

## КОГНИТИВНЫЕ И СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 504.75,504.03,502.313-316

### КОНФЛИКТ МЕЖДУ БИОСФЕРОЙ И ТЕХНОСФЕРОЙ: ПОИСК ПУТЕЙ К БИОСФЕРОСОВМЕСТИМОМУ РАЗВИТИЮ

© 2022 г. Т. Н. Гаева<sup>1</sup>, \*, Р. Г. Василов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия*

*\*E-mail: Gaeva\_TN@nrcki.ru*

Поступила в редакцию 20.11.2021 г.

После доработки 15.01.2022 г.

Принята к публикации 21.01.2022 г.

Предпринята попытка анализа наиболее известных идей и концепций биосферосовместимого развития, получивших высокую актуальность в связи с нарастанием конфликта между биосферой и техносферой. Показаны особенности современного этапа социоприродного перехода от биосферных форм жизни к постбиосферным, повлиявшего на осознание необходимости выработки новых стратегий и моделей развития, обеспечивающих комплексные ответы на современные вызовы одновременно в трех плоскостях — экономической, социальной и экологической. Особое внимание уделено роли конвергентных природоподобных технологий в формировании биоподобной техносферы и вопросам интеграции современных технологий в предлагаемую авторами модель сбалансированного социобиотехносферного развития. Оценены перспективы формирования среды жизнедеятельности на принципах биосферосовместимого развития на основе современных концепций экологического урбанизма.

DOI: 10.56304/S2782375X22010107

#### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы возрос интерес к изучению процессов развития социума во взаимосвязи с биосферой. Это объясняется усиливающейся обеспокоенностью в обществе по поводу масштабного расширения техносферы и быстрой деградации природной среды в связи со стремительным научно-техническим прогрессом, интенсификацией энерго- и ресурсопотребления, демографическими и климатическими проблемами. Конфликт между биосферой и техносферой выходит за рамки разрешимых противоречий и в условиях глобализации принимает характер всеобщего экологического кризиса [1, 2]. В многочисленных исследованиях установлено, что техносфера догоняет биосферу по массе и в настоящее время она меньше биосферы всего в 2.5 раза. При этом у биосферы по сравнению с техносферой более чем на порядок большая степень замкнутости оборота веществ, более чем на 3 порядка величины большая продуктивность и, наоборот, в 15 раз меньшая энергоемкость и на 2 порядка величины водоемкость. Имея столь высокие показатели эффективности, биосфера, тем не менее, неуклонно замещается техносферой [3]. Значительная роль в этом почти единодушно отводится антропогенным факторам, дискуссии вызывают лишь оценки масштабов их воздействия на естественные биосферные процессы и

предлагаемые способы снижения экологической напряженности. Как следствие, в общественном сознании выделилось особое направление — социальная экология, изучающая участие социума в социально-экологических взаимодействиях (зрелость экологического сознания, уровень экологической активности, культуры и др.), а в социально-философских теориях сформировалась концепция “экологического общества” [4, 5]. В этой связи несомненный исследовательский интерес представляет задача анализа основных подходов, которые сложились в понимании путей разрешения конфликта между биосферой и техносферой и могут быть использованы при разработке новых стратегий и моделей биосферосовместимого развития на основе последних научно-технологических достижений и во взаимосвязи с эволюцией социума.

#### ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС И ТЕХНОГЕННОЕ ОБЩЕСТВО

Из двух основных подходов, сложившихся в современной глобалистике к оценке роли социальных факторов в развитии биосферно-техносферных противоречий, как отмечено в [6], наиболее распространенный, социально-экономический, методологически рассматривает развитие общества в отрыве от биосферы, которая

считается его природным окружением. В этом контексте экология как самостоятельный фактор изучается в одном ряду с экономическими, социальными, политологическими, социально-психологическими, демографическими, социокультурными и геополитическими аспектами. Второй подход, более поздний по времени появления, апеллирует к социоприродной эволюции и выходит за рамки экологической проблематики, рассматривая происходящий социоприродный переход от биосферных форм жизни к искусственным постбиосферным как определенный этап эволюции, когда происходит размытие границ, человеческое общество теряет национальное разнообразие и трансформируется в мегаобщество, которое становится все более техногенным [7, 8]. Вопреки ноосферной теории В.И. Вернадского, считавшего, что в ходе социализации земного природного мира на смену биосфере, которая будет улучшена человеческим разумом и трудом, закономерно придет ноосфера, в действительности наблюдается иной процесс.

Согласно данным, приведенным в табл. 1, в основе сложившейся парадигмы развития лежит постепенное, все ускоряющееся вытеснение природных экосистем искусственными. Общество по мере развития увеличивает техногенную нагрузку на природную среду, все больше разрушая механизмы саморегуляции живой природы, что ведет к трансформации (“техносферизации”) живого вещества планеты [6–8]. В литературе приводятся такие цифры: если к началу XX века была уничтожена лишь пятая часть экосистем, то к его окончанию процессы деградации природной среды техногенного характера затронули уже более двух третей систем биосферы [9]. Как следствие, высокую актуальность получили задачи поиска эффективных методов поддержания благоприятных параметров окружающей среды и создания социальных условий, обеспечивающих ответственное отношение к природе человека и общества. Это стало стимулом для активизации научных исследований, направленных, с одной стороны, на разработку новых, биосферосовместимых технологий, а с другой – на интеграцию в структуру комплексных научных исследований технологий социогуманитарного блока, направленных на сглаживание конфликта между человеком (обществом), биосферой и техносферой.

#### ПУТИ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА: КОНЦЕПЦИИ, ВЗГЛЯДЫ, СТРАТЕГИИ

Существуют различные концепции относительно условий, обеспечивающих устойчивое состояние биосферы на фоне ускоряющегося научно-технического прогресса. Среди наиболее известных и обсуждаемых теория коэволюции

человека и биосферы (Н.Н. Моисеев, В.Р. Дольник, Р.С. Карпинская и др.), теория биотической регуляции (В.Г. Горшков, К.С. Лосев, Ю.М. Арский и др.), противостоящая ей теория компенсации биотой негативных антропогенных воздействий (В.С. Голубев, А.М. Тарко, В.В. Бушуев и др.) и другие. Несмотря на концептуальные различия и подходы, все авторы единодушны в понимании того, что экологический кризис при его дальнейшем неконтролируемом развитии примет планетарные масштабы, что неизбежно приведет к катастрофе и концу человеческой цивилизации.

В обсуждении путей преодоления экологического кризиса популярны ограничительные идеи и/или курс на замену ископаемых ресурсов возобновляемыми. На этом построена, например, широко известная зарубежная теория “нулевого роста” Д.Л. Медоуза [10], предлагающая осуществить переход к глобальному равновесию через сокращение демографических показателей рождаемости, стабилизацию на уровне 1975 г. объемов производства продукции на душу населения, а также за счет разработки новых методов вторичной переработки отходов и использования для энергогенерации возобновляемой энергии. Ей созвучна российская теория биотической регуляции, усматривающая потенциальную возможность снижения антропогенной нагрузки на природу за счет сбалансированного сокращения био- и энергопотребления до границ устойчивости биосферы, что может быть достигнуто, как предполагается, всеобщим пропорциональным сокращением численности населения планеты в 10 раз путем перехода всех наций к однодетной семье, а также за счет прекращения развития источников энергии, вызывающих наибольшие опасения в обществе (к ним авторы относят атомную энергетику и гидроэнергетику) и снижения деятельности по хозяйственному освоению новых территорий [11].

Иная точка зрения у одного из основателей экологического движения, американского ученого-биолога и политика Б. Коммонера, который считает причиной экологического кризиса не демографию и рост промышленности, а характер новых технологий, увеличивающих количество отходов, с переработкой которых не могут справиться естественные природные механизмы (синтетические волокна, пластики и т.д.). Поэтому для преодоления экологического кризиса Б. Коммонер предлагает в качестве достаточной меры переориентироваться на технологии, более дружественные природе [12].

В развитии науки и технологий усматривает перспективы выхода из экологического кризиса и автор концепции универсального эволюционизма и теории коэволюции академик Н.Н. Моисеев. Не менее важным фактором влияния он считает и

**Таблица 1.** Этапы природно-биосферной глобализации и характер влияния индустриального развития на биосферу Земли (использована периодизация природно-биосферной глобализации, предложенная [5])

Период	Характер антропогенного воздействия на биосферу	Состояние биотического круговорота вещества и энергии в биосфере
Начальный (доиндустриальный, природно-биосферный) период эволюции – 3.5–4 млрд лет назад, т.е. со времени зарождения биосферы, включая период развития “человека разумного”, породившего первобытную культуру	Полная зависимость человека от природной среды. Природные ресурсы извлекались из окружающей среды в незначительном количестве и полностью восстанавливались. Продукты жизнедеятельности возвращались в среду и использовались другими организмами	Биотический круговорот не нарушался, имел замкнутый характер
Земледельческий (доиндустриальный, природно-социальный) период эволюции – 10–12 тыс. лет назад, переход человека от присваивающего хозяйства к производящему (скотоводству и земледелию)	Замещение естественных экосистем монокультурными растительными агроэкосистемами и пастбищами, формирование искусственных агроценозов с применением примитивных дотехнологических методов хозяйствования. Низкий уровень потребления природных ресурсов за счет малочисленности населения Земли. Развитие социума в условиях высокой зависимости от природных условий	Медленные темпы антропогенного изменения естественных экосистем. Незначительное воздействие на биотический круговорот, не нарушающее замкнутость природно-биосферных процессов
Техногенный (индустриальный, социоприродный) период эволюции – начиная с промышленной революции конца XVIII в. – до машинно-технической революции конца XIX в. – первой половины XX в.	Рост промышленности, энергетики, транспорта, широкая химизация сельского хозяйства и быта, быстрый рост народонаселения и урбанизация. Извлечение природных ресурсов во все возрастающем количестве. Производство таких веществ и отходов, которые не используются другими организмами и в возрастающем объеме накапливаются в биосфере	Биотический круговорот резко нарушился, приобрел незамкнутый характер на фоне возрастания социального и техносциального факторов
Постбиосферный (постиндустриальный) период – начиная с середины XX в. – бурный научно-технический прогресс: научно-техническая революция, информационно-коммуникационная и энергетическая революции	Воздействие человека на природу приняло глобальный характер. Получили ускорение процессы масштабного покорения природы и ее техногенной трансформации. Уровень потребления ресурсов превысил пределы устойчивости экосистем. Нарастание конфликта между биосферой и техносферой положило начало переходу от биосферных форм жизни к постбиосферным, искусственным	Масштабное разрушение экосистем, глобализация процессов загрязнения среды и климатических изменений. Естественные биосферные процессы не в состоянии без участия человека нейтрализовать ущерб техногенного характера. Нарастает дефицит природных ресурсов. Социальный и техносциальные факторы начинают доминировать над природными и природно-социальными

развитие социально ориентированной экономики, функционирующей под контролем гражданского общества. По мнению Н.Н. Моисеева, для достижения биологическими сообществами устойчивости в системе планетарной жизни человечество должно пройти процесс совместного

преобразования природы и общества, причем решающее значение в его деятельности будет иметь формирование цивилизации, отвечающей новым потребностям человека, согласованным с эволюцией биосферы. Следование теории коэволюции, как отмечает автор концепции, потребует объ-

единения естественнонаучных и гуманитарных дисциплин, совершенно иного представления о месте человека в биосфере [13–15].

По мере изучения важнейших предпосылок, влияющих на темпы “техносферизации” биосферы, произошел переход от исключительно природоохранного мировоззрения к более широкому пониманию биосферосовместимого развития с охватом сначала социальных, а затем и экономических факторов влияния. На практике этот подход нашел отражение в реализуемой в настоящее время концепции устойчивого развития, появившейся в экономически развитых западных странах в конце XX века как синтез социально-философских теорий, результатов научных исследований по проблемам социально-экономического развития и природно-климатических изменений, рекомендаций международных политических и общественных организаций. Концепция определила три базовых вектора устойчивости, которые, развиваясь, должны находиться в сбалансированном состоянии: экономический, социальный и экологический [16]. Устойчивое развитие в соответствии с концепцией призвано обеспечивать потребности современного человечества таким образом, чтобы не ставить под угрозу благополучие последующих поколений и их способность удовлетворять собственные насущные потребности. В резолюции Генеральной ассамблеи ООН “Экологические перспективы до 2000 г. и далее”, принятой в 1987 г., устойчивое развитие было провозглашено основополагающим руководящим принципом деятельности на уровне правительств, международных и общественных организаций, учреждений и предприятий. На Международной конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. модель устойчивого развития была одобрена в качестве инструмента достижения целей перехода на новую парадигму развития [17].

Под “целями устойчивого развития” (ЦУР) (*Sustainable Development Goals или SDGs*) понимается решение широкого спектра проблем, связанных с постиндустриальными трансформациями (социально-экономическими, экологическими и технологическими), которые обеспечат, как ожидается, выживание цивилизации и сохранение биосферы, а также их сосуществование и коэволюцию как основу нового социоприродного глобального процесса [18]. В 2015 г. ЦУР были приняты 193 странами мира. Среди 17 установленных целей четыре имеют отношение к проблемам сохранения биосферы, пять – к экономике, восемь – к человеку и обществу. Среди целей, имеющих отношение к сохранению природной среды, перечислены, например, обеспечение чистой водой и возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), ответственное производство и потребление, инновации и инфраструктура, сохранение

наземных и водных экосистем и т.д. На достижение ЦУР требуется 3.3–4.5 триллиона долларов США ежегодно. Годовой финансовый дефицит развивающихся стран для достижения ЦУР оценивается примерно в 2.5 трлн долларов США [19].

Сложный, многофакторный характер задач по достижению целей устойчивого развития предопределяет необходимость комплексных решений на принципах междисциплинарности для сбалансированной интеграции экологических, социальных и экономических подходов [20]. Наибольшим потенциалом междисциплинарности и создания качественно новых возможностей в достижении целей устойчивого развития обладают конвергентные НБИКС-технологии [21–23]. Их научный инструментарий позволяет воспроизводить сложнейшие механизмы и процессы, наблюдаемые в живых системах в естественной среде и создавать на этой основе крайне эффективные и уникальные конвергентные природоподобные технологии, дружественные по отношению к биосфере. Широкое применение природоподобных технологий, как полагают, постепенно сформирует технологическую основу природоподобной (биоподобной) техносферы, которая станет органической частью природы, что позволит снизить антропогенную нагрузку на биосферу и тем самым остановить ресурсный коллапс и апокалиптический сценарий развития техногенной цивилизации [24]. Идеи использования конвергентных и природоподобных технологий в качестве перспективного научного инструментария для преодоления биосферно-техносферного кризиса получили наибольшее развитие в Российской Федерации.

Новый тип стратегии, ориентированной на снижение конфликтности между биосферой и техносферой за счет приоритетного развития и применения конвергентных и природоподобных технологий, способных обеспечивать решение проблем одновременно в трех плоскостях – экологической, социальной и экономической, – можно назвать “сбалансированным социобиотехносферным развитием”. Данный термин, несмотря на некоторую громоздкость, отражает базовую установку на необходимость гармоничного и устойчивого развития всех компонентов метасистемы “природа–технологии–общество–человек”, в которой получили развитие основные противоречия современного техногенного мира.

### УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ В ПАРАДИГМЕ БИОЭКОНОМИКИ

Как отмечалось выше, сложившаяся система экономических отношений оказалась недостаточно эффективной для преодоления дихотомии современного этапа развития в виде истощения

**Таблица 2.** Рынок биоэкономики в некоторых странах мира [33–35]

Регион	Сегмент	Занятость (млн рабочих мест)	Годовой объем (млрд долларов США)
Евросоюз	Биоиндустрия	17.0 (18.5% от общего числа рабочих мест)	ЕС-28 в 2015 г. 1695.0 или 720.6 (в зависимости от методики расчета)
США	Биоэкономика (без пищевой промышленности)	4.0	370.0
Индия	Биоэкономика		4.0
Китай	Биоэкономика		506.0
Бразилия	Индустрия биопереработки сахарного тростника	4.5	4.8

природных ресурсов и растущих потребностей общества.

Как известно, в природной среде высокая ресурсная и энергетическая эффективность и устойчивость процессов, способность к саморегуляции и самовосстановлению определяются особенностями структурной организации биоты, представляющей собой комплекс взаимодействующих экосистем, автономно функционирующих на принципах цикличности и почти полной замкнутости процессов, образующих биогеохимический круговорот веществ, энергии, воды и других компонентов. Заимствование принципа цикличности при формировании новой модели экономического развития позволит перейти от традиционной линейной экономики к циркулярной, призванной создать условия для достижения целей устойчивого развития. Такой вид экономики в литературе именуется как биоподобная или природоподобная экономика (*biomimetic economy*), основанная на комплексе взаимосвязанных социальных эколого-экономических систем, функционирующих на принципах природных экосистем [25]. Практическое воплощение данный подход нашел в экономической модели биоэкономики как новой, устойчивой системы хозяйства, ориентированной на приоритетное использование биотехнологий [26–28].

Истоки концепции биоэкономики как экономики будущего относят к концу 1970-х годов, когда появилось само понятие “биоэкономика” в значении экономики экологической направленности, совместимой с потенциалом и возможностями биосферы. Позже появились иные интерпретации, смещающие акцент либо на приоритет хозяйственной деятельности, связанной с устойчивым получением биомассы как основного ресурса биоэкономики, либо на создание и использование биотехнологий для промышленной переработки биомассы и развитие биоиндустрии. К настоящему времени наибольшее распространение получила концепция циркулярной биоэкономики как экономики, основанной на рациональном и эффективном использовании биомас-

сы в качестве основного ресурса для переработки на принципах цикличного, безотходного производства с целью достижения устойчивого развития экономики, экологии и социума [29, 30].

Первая в мире национальная стратегия развития биоэкономики – “BioEconomy 2030” – была принята в 2011 г. в Германии в ответ на глобальные вызовы, связанные с продовольственной и энергетической безопасностью, изменением климата, защитой природных ресурсов и окружающей среды [31]. К началу 2018 г. число стран мира, сформировавших национальные стратегии по развитию биоэкономики, достигло 50, и объем рынков данного сегмента в ряде стран в последнее десятилетие достиг значительных показателей (табл. 2).

В России в 2012 г. также была принята программа, поставившая задачу формирования биоэкономики: “Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года” (**БИО2020**). К 2020 г. был запланирован рост объемов внутреннего производства и потребления биотехнологической продукции в 33 и 8.3 раза соответственно, с двукратным сокращением доли импорта и выходом российской биотехнологической продукции на мировой рынок. Однако результаты программы БИО2020 оказались не соответствующими установленным целевым индикаторам, признаков формирования биоэкономики в России не появилось: доля биотехнологической продукции в валовом продукте на конец 2017 г. составила менее 0.5%, а доля инвестиций в отрасль биотехнологии в общем объеме венчурного финансирования в период 2015–2018 гг. сократилась с 15 до 4% [29, 32].

Отметим, что в последние годы большую популярность в мире получила стратегия перехода к цифровой экономике, которая, казалось бы, вытеснила концепцию биоэкономики на второй план. По оценкам [36], данный тренд логически следует из современных реалий цифровой трансформации общества и формирования так называемого “цифрового общества”, характеризующегося экспоненциальным распространением ин-

новаций, направленных на создание единого интегрированного цифрового пространства и соответствующей инфраструктуры, обеспечивающей циркулирование больших информационных потоков. По-видимому, цифровые технологии являются необходимым условием развития циркулярной биоэкономики. Они формируют современный инфраструктурный и коммуникационный каркас технико-технологической и социальной подосновы нового экономического уклада. Поэтому цифровизация вовсе не отменяет “биотехнологической” составляющей в глобальном векторе развития, а наоборот, придает дополнительные импульсы прогрессу в данном направлении, создает новые возможности и синергетический эффект.

### МЕСТО СОЦИОГУМАНИТАРНОГО КОМПОНЕНТА В КОМПЛЕКСЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НОВОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ

Характерное для современного этапа широкое распространение технологий, оказывающих трансформирующее воздействие на человека и социальную среду, а также сокращение периода времени между появлением инноваций и их внедрением усиливают актуальность проблем социогуманитарного спектра. Согласно [14] поддержание устойчивого состояния биосферы требует усиления социальной и экологической ответственности, переоценки роли человека и общества в решении экологических проблем с одновременным пониманием значения и места технологий в данной системе взаимосвязей. Приоритетное развитие социогуманитарных технологий позволит реализовать функциональный, интеллектуальный и духовный потенциал социума и человека в качестве созидательного, разумного и ответственного элемента эволюции. В этой связи в последние годы предпринимаются попытки системного моделирования в области социогуманитарного развития. Определенный интерес в этом смысле, в частности, представляет концепция общества нового типа “Общество 5.0” (Society 5.0) или “Суперинтеллектуального общества” (SuperSmart Society), появившаяся в Японии в конце второго десятилетия XXI века в связи с проблемами сокращения численности населения и его старения.

Цифровое “Общество 5.0” рассматривается как следующая за информационным обществом ступень в развитии цивилизации, когда во все сферы общественной жизни будут интегрированы цифровые технологии, технологии больших данных и искусственного интеллекта, Интернета вещей, киберфизические системы и робототехника. Предполагается, что сращивание цифровой среды с физическим пространством обеспечит

условия для оптимизации ресурсов не только каждого конкретного человека, но и социума в целом путем направления мощного потока инноваций во все производственно-экономические, социальные и общественные сферы. Несмотря на то что для данной концепции характерен акцент на цифровые технологии и почти полное невнимание к таким важным аспектам, как взаимоотношения человека и общества с природной средой, проблемы адаптации социальных систем к достижениям научно-технического прогресса и преодоление трансформирующего воздействия новых технологий на личность и социум и др., некоторые подходы, касающиеся, например, интеграции социальных и общественных структур в цифровую среду, могут использоваться при разработке стратегий устойчивого биосферосовместимого развития на базе циркулярной биоэкономики.

### ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИНЦИПАХ БИОСФЕРОСОВМЕСТИМОГО РАЗВИТИЯ

Любые теоретические построения и модели развития проверяются на жизнеспособность и соответствие решаемым задачам путем их применения на практике. В случае модели устойчивого биосферосовместимого развития оптимальным ландшафтом для ее интеграции являются условия городской среды. По данным международной программы по населенным пунктам “ООН-Хабитат” (UN-Habitat) города, занимая менее 2% поверхности Земли, потребляют 78% мировой энергии и производят более 60% выбросов парниковых газов, внося тем самым основной вклад в изменение климата. Прогнозируемый уровень урбанизации к 2050 г. достигнет 70% и ключевым фактором глобальной устойчивости и способности противодействовать любым потенциальным изменениям неблагоприятного характера, связанным с ростом городов, станет их экологическая устойчивость [37].

Таким образом, в условиях городской среды проблематика конфликта между биосферой и техносферой проявляется особенно остро. Это не только повышает актуальность задачи сглаживания противоречий данного типа, но и свидетельствует о том, что развитие территорий с учетом задач биосферной совместимости наиболее предсказуемо именно в условиях городских агломераций, где проще воедино организационно-законодательные, социально-экономические, пространственно-инфраструктурные факторы, с одной стороны, и целенаправленные действия власти по формированию городской среды на новых принципах – с другой [38].

В современном градостроительстве направление, связанное с сохранением и воспроизвод-

ством природных экосистем, получило название “экологического урбанизма” или “устойчивого урбанизма”. В его рамках развиваются проекты, направленные на формирование городской среды различного масштаба: в условиях городского экорайона, экодережни или экогорода [25, 37]. Сутевое содержание концепции экогорода довольно точно передается в определении известного урбаниста-эколога, теоретика экологических городов П. Даунтона: “Создание экологических городов означает построение культуры и экономики, основанных на этическом поведении, социальной ответственности и “зеленом” капитале с целью поддержания с биосферой дружественных отношений, не связанных с эксплуатацией. Архитектура должна соответствовать биологическим требованиям экосистем в той же мере, в какой она должна отвечать законам строительной физики и законам гравитации” [39].

Наиболее ранние проекты в области экологического урбанизма носили исключительно природоохранный характер. Они выполнялись на основе экологически ответственного проектирования и были нацелены на снижение негативного антропогенного воздействия на экологию городов. При этом одни проекты делали акцент на озеленение, другие – на энергосбережение и энергоэффективность, широкое использование ВИЭ. С развитием цифровизации приоритетным стало создание инфраструктуры “умного города”, формирование комфортной и доступной городской среды.

В последние годы произошла корректировка в сторону холистического подхода со все более широким охватом задач, ответственных за достижение максимальной “устойчивости” экопоселения за счет технологий комплексного использования возобновляемых ресурсов, “умной энергетики”, пассивных методов энергосбережения, экологических строительных материалов, бионических решений в архитектуре, эффективного менеджмента отходов, создания зеленого каркаса городов, а также сохранения биологического и культурного разнообразия. Как отмечено в [37], встраивание технологий “умного города” в экологический и социально-экономический контекст градостроительной модели экогорода является отличительной чертой современного этапа развития данной концепции, хотя до последнего времени в развернувшейся в научной литературе дискуссии о стратегиях, наиболее эффективных в достижении городом целей устойчивого развития, преобладали экологически ориентированные подходы. В то же время необходимо стремиться к максимальной сбалансированности экологических, экономических и социальных аспектов. Этим определяется задача расширения границ экологического урбанизма за пределы экологических технологий и экодизайна в сторо-

ну включения инновационных технологий из области вычислительной аналитики, сенсоров, Интернета вещей, больших данных, информационно-коммуникационных технологий [37].

Привнесение идей устойчивого развития в концепцию экологического урбанизма обеспечивает совместное решение экологических, экономических, демографических и культурно-социальных проблем, тем самым, согласно [5], создаются условия для формирования “экологического общества”, для которого характерно повышение уровня и качества жизни людей, а экологичность становится имманентным свойством культуры, критерием социально-экономического и научно-технического развития.

### О МОДЕЛИ СБАЛАНСИРОВАННОГО СОЦИОБИОТЕХНОСФЕРНОГО РАЗВИТИЯ

Прежде чем приступить к обсуждению модели устойчивого социобиотехносферного развития, остановимся на рассмотрении доминирующих векторов развития городской среды в Российской Федерации. Судя по характеру принимаемых решений, в данной сфере акцент сделан на цифровую трансформацию и развитие концепции “умного города”. Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 “О национальных целях и стратегических задачах” была принята Национальная программа “Цифровая экономика Российской Федерации” (утверждена 24 декабря 2018 г.). Технологическим приоритетом программы определены создание и развитие отечественных сквозных цифровых технологий, разработка высокотехнологичных продуктов и услуг, импортозамещение в квантовых технологиях, 5G и др. Именно цифровизация положена в основу проекта “Умный город”, который реализуется в рамках национального проекта “Жилье и городская среда” и национальной программы “Цифровая экономика”.

Российский “умный город” нацелен прежде всего на повышение эффективности системы управления городским хозяйством и создание комфортной, доступной и безопасной городской среды. Движение к этим целям происходит через внедрение передовых цифровых и инженерных решений в городской и коммунальной инфраструктуре. Как показывает опыт развития на этих принципах такого мегаполиса, как г. Москва, где удалось достичь значительных успехов в реализации данных подходов, в понимании “комфортной городской среды” входят и многие экологические факторы, влияющие на здоровье человека, включая зеленые насаждения, снижение выбросов, эффективное управление отходами, использование экологических чистых материалов в строительстве, потребление органических продуктов питания и др. В то же время меры, предпринима-

емые, например, с целью улучшения экологии города (энергосберегающие технологии, новые материалы и архитектурные решения в строительстве, экологически безопасная переработка отходов, использование ВИЭ и др.) носят, как правило, характер точечных проектов и не обеспечивают необходимую связность с другими направлениями устойчивого развития города. Задачи экологического, экономического и социального спектра не интегрированы в единую концепцию сбалансированного развития этих направлений, а реализация проектов осуществляется различными ведомствами (профильными по отношению к целям каждого конкретного проекта), что усложняет и замедляет принятие оперативных решений, снижает общую эффективность деятельности.

Тенденция, прослеживаемая сегодня в развитии городской агломерации на примере г. Москвы, в целом, склоняется к применению интегральных подходов, однако потенциал современных “зеленых” технологий пока не реализуется в полной мере, хотя способен обеспечить более широкий охват решаемых задач. В этой связи представляется целесообразным разработать комплексную стратегию развития города, соответствующую целям снижения противоречий между биосферой и техносферой на принципах устойчивого, сбалансированного социобиотехносферного развития в условиях экогорода или экопоселения. Предлагаем использовать для данной градостроительной модели термин “биоэкополис”, применимый к поселению любого масштаба и отражающий идею биосферной совместимости. Как обсуждалось выше, за основу целесообразно взять принципы устойчивого развития и концепцию циркулярной биоэкономики. Характеризующими модель ключевыми словами должны стать: природоподобие, эко-энергоэффективность и биосоциальность (в понимании современного этапа социальной эволюции человека в условиях техносферной трансформации природной среды). Такая конфигурация предполагает интеграцию в модель биоэкополиса различных концепций и подходов, включая градостроительные и архитектурные принципы экологического урбанизма, а также концепции “умного города”, эко-энергоэффективного поселения, комфортной городской среды, экологического общества.

Особого внимания требует задача приоритизации технологий, обеспечивающих технико-технологический базис и функционирование модели сбалансированного социобиотехносферного развития. Они могут быть представлены в двух модулях: естественно-научном и социогуманитарном.

Естественно-научный технологический модуль объединяет технологии, направленные на решение проблем экономического и экологического характера, социогуманитарный модуль нацелен на обеспечение развития социума и человека в гармонии с природой в условиях высокой “техносферизации” среды.

В зависимости от решаемых задач технологии естественно-научного модуля можно условно разделить на следующие группы:

- биотехнологии и природоподобные технологии для основных секторов народного хозяйства, здравоохранения и биобезопасности;
- природоохранные и экологические технологии;
- энергетические технологии на основе ВИЭ и биоэнергетика;
- информационно-коммуникационные и цифровые технологии.

Характерный для экологического города принцип “трех нулей” выдвигает на передний план следующие задачи: нулевое использование ископаемой энергии, ноль отходов и ноль выбросов [37]. Следование данному принципу соответствует крайне популярному сегодня курсу на энергоэффективность и низкоуглеродное развитие. Поэтому биотехнологии и технологии энергогенерации на основе ВИЭ, секвестра CO<sub>2</sub> из атмосферы и от локальных источников, получения транспортного биотоплива из биомассы и т.д. обладают высоким приоритетом при реализации проектов по созданию экопоселений.

Предполагается, что технологии естественно-научного модуля будут обеспечивать возможности комплексной переработки сырья и энергогенерации на основе использования возобновляемых ресурсов в замкнутых технологических процессах. В циклических технологических процессах безотходность производства обеспечивается не утилизацией накапливаемых отходов, а их отсутствием за счет использования на других этапах производственной цепочки (отходы одного этапа становятся сырьем для другого). Акцент на биотехнологии и природоподобные технологии будет способствовать обеспечению высокой экологической безопасности и формированию природоподобной техносферы.

Производственные предприятия биотехнологической направленности формируют экономическую и инфраструктурную основу модели, создают рабочие места для населения. Профиль предприятий и их локализация определяются преимущественными видами локальной биомассы и ВИЭ, географическими, климатическими, демографическими, социально-экономическими и инфраструктурными особенностями конкретного региона.

К первоочередным задачам инфраструктурно-характера следует отнести реализацию проектов по таким направлениям (в зависимости от типа, масштаба и локализации экопоселения), как:

- биоиндустрия на основе глубокой комплексной переработки биомассы (биорефайнинг), получение биопродуктов и сырья для химической промышленности, биотоплива и энергии;
- биотехнологии для сельского и лесного хозяйства, аквакультуры;
- переработка отходов;
- автономные эко-энергоэффективные поселения (“биоэнергетические деревни”), комплексное освоение территорий.

Не менее актуально для биоэкополиса и развитие блока информационно-коммуникационных и цифровых технологий, технологий искусственного интеллекта. Их применение в нашей концепции рассматривается как необходимый инструмент, обеспечивающий территориальную связность, функционирование и коммуникации производственно-энергетического комплекса, функционал “умного города”. В то же время они обладают высоким потенциалом для решения социально-экономических и экологических проблем с использованием социальных сетевых коммуникаций, дистанционных сервисов, образовательных ресурсов и др.

Социогуманитарный технологический модуль должен обеспечиваться комплексом социогуманитарных технологий, направленных на:

- моделирование социально-экономического, политического, гуманитарного эффекта (экономико-математического, экспертно-аналитического, социального конструирования, социально-инженерного проектирования);
- системное социально-экономическое прогнозирование (включая перспективы глобального изменения климата, влияние новых тенденций в области хозяйственного и иного освоения Мирового океана, Арктики, космоса);
- сокращение территориального и социально-экономического неравенства, увеличение доступа к энергии и экономический рост при одновременном сокращении промышленных выбросов, решение проблем, связанных с занятостью населения, повышением качества жизни и здоровья;
- сглаживание демографических диспропорций внутри страны, создание новых рабочих мест и инфраструктуры на удаленных, сельских, небольших и неблагоприятных территориях;
- развитие безопасной социально-экономической среды городских и сельских поселений, повышение стандартов жизни, в том числе в аграрных районах, освоение удаленных и/или изолированных территорий с одновременным созда-

нием комфортных бытовых, образовательных, социальных и экологических условий;

- разработку передовых социально-организационных и политико-психологических методов и форм управления обществом, социально-инженерных технологий, методов и технологий социального конструирования;
- воспроизводство, обеспечение устойчивости существующих и новых социальных структур, институтов, в том числе связанных с сохранением национальной идентичности и культуры;
- воспитание экологической сознательности и формирование навыков экологически ответственного поведения;
- развитие образования и системы подготовки кадров для сферы биоэкономики и природоохранной деятельности.

Здесь обозначен только общий контур концепции сбалансированного социобиотехносферного развития, требующей дальнейшей проработки. Модель должна обладать определенной гибкостью, быть достаточно подготовленной к внедрению и тиражированию в различных географических, климатических и социально-экономических условиях на территории Российской Федерации. Помимо соответствия основным идеям устойчивости и биосферосовместимого развития городских агломераций модель должна способствовать решению такой актуальной для России задачи, как развитие сельских территорий и освоение жизненного пространства на принципах автономности, энергетической независимости, ресурсосбережения с одновременным созданием производственной и социальной инфраструктуры, активизацией общественной, образовательной и культурной жизни населения.

## ВЫВОДЫ

Современный этап научно-технического и технологического развития поставил общество перед фактом несоответствия возможностей действующей традиционной социально-экономической модели современным вызовам в виде экологического кризиса и истощаемости природных ресурсов на фоне роста мировой численности населения и потребности в дальнейшем повышении качества жизни.

Поиск путей перехода к биосферосовместимой модели развития преодолел этап формирования моноконцепций, ориентированных исключительно на природоохранные задачи, и вышел на уровень разработки комплексных стратегий устойчивого развития, учитывающих необходимость равноценного внимания к проблемам экономического, экологического и социального характера.

Принимая во внимание высокую ресурсную и энергетическую эффективность циклических процессов, характерных для природных систем, способность к саморегулированию и самовосстановлению экосистем, в основу получившей наибольшее распространение модели биоэкономики положены принципы циркулярности и приоритета развития биотехнологий и биоиндустрии.

В связи с тем что в основе современных вызовов лежит не просто конфликт между техносферой и биосферой, а угроза существованию биосферы вследствие стремительного расширения техносферы, наибольшую актуальность для перехода к биосферосовместимому развитию представляют конвергентные природоподобные технологии, способствующие формированию природоподобной техносферы.

Последствия конфликта между техносферой и биосферой наиболее остро проявляются в условиях городских агломераций, что сформировало новое архитектурное и градостроительное направление – экологический урбанизм, в рамках которого реализуются экологически ориентированные проекты различной направленности в русле концепций экогорода, “умного города”, эко-энергоэффективного поселения и др.

Учитывая глобальность конфликта между биосферой и техносферой, предлагается разработать концепцию сбалансированного социобиотехносферного развития как наиболее полно соответствующую задачам снижения антропогенного и техногенного давления на биосферу и на ее основе построить тиражируемую модель экоселения в виде биоэкополиса с упором на приоритетное развитие и применение биотехнологий и природоподобных технологий.

Работа выполнена в рамках тематического плана НИОКР НИЦ “Курчатовский институт” на 2021 г. “Фундаментальные междисциплинарные исследования в nano-, био-, инфо- и когнитивных технологиях” по п. 1.12. “Разработка научно-технических основ для создания автономных систем жизнеобеспечения для использования в условиях Крайнего Севера, Арктики и космоса”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Северин А.Е., Торшин В.И. и др. // Вестн. РУДН. Сер. Социология. 2002. № 1. С. 74.
2. Малинин В.Н. // Уч. зап. Российского государственного гидрометеорологического университета. 2017. № 48. С. 11.
3. Захаров Е.И. // Изв. ТулГУ. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 3.
4. Смольников Н.С. // Вестн. ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2012. № 13 (37). С. 36.
5. Гнатюк В.С. // Вестн. МГТУ. 2010. Т. 13. № 2. С. 416.
6. Дергачева Е.А. // Философия и общество. 2008. № 3. С. 109.
7. Ковалев А.М. Человек – продукт природы и основа социума: идеи, размышления гипотезы. М.: Квадратум, 2000. 424 с.
8. Ковалев А.М. // Общественные науки и современность. 1996. № 1. С. 97.
9. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология. М.: Дрофа, 2003. 621 с.
10. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W.W. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. N.Y.: Universe Books, 1972. 205 p. Рус. перевод “Пределы роста. Доклад по проекту Римского клуба “Сложное положение человечества”. М.: МГУ, 1991. 206 с.
11. Гориков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. 470 с.
12. Римский клуб: идеи устойчивого развития // Вестник университета им. О.Е. Кутафина (МГЮА). 2017. № 2. С. 213. <https://vestnik.msal.ru/jour/article/view/58>
13. Моисеев Н.Н. // Общественные науки и современность. 1993. № 4. С. 135.
14. Моисеев Н.Н. // Экология и жизнь. 2010. № 8. С. 4. <http://www.den-za-dnem.ru/page.php?article=812>
15. Залиханов М.Ч., Степанов С.А. // Век глобализации. 2018. № 1. С. 131.
16. Mensah J. // Literature review, Cogent Social Sciences. 2019. V. 5. № 1. P. 21. <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531>
17. Черданцев В.А., Робинсон Б.В. // Вестн. НГУЭУ. 2009. № 2. С. 14.
18. Ильин И.В., Урсул А.Д., Урсул Т.А. // Вестн. МГУ. Сер. XXVII. Глобалистика и геополитика. 2015. № 3/4. С. 60.
19. Цели устойчивого развития ООН и Россия. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации / под ред. Бобылева С.Н., Григорьева Л.М. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ, 2016. 298 с.
20. Valenduc G., Vendramin P. Science, Technological Innovation and Sustainable Development // Int. Conf. “Science for a Sustainable Society”, Roskilde, October 27–29, 1997. 12 p.
21. Cehlar M. // Экономика и управление инновациями. 2019. № 3 (10). С. 24. <https://doi.org/10.26730/2587-5574-2019-3-24-31>
22. Dotsenko E. NBIC-Convergence as a Paradigm Platform of Sustainable Development // E3S Web of Conferences, The Second International Innovative Mining Symposium, 2017. 6 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172104013>
23. Zhironkin S., Cehlar M., Zhironkin V. The Convergent Structural Base of Sustainable Development in the 21st Century // E3S Web of Conferences, SDEMR-2019, 2019. 5 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913403013>
24. Ковальчук М.В. Идеология природоподобных технологий / Под ред. Игнатовой В.Р. М.: Физматлит, 2021. 336 с.

25. *Tamayo U., Vargas G.* // *Social Responsibility J.* 2019. V. 15. № 6. P. 772.  
<https://doi.org/10.1108/SRJ-09-2018-0241>
26. *Maciejczak. M.* // *J. International Business Research and Marketing.* 2017. V. 2. № 2. P. 7.  
<https://doi.org/10.18775/jibrm.1849-8558.2015.22.3001>
27. *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe.* Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions. Brussels: European Commission, 2012. 9 p.
28. *Grossauer F., Stoeglehner G.* Bioeconomy – Spatial Requirements for Sustainable Development // *Sustainability.* 2020. № 12. 28 p.  
<https://doi.org/10.3390/su12051877>
29. *Кирюшин П.А., Яковлева Е.Ю., Астапкович М., Солодова М.А.* // *Вестн. МГУ. Сер. 6. Экономика.* 2019. № 4. С. 60.
30. *Conteratto C., Artuzo F.D., Santos O.I., Talamini T.* Biorefinery: A comprehensive concept for the socio-technical transition toward bioeconomy // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2021. № 151. 8 p.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111527>
31. *National Research Strategy BioEconomy 2030.* Bonn, 2011. [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/national-research-strategy-bioeconomy-2030\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/national-research-strategy-bioeconomy-2030_en)
32. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г., утв. Правительством РФ 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8.  
<http://static.government.ru/media/files/41d4e85f0b854eb1b02d.pdf>
33. *El-Chichakli B., von Braun J., Lang C. et al.* // *Nature.* 2016. № 535 (7611). P. 221.  
<https://doi.org/10.1038/535221a>
34. *Wang R., Cao Q., Zhao Q., Li Y.* // *New Biotechnology.* 2018. V. 40. P. 46.
35. *Kuosmanen T., Kuosmanen N., El-Meligli A. et al.* How Big is the Bioeconomy? // *Reflections from an economic perspective.* Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2020. 45 p.  
<https://doi.org/10.2760/144526>
36. *Добринская Д.Е.* // *Soc. Sci. Technol.* 2021. V.12. № 2. P. 112.  
<https://doi.org/10.24412/2079-0910-2021-2-112-129>
37. *Bibri S.E.* The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions // *Energy Informatics.* 2020. № 3(4). 26 p.  
<https://doi.org/10.1186/s42162-020-00107-7>
38. *Каримов А.М.* // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии.* 2015. № 2 (10). С. 57.
39. *Planning Sustainable Settlements.* Slovak University of Technology / Eds. Jaroslav Coplák, Peter Rakšányi. 2003. 111 p.