ресурсной производительности, так и с позиций обеспечения новых стандартов качества жизни населения за счет реализации принципов безотходности (малоотходности), низкоуглеродости, минимизации вредных промышленных выбросов.

Некоторые проблемы и вызовы «зеленого» роста в мегаполисах. Высокая интенсивность инноваций и инвестиций в различных секторах и сегментах мировой «зеленой» экономики, планирование и реализация в ведущих мегаполисах масштабных «зеленых» проектов позволяют прогнозировать, что уже к 2050 г. «зеленые» технологии и другие группы технологий шестого технологического уклада могут коренным образом трансформировать городскую среду и войти в число факторов, определяющих качество жизни населения мегаполисов. Вместе с тем, в настоящее время активный процесс перехода к «зеленому» росту только разворачивается (а в российских мегаполисах едва начинается) и характеризуется наличием ряда важных технологических, организационных и управленческих вызовов.

Уникальность каждого мегаполиса и крупного города мегаполисного типа, определяемая, как отмечалось выше, его географическим положением, экономической специализацией, внешним окружением и множеством других факторов, может в значительной мере ограничивать потенциал экологически ориентированного развития мегаполиса. Например, в крупных промышленных городах, в структуре которых доминируют экологически опасные производства, имеется существенно меньше возможностей для улучшения экологической обстановки по сравнению с городами, не являющимися промышленными центрами. Аналогично, рас-

положение города рядом с экологически опасными производствами крайне затрудняет его возможности по переходу к устойчивому развитию, поскольку источник угроз и рисков здоровья и качества жизни населения находится вне территории, и часто сферы влияния властей, такого города.

Широкое использование «зеленых» технологий затруднено рядом экономических и технологических рисков. В первую очередь, недостаточно быстрый прогресс в развитии технологий, темпов сокращения их себестоимости, связанный, в том числе, с колебаниями рыночной и политической конъюнктуры, влияющих, например, на динамику цен на нефть, добычи сланцевого газа и сланцевой нефти, дальнейшего повышения КПД оборудования, сохранения стратегической заинтересованности государств, бизнеса и городов в осуществлении перехода на низкоуглеродные источники энергии, которые в решающей степени определяют масштабы и интенсивность использования ВИЭ, особенно солнечной и ветряной энергетики. Серьезным риском массового внедрения «зеленых» технологий, особенно в энергетике, строительстве, на транспорте является дефицит редкоземельных металлов, в частности лития, которые широко используются и являются незаменимыми компонентами при изготовлении солнечных панелей, аккумуляторов для электромобилей и т.д.

Кроме того, внедрение инновационных «зеленых» технологий может иметь побочные негативные эффекты для экологии и здоровья, которые могут не сразу быть выявлены, либо недооцениваются. Например, при производстве фотогальванических элементов солнечных электростанций используются токсичные технологии. В настоящее время отсутствуют доступные технологии экологически безопасной утилизации аккумуляторных батарей электромобилей, использующих токсичные литий-содержащие соединения. С учетом прогнозов роста мирового парка электромобилей это может стать масштабной экологической проблемой. Ветрогенераторы, установленные на суше, являются источником сильного низкочастотного шума (более 100 дБ), что вдвое превышает нормы и негативно влияет на здоровье человека и урожайность сельскохозяйственных культур (подробнее см. [18, с. 64-66]).

Что касается «зеленых» зданий, то при их проектировании и конструировании широко используются новые, включая экспериментальные, материалы и инженерные системы, которые, как

показывают данные исследований, могут нести определенные риски для здоровья. Так, было установлено, что используемые в «зеленых» зданиях материалы часто содержат химикаты различных типов [40]. Одним из возможных рисков при эксплуатации «зеленых» зданий является возникновение сырости и плесени из-за нарушений в системах водообмена, вентиляции и кондиционирования зданий (подробнее см. [41-42]). Кроме того, было выявлено, что особенности технологических процессов возведения «зеленых» зданий, в частности, монтажа солнечных панелей на крышах, ведут к росту более чем на 50% числа случаев травм у строителей по сравнению с проектами строительства обычных зданий [43].

Приведенные примеры демонстрируют необходимость интеграции экологической экспертизы и оценки социально-экологической эффективности новых технологий, обязательной при принятии решений о развитии городов, особенно мегаполисов, со сравнительным анализом и оценкой выгод и рисков внедрения «зеленых» технологий по отношению к варианту продолжения использования традиционных технологий. Это позволит своевременно выявлять потенциальные угрозы здоровью и качеству жизни населения, особенно при реализации серийных строительных и инженерных проектов, характерных для мегаполисов.

О приоритетах «зеленых» технологий в российских мегаполисах. Российские мегаполисы и города мегаполисного типа в целом пока не слишком активны в разработке и реализации стратегий «зеленого» роста. Однако имеются внушающие оптимизм примеры внедрения «зеленых» технологий в ряде крупных городов, в том числе сооружение сетей зарядных станций для электромобилей; постепенное, хотя и крайне медленное проникновение в городскую среду ВИЭ (например, установка в Москве ряда видов устройств на солнечных батареях: паркоматов, wi-fi станций в некоторых парках, станций городского велопроката, светофоров на пешеходных переходах, некоторых уличных фонарей [44]). Построены несколько десятков «зеленых» зданий в Москве и Санкт-Петербурге, в том числе с использованием солнечных панелей, что, конечно, можно считать лишь первыми шагами по интеграции «зеленых» технологий в городскую среду российских мегаполисов.

Ограниченные темпы и масштабы использования «зеленых» технологий в российских мегаполисах обусловлены рядом объективных и субъективных факторов. К объективным факторам

можно отнести, прежде всего, сложившиеся особенности российской экономики: упор на богатство отечественной минерально-сырьевой базы и развитие топливно-энергетического комплекса, которое играет и в обозримом будущем сохранит ключевую роль в обеспечении устойчивости социально-экономического развития и национальной безопасности страны. В то же время, такая ориентация в сочетании с сохраняющимся технологическим отставанием этих секторов экономики от ведущих компаний развитых стран обуславливает высокую материалоемкость и энергоёмкость производства и сдерживает внедрение ресурсоэффективных технологий. Россия испытывает их крайний дефицит, что доказывают, в частности, намного более низкие (более чем вдвое уступающие ведущим экономикам) уровни продуктивности использования первичных ресурсов¹⁰, в том числе – эффективности использования энергетических и водных ресурсов, и переработки промышленных отходов [8].

Сложившаяся ситуация в большинстве крупных российских городов, характеризующаяся высоким физическим и моральным износом оборудования промышленных предприятий, объектов городской инфраструктуры, использованием устаревших технологий на ТЭС и бытовых котельных, наносит серьезный ущерб здоровью населения¹¹ и ограничивает возможности формирования новых стандартов качества жизни. Кроме того, она несет в себе значительные стратегические риски существенного ослабления конкурентных позиций России на мировом рынке, на котором усиливается конкуренция в области энергоэффективности и ресурсоэффективности промышленных производств, а также действуют строгие и постоянно ужесточающиеся эколого-климатические нормативы качества продукции (в том числе, нормативы уровня содержания углерода как индикатора объема выбросов парниковых газов в процессе промышленного производства).

В этих условиях государственная политика, направленная на повышение экологических требований к отечественным произ-

¹⁰ По этому показателю Россия отстает от мирового лидера – Японии – на 25-30 лет. См. [45].

¹¹ Как отмечалось в Послании Президента России Федеральному собранию Российской Федерации 1 марта 2018 г.: «Трудно говорить о долгой и здоровой жизни, если до сих пор миллионы людей вынуждены пить воду, которая не соответствует нормам, если выпадает чёрный снег, как в Красноярске, а жители крупных промышленных центров из-за смога неделями не видят солнца, как в Череповце, Нижнем Тагиле, Челябинске, Новокузнецке и некоторых других городах». См. [46].

водствам, является императивом инновационной модернизации российской экономики. Особенно актуален переход экономической политики к опоре на принципы использования наилучших доступных технологий, которые отражают баланс между возможностями соответствующего сектора хозяйства и экономики страны в целом, с одной стороны, и требованиями рационального природопользования и экологической безопасности, с другой стороны [46]. С 2019 г. на экологичные, наилучшие доступные технологии должны перейти 300 промышленных предприятий, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, а с 2021 г. – все предприятия с высокой категорией риска для окружающей среды.

Таким образом, главный приоритет «зеленого» роста крупных российских городов – технологическая модернизация реального сектора экономики и городской инфраструктуры, что решает сразу две стратегических задачи инновационного развития – повышения ресурсной эффективности и экологической чистоты промышленных производств, а также интенсификации темпов экономического роста, в том числе в городах, включая мегаполисы. Наряду с технологической модернизацией промышленной базы и городской инфраструктуры в крупных городах России целесообразны масштабные инвестиции в рациональное природопользование, прежде всего земельных и водных ресурсов. В первую очередь это касается решения острой проблемы накопленных объемов ТКО и промышленных отходов, требующей отдельной стратегии как на федеральном уровне, так и на уровне регионов и отдельных крупных городов.

В связи с этим разрабатываемые в настоящее время на федеральном и региональном уровнях программы в рамках национального проекта «Экология» во исполнение Указа Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 07.05.2018 № 204 ФЗ, должны стать катализатором масштабных «зеленых» инноваций в крупных российских городах. В частности, в традиционных промышленных центрах с крайне высоким уровнем загрязнения окружающей среды, к числу которых относится один из крупнейших российских мегаполисов – Красноярск. Сформулированные в упомянутом Указе цели и задачи, актуальные с точки зрения повышения качества жизни в российских мегаполи-

сах и городах мегаполисного типа [47], включают: снижение (с учётом сводных расчётов допустимого в этих городах негативного воздействия на окружающую среду) уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, в том числе уменьшение не менее чем на 20% совокупного ежегодного объёма выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в наиболее загрязнённых городах, включая (помимо Красноярска) Братск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Читы. Кроме того, ликвидацию всех выявленных на 1 января 2018 г. несанкционированных свалок в границах городов; создание условий для вторичной переработки всех запрещённых к захоронению отходов производства и потребления; применение всеми объектами, оказывающими значительное негативное воздействие на окружающую среду, системы экологического регулирования, основанной на использовании наилучших доступных технологий.

Безусловно, реализация на практике сформулированных в Указе направлений в столь сжатые (до 2024 г.) сроки, представляет собой серьёзный вызов как с точки зрения темпов развития и внедрения «зеленых» технологий, так и с позиций аккумулирования необходимых финансовых ресурсов, совокупный объём которых в случае реализации всех заявленных целей и проектов может исчисляться триллионами рублей. Кроме того, для достижения поставленных в Указе целей и задач потребуются существенные институциональные изменения. Они включают развитие соответствующей нормативно-правовой базы, которая должна, с одной стороны, обеспечивать единые для всей территории страны подходы, требования и стандарты; с другой стороны, учитывать региональную специфику и предусматривать повышение эффективности функционирования органов власти, особенно на региональном уровне.

Тем не менее, настойчивое стремление и упорная работа всех субъектов экономики по достижению упомянутых целей и задач, прежде всего в сфере инфраструктуры, будут способствовать развитию городской среды мегаполисов, повышению ее комфортности и безопасности, а также освоению российскими городами передовых практик и стандартов качества жизни, основанных на синтезе высоких технологий и рациональной градостроительной политики, что и, в конечном счете, приведет к повышению уровня и качества жизни горожан и населения России в целом.

Литература и информационные источники

1. WWF (2016). *Living planet report 2016. Risk and resilience in a new era*. 144 p.
2. UNEP (2011). *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*. 631 p.
3. Kennedy et al. (2015). *Energy and material flows of megacities, Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. Vol. 112. Issue 19. P. 5985-5990.
4. Hammer S. et al. (2011). *Cities and green growth: A conceptual framework // OECD Regional Development Working Papers*. 2011/08. Paris, OECD Publishing. 141 p.
5. *The Global Commission on the economy and climate (2014). Better growth – better climate: The new climate economy. Synthesis report*. Washington DC: World Resources Institute. 72 p.
6. *The World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation (2016). The Cost of Air Pollution Strengthening the Economic Case for Action*. Washington, DC: The World Bank. 122 p.
7. *Aiming Low // Economist*, March 12th 2016. P. 51.
8. Доклад об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. М.: Государственный Совет Российской Федерации, 2016. 312 с.
9. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации. Цели устойчивого развития ООН и Россия / Под ред. С.Н. Бобылева и Л.М. Григорьева. М.: Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с.
10. IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Core writing team, Pachauri R.K. and L.A. Meyer (eds.), IPCC, Geneva, Switzerland. 151 p.
11. WMO (2016). *The Global Climate in 2011-2015*. WMO-No. 1179. 28 p. URL: http://ane4bf-datap1.s3-eu-west-1.amazonaws.com/wmo-cms/s3fs-public/1179_EN.pdf?WevaJ8QISSntCjcWd7OYyZfhIDKuews9 (accessed: 10.10.2017).
12. WMO (2017). *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016*. WMO-No. 1189. 24 p. URL: http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414 (accessed: 10.10.2017).
13. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. Росгидромет. М.: Д'Арт, 2011. 252 с.
14. Порфирьев Б.Н., Катцов В.М. Изменения климата и их последствия для населения и экономики России: императивы и приоритет стратегии адаптации // Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год. Экологические приоритеты для России / Под ред. С.Н. Бобылева, Л.М. Григорьева. М.: Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, 2017. С. 126-146.
15. Порфирьев Б.Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. 2019. № 2 (принята к публикации).
16. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. / Резолюция, принятая ГА ООН 25.10.2015. UN Documents A/70/L.1, 2015.
17. Новая программа развития городов / Резолюция 71/256, принятая Генеральной Ассамблеей ООН 23 декабря 2016 года. 55 с. URL: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Russian.pdf> (дата обращения: 18.05.2018).
18. Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого» роста. Монография / Под ред. акад. РАН Б.Н. Порфирьева. М.: Научный консультант, 2017. 434 с.
19. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642.
20. Barbier E.B. (2009). *Rethinking the economic recovery: A global green new deal*. Report for UNEP. 144 p.
21. Порфирьев Б.Н. Экономический кризис: проблемы управления и задачи инновационного развития. // Проблемы прогнозирования. 2010. № 5. С. 20-26.
22. Навстречу «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности. Доклад. ЮНЕП, 2011. 738 с.
23. OECD (2015). *Towards Green Growth? Tackling the Progress*. Paris: OECD Publishing. 100 p.
24. OECD (2013). *Green growth in cities*. Paris, OECD Publishing. 136 p.
25. Letsinger E. (2018). *5 challenges and opportunities in using green financing for cities*. URL: <https://www.greenbiz.com/article/5-challenges-and-opportunities-using-green-financing-cities> (accessed: 25.07.2018).

26. Порфирьев Б.Н. «Зеленые» тенденции в мировой финансовой системе // *Мировая экономика и международные отношения*. 2016. № 9. С. 5-16.
27. Bringault A., Eisermann M. (2016). *Cities heading towards 100% renewable energy by controlling their consumption. Food for thought and action*. 26 p. URL: https://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/publi_100pourcent_final-web_en.pdf (accessed: 23.05.2018).
28. IRENA (2016). *Renewable energy in cities. Abu Dhabi*, International Renewable Energy Agency. 60 p.
29. *San Francisco adopts law requiring solar panels on all new buildings*. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2016/apr/21/san-francisco-adopts-law-requiring-solar-panels-on-all-new-buildings> (accessed: 23.05.2018).
30. *More than 100 cities now mostly powered by renewable energy, data shows*, *The Guardian*. URL: <https://www.theguardian.com/cities/2018/feb/27/cities-powered-clean-energy-renewable> (accessed: 23.07.2018).
31. Yudelson J. (2008). *The Green Building Revolution*. Washington, DC: Island Press. 242 p.
32. Kats G. (2003). *The costs and financial benefits of green buildings / A report to California's Sustainable building task force*, Capital E. 120 p.
33. BNEF (2018). *Electric Vehicle Outlook 2018*. URL: <https://bnef.turtl.co/story/evo2018> (accessed: 15.07.2018).
34. *The World Bank (2012). What a waste: A global review of solid waste management*. 98 p.
35. UNEP (2015). *Global waste management outlook*. Nairobi: United Nations Environment Programme. 332 p.
36. *The Ellen MacArthur Foundation (2012). Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*. 98 p. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf> (accessed: 15.05.2018)
37. *The Ellen MacArthur Foundation (2015). Growth within: A circular economy: Vision for a competitive Europe*. Ellen MacArthur Foundation, SUN (Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit) and the McKinsey Center for Business and Environment. 98 p. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation-Growth-Within_July15.pdf (accessed: 15.05.2018).
38. WEF (2018). *Circular economy in cities: Evolving the model for a sustainable urban future // White paper/ Geneva, World Economic Forum*. 28 p. URL: <https://www.weforum.org/whitepapers/circular-economy-in-cities-evolving-the-model-for-a-sustainable-urban-future> (accessed: 15.05.2018).
39. *The Ellen MacArthur Foundation (2017). Cities in the circular economy: An initial exploration*. 16 p. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/cities-in-the-circular-economy-an-initial-exploration> (accessed: 15.05.2018).
40. Cohen R. (2017). *Energy-efficient green buildings may emit hazardous chemicals*. URL: <https://www.reuters.com/article/us-health-homes-air-quality/energy-efficient-green-buildings-may-emit-hazardous-chemicals-idUSKCN1BU2AX> (accessed: 15.05.2018).
41. Odom J.D., Scott R., DuBose G.H. (2008). *The hidden risks of green buildings: Why moisture and mold problems are likely*. URL: <http://www.libertybuilding.com/wp-content/uploads/2012/04/15267720-Florida-Engineering-Society-Article-Hidden-Risks-Of-Green-Buildings.pdf> (accessed: 15.05.2018).
42. *It's not easy building green!* URL: <https://www.assetworks.com/green-building-challenges/> (accessed: 15.05.2018).
43. Frasier K. (2012). *New Research Reveals the Safety Hazards of Green Building*. URL: <https://www.enr.com/articles/21611-new-research-reveals-the-safety-hazards-of-green-building> (accessed: 15.05.2018).
44. Лобанова В. *Что в Москве работает на солнечных батареях*. URL: <https://recyclemag.ru/article/obekty-na-solnechnyh-batarejah> (дата обращения: 15.05.2018).
45. Узяков М.Н. *О неизбежности энергосырьевого периода в развитии экономики России*. Доклад на заседании «Роль ТЭК в экономическом развитии России» Секции экономики ООН РАН. Горный университет, Санкт-Петербург, 1 февраля 2018 г.
46. *Официальный сайт Президента России*. URL: <http://kremlin.ru/events/president-/news/56957> (дата обращения: 15.05.2018).
47. *Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 07.05.2018 № 204 ФЗ*. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 07.06.2018).