

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-189-197>

Модель допустимого и устойчивого развития социо-эколого-экономических систем на основе принципа циркулярности вещества в биосферных циклах

А.Б. Долгушин¹  , С.Е. Мазина^{2,3,4} , И.А. Ларионова⁵ 

¹ Московский университет имени С.Ю. Витте,
115432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д. 12, стр. 1, Российская Федерация

² Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены
Федерального медико-биологического агентства,
123182, Москва, ул. Щукинская, д. 40, Российская Федерация

³ Российский университет дружбы народов,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Российская Федерация

⁴ Российский государственный аграрный заочный университет,
143907, Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 50, Российская Федерация

⁵ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1

 abdolgushin@yandex.ru

Аннотация. В статье предложена модель социо-эколого-экономического устойчивого и допустимого развития, основанная на взаимоподчиненности подсистем. Модель разработана в рамках концепции устойчивого развития и базируется на принципах использования вещества и энергии живыми организмами и циркулярности веществ в биосфере. Обсуждается проблема оценки устойчивости развития систем и их интегральных показателей. Наиболее популярные и даже всемирно признанные методики имеют основной недостаток – некорректное использование финансовых индикаторов в оценке устойчивости. По этой причине было предложено перейти на универсальные единицы измерения количественных характеристик оценки устойчивости развития как биосферы в целом, так и социо-эколого-экономических систем или отдельно взятых социальных, экономических или экологических систем.

Ключевые слова: социо-эколого-экономические системы, устойчивое развитие, циркулярная экономика, экономика замкнутого цикла, биосфера, биогеохимические циклы, обращение с отходами

Благодарности: Авторы выражают благодарность д-ру техн. наук, проф. Рожкову Игорю Михайловичу, способствовавшему постановке рассматриваемой в статье задачи.

Для цитирования: Долгушин А.Б., Мазина С.Е., Ларионова И.А. Модель допустимого и устойчивого развития социо-эколого-экономических систем на основе принципа циркулярности вещества в биосферных циклах. *Экономика промышленности*. 2022;15(2):189–197. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-189-197>

Model of acceptable and sustainable development of social-ecology-economic systems based on the circularity principle in biosphere cycles

A.B. Dolgushin¹  , S.E. Mazina^{2,3,4} , I.A. Larionova⁵ 

¹ Moscow Witte University, 12-1 Korzhukhovskiy Passage, Moscow 115432, Russian Federation

² Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene of the Federal Medical-Biological Agency, 40 Shchukinskaya Str, Moscow 123182, Russian Federation

³ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Mikluho-Maklay Str., Moscow 117198, Russian Federation

⁴ Russian State Agrarian Correspondence University, 50 Highway Entuziastov, Balashikha 143907, Russian Federation

⁵ National University of Science and Technology MISIS, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

 abdolgushin@yandex.ru

Abstract. The article presents the model for social-ecology-economic acceptable and sustainable development based on the mutual subordination of subsystems. The model was created within the concept of sustainable development and is based on the principle of use of matter and energy by living organisms and the principle of circularity of matters in the biosphere. The authors study the problem of the sustainable development evaluation of the systems and their integral indicators. The most popular and even globally recognized methods have one major flaw that is applying financial indicators in sustainability evaluation. The authors suggest using universal units of measurement for quantitative characteristics of evaluation of development sustainability both of the biosphere as a whole and of socio-economic-environmental systems or social, economic and environmental systems taken separately.

Keywords: social-ecology-economic systems, sustainable development, circular economy, closed cycle economy, biosphere, biogeochemical cycles, waste management

Acknowledgments: The authors are grateful to Dr.Sci. (Eng.), Prof. Igor M. Rozhkov, for his help in preparing the article.

For citation: Dolgushin A.B., Mazina S.E., Larionova I.A. Model of acceptable and sustainable development of social-ecology-economic systems based on the circularity principle in biosphere cycles. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(2):189–197. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-189-197>

社会-生态-经济系统可接受的和可持续的发展模型 基于生物圈中物质循环定律

A.B. 多尔古申¹  , S.E. 马济纳^{2,3,4}, I.A. 拉里奥诺娃⁵

¹ 莫斯科谢尔盖·尤利耶维奇·维特大学, 邮编115432, 俄罗斯联邦莫斯科市第二科茹霍夫斯基大街12号1栋

² 俄联邦国家单一制企业俄联邦医疗-生物署辐射化学安全与卫生科技中心, 邮编123182, 俄罗斯联邦莫斯科休金诺大街40号

³ 俄罗斯人民友谊大学, 邮编117198, 俄罗斯联邦莫斯科市米克罗乎-麦克莱大街6号

⁴ 俄罗斯国立农业函授大学, 邮编143907, 俄罗斯联邦莫斯科州巴拉希哈市Entuziastov大街50号

⁵ 国立研究型技术大学 MISIS, 邮编119049, 莫斯科市列宁斯基大街4号

 abdolgushin@yandex.ru

摘要: 本文提出了一个基于子系统相互依存的社会-生态-经济系统可接受的和可持续的发展模型。该模型是在可持续发展概念的框架下开发的, 基于生物体对物质和能量的利用以及物质在生物圈中循环的定律。讨论了系统可持续发展的评估问题及其综合指标。最流行的甚至是国际

公认的评估方法都有其主要的缺点，那就是在可持续性评估中使用财务指标。作者建议改用定量特征的通用计量单位来评估整个生物圈和社会-生态-经济系统或单独的社会、经济或生态系统的发展可持续性。

关键词：可持续发展，社会-生态-经济系统，循环经济，闭环经济，生物圈，生物地球化学循环，废物管理

致谢：作者对技术科学博士 Igor Rozhkov 教授表示感谢，他对本文所考虑问题的形成做出了贡献。

Введение

Парадигма постоянного экономического роста и потребления в XXI в. столкнулась с ограниченностью ресурсов планеты Земля и способности биосферы аккумулировать и трансформировать отходы антропогенной деятельности. Дальнейшее долгосрочное устойчивое развитие возможно только при условии сохранения восстановительного потенциала природы. Человечество рискует исчерпать природный потенциал планеты Земля и тем самым от социально-экономического развития перейти к деградации цивилизации, поэтому задачей выживания человечества, которое сегодня обитает в пределах одной планеты, стало устойчивое развитие¹, при котором воздействие на биосферу не будет превышать потенциал ее восстановления.

Ухудшение состояния окружающей среды, истощение природных ресурсов, антропогенная нагрузка, превышающая возможности биосферы по воспроизводству и поддержанию экологических систем – это тенденция последних десятилетий как в России, так и в мире. Причиной этого является дисбаланс экономики человека и «экономики природы». В соответствии с концепцией устойчивого развития социо-эколого-экономическая система может развиваться только при сбалансированном развитии социальной, экономической и экологической подсистем.

Концепция устойчивого развития успешно принята международным сообществом на уровне ООН. Предпосылки разработки национальных стратегий и программ в целях устойчивого развития были инициированы Генеральной Ассамблеей ООН еще в 1997 г. («Рио+5»), которая дала установку на разработку национальных стратегий устойчивого развития (НСУР) до 2002 г. Были представлены рекомендации по разработке НСУР [1], содержащие основные показатели устойчивости развития. После принятия 17 це-

лей устойчивого развития² на государственном уровне всех стран-участниц должна происходить перестройка стратегий и программ развития под общие и утвержденные для всех цели устойчивого развития. Однако попытки адаптировать новые задачи в основном под привычные механизмы рынка привели к искажению понимания сути и смысла концепции устойчивого развития. За рубежом и отечественные ученые неоднократно отмечали потерю целеполагания как при толковании самой концепции [2–4], так и при реализации национальных проектов и программ в целях устойчивого развития [5–8]. Это инициировало ряд исследований по разработке количественных и качественных показателей и характеристик, способных отразить устойчивость, которые еще называют индикаторами устойчивого развития, а также исследований по разработке методик расчета устойчивости систем и их совершенствованию³ [9–12].

² Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 года № A/RES/70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». ЮНКТАД: Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию. URL: https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 24.03.2022).

³ Приложение «Система глобальных показателей достижения целей в области устойчивого развития и выполнения задач Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 6 июля 2017 года № A/RES/71/313 «Работа Статистической комиссии, связанная с деятельностью по осуществлению Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». ООН: Организации Объединенных Наций. URL: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%20refinement_Rus.pdf (дата обращения: 28.03.2022).

Глобальная система показателей, принятая Генеральной Ассамблеей в документе A/RES/71/313 (приложение), ежегодные уточнения, содержащиеся в документе E/CN.3/2018/2 (приложение II), документе E/CN.3/2019/2 (приложение II), документе 2020 года «Всеобъемлющий обзор изменений» (Приложение II) и ежегодные уточнения (приложение III), содержащиеся в документе E/CN.3/2020/2 и ежегодные уточнения (приложение), содержащиеся в документе E/CN.3/2021/2. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/> (дата обращения: 28.03.2022).

¹ Термин «устойчивое развитие общества» предложен Международной комиссией по окружающей среде и развитию в 1987 г. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее» под рук. Г. Брундланд, 1987 г.

В настоящее время существует большое число используемых методик оценки устойчивости по различным системам индикаторов, в том числе системам, разработанным ООН: система индикаторов устойчивого развития (ИУР) Комиссии ООН по устойчивому развитию (КУР ООН) [13]; система интегрированных экологических и экономических счетов (СЭЭУ, *System of Environmental-Economic Accounting*) [14]; Индекс человеческого развития (ИЧР, *Human Development Index*) [15]; Индекс скорректированных чистых накоплений (*Adjusted Net Savings*) Всемирного банка [16], Индекс живой планеты (ИЖП, *Living Planet Index*) и Глобальный экологический след (*Global Ecological Footprint*) Всемирного фонда дикой природы (WWF) [17]; система экологических индикаторов зеленого роста Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, *OECD Green Growth Indicators*) [18] и др. Однако оптимальная методика до сих пор не разработана: во многих работах, посвященных этой проблеме, критикуется однофакторность (например, только со стороны социальной (ИЧР) или экологической (ИЖП) составляющих устойчивого развития), некорректные индикаторы (например, ВВП), точность подсчета условных коэффициентов или индикаторов состояния систем. При рассмотрении вопросов баланса эколого-экономических систем основной проблемой является приведение экологических и экономических показателей к общему знаменателю, а включение социальной составляющей еще больше усложняет задачу. Общим недостатком методов расчета интегрального индекса устойчивости, учитывающего экономическую подсистему, яв-

ляется применение финансовых индикаторов. В условиях волатильности эти методы расчета интегрального показателя устойчивости ненадежны и нестабильны. Использование финансовых показателей в методиках расчета интегральных оценок устойчивости связано с тем, что при внедрении концепции устойчивого развития произошло одно из отклонений от исходной научной концепции устойчивого развития, которое заключается в том, что устойчивое развитие стало восприниматься как экономическое развитие с учетом социальных и экологических интересов («зеленая» экономика).

Поскольку основной подсистемой в триединой концепции устойчивого развития является экологическая система, на которой базируется социальная и экономическая подсистемы, в данной работе предлагается оценивать устойчивость развития социо-эколого-экономических систем с помощью показателей, отражающих действие фундаментальных законов природы, таких как законы сохранения массы и энергии. Биосферные циклы оборотов биогенных элементов и сопряженные с ними преобразования энергии, в отличие от экономических отношений, подчиняются законам физики, единицы измерения которых строго определены. Это в корне меняет общепринятое представление об устойчивом развитии как о балансе пересечения трех равнозначных систем (рис. 1). Ранее ученые отмечали, что три системы неравнозначны и взаимно подчинены, поэтому не могут рассматриваться в концепции устойчивого развития как пересечение равных областей развития: экономического, экологического и социального [19].



Рис. 1. Классическая триединая модель концепции устойчивого развития [20]

Fig. 1. Classical triune model of the concept of sustainable development [20]

В данной работе предлагается новый подход оценки устойчивости развития на основе принципа циркулярности вещества между социально-экономической и экологической подсистемами. На основе модели допустимого/устойчивого развития системы, где различаются пределы допустимого и устойчивого развития в границах емкости систем, определяется взаимная подчиненность, а не равнозначность составляющих (рис. 2).

Системное описание компонентов модели и их взаимосвязей

Модель допустимого/устойчивого социо-эколого-экономического развития представляется как система, состоящая из трех подсистем принятых в соответствии с концепцией устойчивого развития. Основное отличие такой модели от классической триединой модели заключается в том, что в данной модели экономическая подсистема является замещаемой частью социальной подсистемы, которая в свою очередь является частью экологической подсистемы. В этой схеме зависимости подсистем отражен тот факт, что развитие вышестоящей подсистемы приводит к замещению мощностей развития нижестоящей.

В основании модели лежит экологическая подсистема, которая подразумевает биосферу Земли, рассматриваемую в рамках компонентного подхода, предложенного В.И. Вернадским [21], который различал 4 компонента биосферы: 1) *живое вещество* (живые организмы); 2) *биогенное вещество* (углеводородные ископаемые, известняк и т.д.); 3) *косное вещество* (магматические, осадочные и другие породы) и 4) *биокосное вещество* (океаническая и почти вся другая вода биосферы, почва, кора выветривания, воздух

и др.). Не считая биокосного вещества, которое по сути является смесью первых трех компонентов, общая масса вещества экологической подсистемы представляется как сумма живого, биогенного и косного вещества.

С точки зрения основ экономики производства, косное вещество – это исходный ресурс, биогенное вещество – готовая продукция и отходы, биота – производственные мощности по преобразованию вещества и саморазвитию, а биокосное вещество – среда, предоставляющая экосистемные услуги, где происходит этот уникальный процесс развития жизни. Биота устойчиво развивается, осуществляя переработку косного вещества в живое и биогенное за счет энергии Солнца на протяжении миллиардов лет. Экологическая подсистема обеспечивает производство ресурсов и услуг.

Социальная подсистема какого-либо вида организма, в том числе человека, представляется в модели как популяция. Таким образом, экологическая подсистема является совокупностью социальных подсистем различных видов живых организмов. Социальная подсистема, являясь частью экологической подсистемы, функционирует по общим механизмам и стремится в своем развитии к увеличению численности. Это свойственно всем живым организмам, включая людей.

Для обеспечения биологических потребностей в росте численности популяциям свойственно вести хозяйственную деятельность (обустройство и обогрев жилища, поиск или производство пищи и т.д.), которая и составляет их экономические подсистемы. Для ее функционирования и роста нужны природные ресурсы и экосистемные услуги. Отличие экономической подсистемы

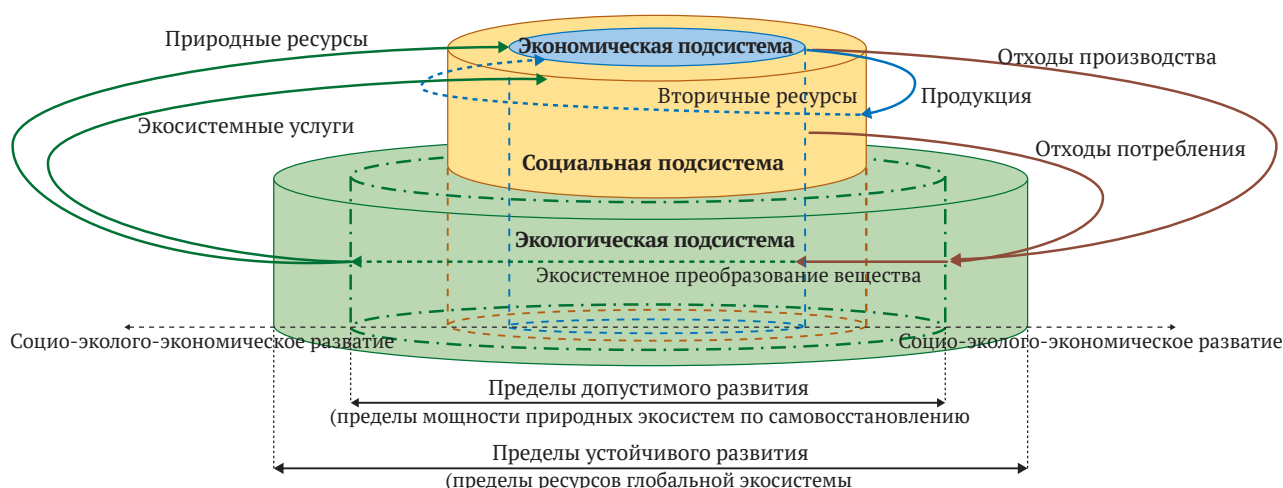


Рис. 2. Модель допустимого/устойчивого социо-эколого-экономического развития

Fig. 2. Model of acceptable/sustainable socio-ecological and economic development

мы от социальной или экологической заключается в том, что в результате своего развития она изымает ресурсы и экосистемные услуги иных подсистем. Образно экологическая подсистема (биосфера) представляется как множество социальных подсистем со своими экономическими подсистемами (рис. 3).

В случаях, когда развитие социально-экономических подсистем достигает объемов, превышающих мощность экосистем по самовосстановлению, происходит деградация среды, что в итоге приводит к резкому сокращению численности популяции. Пределы роста и развития социально-экономических систем ограничены пределами мощностей экосистем по самовосстановлению, что определяет в модели пределы допустимого развития, которые коррелируют с понятием пределов роста [22] и соответствуют мощностям несущей емкости биосферы [23]. Если рассматривать устойчивое развитие с позиций концепции фундаментальной и реализованной экологической ниши, то диапазон возможного развития ограничивается пределами условий и ресурсов, а также компенсаторными возможностями экосистем и биосферы в целом. Однако, если развивать экологическую подсистему, т.е. повышать продуктивность биосферы, то границы допустимого развития также будут увеличиваться. Только такое развитие, при котором динамично развиваются все три подсистемы социо-эколого-экономической системы, увеличивая тем самым пределы допустимого развития, можно назвать устойчивым.

Особенностью и отличием развития социально-экономической системы популяций человека от других популяций заключается в том,

что человеку, помимо биологических потребностей, свойственны еще духовные потребности (религиозные, научные, культурные и т.д.), а также чрезмерные потребности, на удовлетворение которых затрачиваются ресурсы и экосистемные услуги. Уровень потребления социально-экономической подсистемы человека по разным оценкам уже достиг и превзошел пределы допустимого развития и в этой связи популяция приближается к резкому сокращению численности.

Взаимодействие между подсистемами в модели допустимого/устойчивого развития осуществляется в виде биогеохимических биосферных циклов круговорота элементов (принцип циркулярности вещества), включая антропогенные, которые реализуются в пределах планеты Земля, и значит, могут быть измерены в единицах массы и энергии. Биогеохимические циклы преобразуют вещество в биотических и абиотических сферах. Этот процесс сопровождается аккумуляцией энергии Солнца в биосфере или высвобождением энергии в течение времени. Вещества, которые социально-экономические системы берут для своего развития, являются природными ресурсами или экосистемными услугами, а вещества, которые выделяются при производстве и потреблении, соответственно, являются отходами производства и потребления. Важно отметить, что отходы какой-либо социо-эколого-экономической системы являются ресурсами для других систем. Любые отходы могут быть переработаны путем возврата их в биогеохимические циклы, вопрос только в количестве требуемого на это времени и приемлемости затрат на переработку отходов. Социально-экономическая система человека может более рационально расходовать ресурсы и не

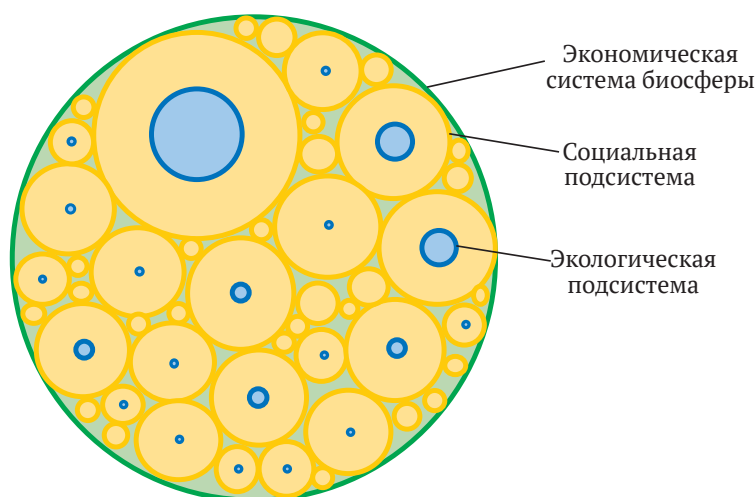


Рис. 3. Совокупность социально-экономических систем популяций в рамках биосферы

Fig. 3. The totality of socio-economic systems of populations within the biosphere

перегружать емкость биосферы, возвращая отходы в производственные циклы экономической системы в виде вторичных ресурсов (экономика замкнутого цикла). Однако большинство отходов социально-экономической подсистемы человека возвращается в биогеохимические циклы после захоронения, но ввиду высокой концентрации загрязняющих веществ в отходах и необходимости длительного времени их абсорбции биосферой, накопленные человечеством отходы не успевают ею переработаться, тем самым усиливая негативное воздействие на экосистему.

Актуальность проблематики устойчивого развития и изменения климата заключается в том, что человечество за короткий промежуток времени высвободило большое количество накопленной энергии биогенного вещества, преобразовав его обратно в косное вещество, при этом сократив ёмкость биосферы, т.е. потенциал по абсорбции загрязнений.

Обороты ресурсов и товаров в экономике реализуются в рамках экологической системы, поэтому происходящие в них процессы подчинены аналогичным законам трансформации массы и энергии.

Заключение

Авторами статьи предлагается основанная на концепции устойчивого развития инновационная модель допустимого и устойчивого социо-эколого-экономического развития, в основании которой лежит экологическая подсистема (биосфера), а социально-экономические подсистемы являются ее составными подчиненными элементами. Такое построение связей элементов социо-эколого-экономических систем делает систему более естественной и позволяет по-новому подойти к вопросу измерения устойчивости различных по своей сути социальных, экологических и экономических подсистем с помощью универсальных натуральных единиц (т вещества, Дж энергии, ед.

времени). Отмечается, что данные универсальные единицы измерения приемлемы для оценки как межсистемных связей в модели, так и для внутрисистемных процессов отдельных подсистем.

Построенная авторами модель позволяет представить устойчивое развитие как динамичное развитие трех подсистем социо-эколого-экономической системы за счет развития экологической подсистемы, предоставляющей для развития экосистемные услуги. Допустимое развитие представлено в модели как предел мощности экосистем по самоочищению и саморегуляции.

Универсальность разработанной модели позволяет применить ее как для оценки экосистемных услуг, так и для оценки устойчивости промышленных, урбанизированных, сельскохозяйственных, региональных и других видов и типов социо-эколого-экономических систем.

Такая модель позволит усовершенствовать системы показателей устойчивости, которые на сегодняшний день продолжают развиваться, но по-прежнему не могут достичь универсальности, прежде всего, ввиду применения в расчетах интегрального индекса устойчивости волатильных и нестабильных финансово-экономических показателей устойчивости.

Принцип цикличности оборота веществ в биосферных и производственных циклах, заложенный в представленной модели, позволяет оценить экосистемные услуги по преобразованию отходов хозяйственной деятельности социально-экономических систем. Применение такой оценки экосистемных услуг в государственном стратегическом и программно-целевом планировании позволит более гармонично и устойчиво развивать в Российской Федерации циркулярную экономику (экономику замкнутого цикла).

Данная статья носит дискуссионный характер. Дальнейшие исследования авторов направлены на разработку методологии оценки допустимого и устойчивого развития.

Список литературы

1. Guidance in preparing a national sustainable development strategy: managing sustainable development in the new millennium. Background paper No. 13. DESA/DSD/PC2/BP13. UNDESA, 2002. URL: <https://sdgs.un.org/ru/node/16971> (дата обращения: 24.03.2022).
2. Elliott J.A. Sustainable development. In: *International Encyclopedia of Human Geography*. 2nd ed. 2009:117–131. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00124-3>
3. Rosen M.A., Dincer I., Hacatoglu K. Sustainability. In: *Encyclopedia of Toxicology*. 3rd ed. London: Academic Press; 2014:442–447. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01046-0>
4. Hajian M., Kashani S.J. Evolution of the concept of sustainability. From Brundtland report to sustainable development goals. *Sustainable Resource Management*. 2021:1–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824342-8.00018-3>
5. Бобылев С.Н., Соловьева С.В. Цели устойчивого развития для будущего России. *Проблемы прогнозирования*. 2017;3(162):26–33.
6. Тяглов С.Г., Богданова Р.М., Парада Е.В. Развитие зеленой экономики в рамках реализации национального проекта «Экология». *Финансовые исследования*. 2019;2(63):13–22.

7. Краснощеков В.Н., Ольгаренко Д.Г. Оценка эффективности реализации национального проекта «Экология». *Природообустройство*. 2019;(2):6–12.

8. Ленчук Е.Б. Национальные проекты в системе целеполагания социально-экономического развития России. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2020;225(5):79–90. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2020-225-5-79-90>

9. Kuik O.J., Gilbert A.J. Indicators of sustainable development. In: *Handbook of environmental and resource economics*. Cheltenham: Edward Elgar; 1999:722–730. <https://doi.org/10.4337/9781843768586.00063>

10. Ness B., Urbel-Piirsalu E.U., Anderberg S., Olsson L. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*. 2007;60(3):498–508. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023>

11. Ivanova I., Arcelus F.J., Srinivasan G. An assessment of the measurement properties of the human development index. *Social Indicators Research*. 1999;46(2):157–179. <https://doi.org/10.1023/A:1006839208067>

12. Бобылев С.Н., Минаков В.С., Соловьева С.В., Третьяков В.В. Эколого-экономический индекс. М.: WWF России; 2012. 150 с.

13. Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies. 3rd ed. NY, USA. October, 2007. URL: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf> (дата обращения: 24.03.2022).

14. System of environmental-economic accounting – ecosystem accounting. Final draft. 5 February 2021. URL: https://unstats.un.org/unsd/statcom/52nd-session/documents/BG-3f-SEEA-EA_Final_draft-E.pdf (дата обращения: 20.03.2022).

15. Stanton E.A. The human development index: a history. *Working Papers from Political Economy Research*

Institute, University of Massachusetts at Amherst. February 2007. URL: http://peri.umass.edu/fileadmin/pdf/working_papers/working_papers_101-150/WP127.pdf (дата обращения: 14.03.2022).

16. World Bank. 2011. The changing wealth of nations: measuring sustainable development in the new millennium. Environment and sustainable development. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2252> (дата обращения: 20.02.2022).

17. Экологический след субъектов Российской Федерации / общ. ред. П.А. Боев. М.: WWF России; 2014. 88 с. URL: <https://wwf.ru/resources/publications/booklets/ekologicheskij-sled-subektov-rossijskoj-federatsii/> (дата обращения: 20.02.2022).

18. Green growth indicators framework. OECD environment statistics. 2010. URL: <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/green-growth-indicators/> (дата обращения: 14.03.2022).

19. Акимова Т.А. Основы экономики устойчивого развития: учеб. пособие для вузов. М.: Экономика; 2013. 332 с.

20. Muralikrishna I., Manickam V.M. Environmental management. Science and engineering for industry. Oxford, UK: Kidlington: Butterworth-Heinemann (imprint); 2017. 693 p. <https://www.elsevier.com/books/environmental-management/krishna/978-0-12-811989-1> (дата обращения: 20.02.2022).

21. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука; 1987. 348 с.

22. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рэндерс Й., Беренс В. Пределы роста / пер. с англ. М.: МГУ; 1991. 208 с.

23. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция; 2000. 414 с.

References

1. Guidance in preparing a national sustainable Development strategy: managing sustainable Development in the new millennium. Background paper no. 13. DESA/DSD/PC2/BP13. UNDESA, 2002. URL: <https://sdgs.un.org/ru/node/16971> (accessed on 24.03.2022).

2. Elliott J.A. Sustainable development. In: *International Encyclopedia of Human Geography*. 2nd ed. 2009:117–131. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00124-3>

3. Rosen M.A., Dincer I., Hacatoglu K. Sustainability. In: *Encyclopedia of Toxicology*. 3rd ed. London: Academic Press; 2014:442–447. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01046-0>

4. Hajian M., Kashani S.J. Evolution of the concept of sustainability. From Brundtland report to sustainable development goals. *Sustainable Resource Management*. 2021:1–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824342-8.00018-3>

5. Bobylev S.N., Solovyeva S.V. Sustainable development goals for the future of Russia. *Studies on Russian Economic Development*. 2017;28(3):259–265. (In Russ.: Pleiades Publishing, Ltd. 2017;3(162):26–33)

6. Tyaglov S.G. Bogdanova R.M., Parada E.V. Development of green economy within implementation of

the national ecology project. *Finansovye Issledovaniya*. 2019;(2(63)):13–22. (In Russ.)

7. Krasnoshchekov V.N., Olgarenko D.G. Assessment of the efficiency of realization of the national project “Ecology”. *Природообустройство*. 2019;2(63):6–12. (In Russ.)

8. Lenchuk E.B. In the goal-setting system of social and economic development of Russia. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2020;225(5):79–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2020-225-5-79-90>

9. Kuik O.J., Gilbert A.J. Indicators of sustainable development. In: *Handbook of environmental and resource economics*. Cheltenham: Edward Elgar; 1999:722–730. <https://doi.org/10.4337/9781843768586.00063>

10. Ness B., Urbel-Piirsalu E.U., Anderberg S., Olsson L. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*. 2007;60(3):498–508. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023>

11. Ivanova I., Arcelus F.J., Srinivasan G. An assessment of the measurement properties of the human development index. *Social Indicators Research*. 1999;46(2):157–179. <https://doi.org/10.1023/A:1006839208067>

12. Bobylev S.N., Minakov V.S., Solovieva S.V., Tretyakov V.V. Ecological and economic index. Moscow: WWF Russia; 2012. 150 p. (In Russ.)

13. Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies. 3rd ed. NY, USA. October, 2007. URL: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf> (accessed on 24.03.2022).

14. System of environmental-economic accounting – ecosystem accounting. Final draft. 5 February 2021. URL: https://unstats.un.org/unsd/statcom/52nd-session/documents/BG-3f-SEEA-EA_Final_draft-E.pdf (accessed on 20.03.2022).

15. Stanton E.A. The human development index: a history. *Working Papers from Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst*. February 2007. URL: http://peri.umass.edu/fileadmin/pdf/working_papers/working_papers_101-150/WP127.pdf (accessed on 14.03.2022).

16. World Bank. 2011. The changing wealth of nations: measuring sustainable development in the new millennium. Environment and sustainable development. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2252> (accessed on 20.02.2022).

17. Boev P.A., ed. Ecological trace of the constituent entities of the Russian Federation. Moscow: WWF Russia; 2014. 88 p. (In Russ.). URL: <https://wwf.ru/resources/>

publications/booklets/ekologicheskiiy-sled-subektov-rossiyskoy-federatsii/ (accessed on 20.02.2022).

18. Green growth indicators framework. OECD environment statistics. 2010. URL: <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/green-growth-indicators/> (accessed on 14.03.2022).

19. Akimova T.A. Fundamentals of sustainable development economics Moscow: Ekonomika; 2013. 332 p. (In Russ.)

20. Muralikrishna I., Manickam V.M. Environmental management. Science and engineering for industry. Oxford, UK: Kidlington: Butterworth-Heinemann (imprint); 2017. 693 p. <https://www.elsevier.com/books/environmental-management/krishna/978-0-12-811989-1> (accessed on 20.02.2022).

21. Vernadsky V.I. Chemical structure of the Earth's biosphere and its environment. Moscow: Nauka; 1987. 348 p. (In Russ.)

22. Meadows D.H., Meadows D.L., Rensders J., Behrens W. The limiting to growth. NY, USA: Potomac; 1974. 208 p. (Russ. transl.: Meadows D.H., Meadows D.L., Rensders J., Behrens W. Predely rosta. Moscow: MGU; 1991. 208 p.)

23. Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. Ecological challenge and sustainable development. Moscow: Progress-Traditsiya; 2000. 414 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Долгушин Александр Борисович – канд. экон. наук, профессор научно-образовательного центра устойчивого развития, Московский университет имени С.Ю. Витте, 115432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д. 12, стр. 1, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-8671>; e-mail: abdolgushin@yandex.ru

Мазина Светлана Евгеньевна – канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства, 123182, Москва, ул. Шукинская, д. 40, Российская Федерация; доцент, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Российская Федерация; доцент, Российский государственный аграрный заочный университет, 143907, Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 50, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0108-5339>; e-mail: conophytum@mail.ru

Ларионова Ирина Александровна – д-р экон. наук, профессор, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1434-4077>; e-mail: i_larionova@mail.ru

Information about authors

Aleksandr B. Dolgushin – Ph.D (Econ.), Professor of The Faculty of Sustainable Development, Moscow Witte University, 12-1 Korzhukhovskiy Passage, Moscow 115432, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-8671>; e-mail: abdolgushin@yandex.ru

Svetlana E. Mazina – Ph.D (Biol.), Senior Researcher of Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene of the Federal Medical-Biological Agency, 40 Shchukinskaya Str, Moscow 123182, Russian Federation; Associate Professor, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Mikluho-Maklay Str., Moscow 117198, Russian Federation; Associate Professor, Russian State Agrarian Correspondence University, 50 Highway Entuziastov, Balashikha 143907, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0108-5339>; e-mail: conophytum@mail.ru

Irina A. Larionova – Dr.Sci. (Econ.), Professor, National University of Science and Technology MISIS, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1434-4077>; e-mail: i_larionova@mail.ru

Поступила в редакцию 27.04.2022; поступила после доработки 17.05.2022; принята к публикации 25.05.2022

Received 27.04.2022; Revised 17.05.2022; Accepted 25.05.2022