

Перспективы перехода к устойчивому развитию Камчатского края Российской Федерации

Дьяков Максим Юрьевич

Канд. экон. наук, ст. науч. сотр. лаборатории эколого-экономических исследований

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7527-6018>, e-mail: maxus800@mail.ru

Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской Академии Наук (Камчатский филиал),
683000, Партизанская ул., 6, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Аннотация

Переход к устойчивому развитию остается актуальной задачей как на общенациональном, так и на региональном уровнях. Для регионов Дальнего Востока России этот вопрос приобретает особую актуальность из-за высокого объема имеющегося природного капитала и уязвимости местных экосистем. В статье на примере одного из регионов Дальнего Востока (Камчатского края) выявлены возможные направления перехода к модели устойчивого и сбалансированного развития. Целью данного исследования является оценка альтернатив такого перехода при помощи инструментов имитационного моделирования. В ходе работы была представлена характеристика региона с оценкой основных компонентов природного, человеческого и физического капиталов. Вместе с тем сформулировано определение комплексной региональной сбалансированности как региональной проекции устойчивости и пространства возможностей для оптимального использования всех видов капитала. Комплексная региональная сбалансированность состоит из эколого-экономических, эколого-социальных и социально-экономических компонентов. На основе языка алгоритмических сетей разработан имитационный модельный комплекс устойчивого сбалансированного развития региона, на котором проведена серия экспериментов. Полученные результаты позволяют ориентироваться на преимущественное развитие человеческого капитала и на поддержку сферы инноваций как на предпочтительный вариант для перехода к модели устойчивости и комплексной региональной сбалансированности.

Ключевые слова: устойчивое развитие, комплексная региональная сбалансированность, природный капитал, человеческий капитал, физический капитал, имитационное моделирование, язык алгоритмических сетей, Камчатский край

Для цитирования: Дьяков М.Ю. Перспективы перехода к устойчивому развитию Камчатского края Российской Федерации // Управление. 2023. Т. 11. № 3. С. 38–50. DOI: [10.26425/2309-3633-2023-11-3-38-50](https://doi.org/10.26425/2309-3633-2023-11-3-38-50)



Transition prospects to sustainable development of the Kamchatka Krai in the Russian Federation

Maxim Yu. Dyakov

Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher at the Laboratory of Ecological and Economic Research

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7527-6018>, e-mail: maxus800@mail.ru

The Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Kamchatka branch), 6, Partizanskaya ul., Petropavlovsk-Kamchatsky 683000, Russia

Abstract

The transition to sustainable development remains an urgent task both at the national and regional levels. For the regions of the Far East in Russia this issue is of particular relevance due to the high amount of natural capital they have and the vulnerability of local ecosystems. In the article on the example of one of the regions of the Far East (Kamchatka Krai) possible directions for the transition to a model of sustainable and balanced development are identified. The purpose of this study is to evaluate alternatives for such a transition using simulation tools. In the course of the work a characteristic of the region was presented with the main components' assessment of natural, human and physical capital. At the same time the definition of a complex regional balance is formulated as a regional projection of sustainability and a space of opportunities for the optimal use of all types of capital. The complex regional balance consists of ecological-economic, ecological-social and socio-economic components. Based on the language of algorithmic networks, a simulation model complex for sustainable balanced development of the region has been developed, on which a series of experiments has been run. The results obtained make it possible to focus on the preferential development of human capital and on the support of innovation as the preferred option for the transition to a model of sustainability and integrated regional balance.

Keywords: sustainable development, complex regional balance, natural capital, human capital, physical capital, simulation modeling, language of algorithmic networks, Kamchatka Krai

For citation: Dyakov M.Yu. (2023) Transition prospects to sustainable development of the Kamchatka Krai in the Russian Federation. *Upravlenie / Management (Russia)*, 11 (3), pp. 38–50. DOI: 10.26425/2309-3633-2023-11-3-38-50



Введение / Introduction

В настоящее время необходимость перехода к устойчивому развитию признана на общемировом уровне. Этапами признания такого перехода стали доклады Римского клуба «Пределы роста» (1972 г.), «Человечество у поворотного пункта» (1974 г.) и некоторые другие, более поздние труды [Meadows et al., 1972; Mesarovic, Pestel, 1974]. В 1987 г. был опубликован доклад Комиссии Организации Объединенных Наций (далее – ООН) по окружающей среде и развитию (известный как «комиссия Брундтланд») под названием «Наше общее будущее». В указанном докладе было сформулировано понятие «устойчивое развитие». Под этим термином понимают развитие, при котором удовлетворение потребностей текущего поколения не ставит под угрозу удовлетворение потребностей следующих поколений [Генеральная Ассамблея ООН, 1989].

Переломным моментом, обозначившим переход от теоретических исследований к практической реализации идей устойчивого развития стала Конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.), на которой была принята Декларация по окружающей среде и развитию¹ (известная также Повестка дня на XXI в.). В 1997 г. Повестка дня на XXI в. обсуждалась на встрече на высшем уровне по проблемам Земли (известная как «Рио +5»). В 2000 г. прошла встреча глав государств и правительств стран-членов ООН (Йоханнесбургская Декларация по устойчивому развитию), где были сформулированы восемь целей развития до 2016 г.²

Кроме того, в 2015 г. прошел саммит ООН по устойчивому развитию, на котором была принята Повестка дня на период до 2030 г., включающая Цели в области устойчивого развития (далее – ЦУР) – основной текущий документ глобального уровня, задающий главные направления перехода к устойчивому развитию в общепланетарном масштабе³. В общей сложности этот документ включает 17 ЦУР, среди которых можно выделить экологические (ЦУР 13–15: «Борьба с изменением климата», «Сохранение морских экосистем», «Сохранение экосистем

суши»); экономические (ЦУР 7–9: «Недорогостоящая и чистая энергия», «Достойная работа и экономический рост», «Индустриализация, инновации и инфраструктура»); социальные (ЦУР 1–5: «Ликвидация нищеты», «Ликвидация голода», «Хорошее здоровье и благополучие», «Качественное образование», «Гендерное равенство»). Ряд из ЦУР можно отнести к комплексным (ЦУР 6–8: «Чистая вода и санитария», «Недорогостоящая и чистая энергия», «Достойная работа и экономический рост»). На национальном уровне основополагающим документом остается Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию⁴. Национальная стратегия перехода к устойчивому развитию к настоящему времени в Российской Федерации (далее – РФ) не была принята. Тем не менее в принятых и активно реализуемых на общегосударственном уровне национальных проектах России поставлены и достигаются многие из целей, аналогичных ЦУР ООН. Кроме того, в 2017 г. была принята и реализуется Стратегия экологической безопасности Российской Федерации до 2025 года⁵.

В научную разработку идей устойчивого развития внесли фундаментальный вклад такие специалисты, как Р. Костанца и Х. Дейли [Costanza, Daly, 1992; Costanza R. et al, 1997; Costanza, 2020], Д. Медоуз [Meadows, 1972], М. Месарович и Э. Пестель [Mesarovic, Pestel, 1974], Я. Тинберген [Tinbergen, 1976], Э.У. фон Вайцеккер [Вайцеккер, Харгроуз, Смит, 2013], В.И. Вернадский [Вернадский, 2004]. Среди современных отечественных ученых следует выделить работы С.Н. Бобылева [Бобылев и др., 2018; Бобылев, 2020], В.И. Данилова-Данильяна [Данилов-Данильян, Лосев, 2000; Данилов-Данильян, 2003], Б.Н. Порфирьева [Порфирьев, 2018; Порфирьев, 2019]. Исследования Н.Н. Лукьянчикова [2010] и А.Д. Урсула [Ursul A., Ursul T., 2017] отражают вопросы устойчивого развития в философском контексте развития человеческой цивилизации в целом. Представители Международной Научной школы устойчивого развития им. П.Г. Кузнецова – Б.Е. Большаков, О.Л. Кузнецов, Р.В. Кнауб, Е.Ф. Шамаева также развивают философский аспект идей устойчивого

¹ Организация Объединенных Наций. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (дата обращения: 03.05.2023).

² Организация Объединенных Наций. Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию. Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/decl_wssd.shtml (дата обращения: 03.05.2023).

³ Организация Объединенных Наций. Повестка дня в области устойчивого развития. Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения: 06.05.2023).

⁴ Президент Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 01.04.1996 № 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120> (дата обращения: 08.05.2023).

⁵ Президент Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_215668/ (дата обращения: 04.05.2023).

развития наряду с оригинальным подходом к формированию методологического аппарата в этой области [Большаков, Кузнецов, 2016; Большаков, Шамаева, 2017; Кнауф, Игнатъева, 2021; Кузнецов, Большаков, 2013]. В работах Е.В. Рюминой исследуются вопросы состояния и динамики человеческого потенциала, имеющие непосредственное отношение к социальной составляющей устойчивого развития, а разработки И.П. Глазыриной посвящены вопросам «зеленой» экономики [Рюмина, 2021; Рюмина, 2021a; Глазырина, 2020].

Среди зарубежных исследований привлекают внимание некоторые обзорные работы [Silvestre, Țircă, 2019; Dantas et al., 2021; Mio et al., 2020; Biermann et al., 2022]. В научном труде S. Thacker и др. [2019] изучается вопрос о влиянии развития инфраструктуры на достижение ЦУР, а в статье R. Vinuesa и др. [2020] рассматривается связь достижения ЦУР с активным внедрением искусственного интеллекта. Ученые анализируют возможные перспективы и направления достижения ЦУР при помощи инструментов государственного регулирования [Sachs et al., 2019]. Противоречия между ЦУР и способом к их гармонизации анализируются в исследовании J. Nickel [2019].

Основные результаты / Main results

При этом следует отметить, что региональный уровень является ключевым при переходе к устойчивому развитию. Каждый из компонентов природного капитала — физический капитал, под которым в данной статье подразумеваются основные фонды, а также знания, умения и навыки людей. Такой капитал существует только в контексте природных, экономических и социальных взаимосвязей как внутри региона, так и между регионами.

Регионы Дальнего Востока РФ обладают своей спецификой, заключающейся, с одной стороны, в относительно высоком объеме природного капитала, которым такие регионы располагают при сравнительно низком уровне освоенности, а с другой стороны, — в повышенной хрупкости и уязвимости их экосистем. При этом объемы как человеческого, так и физического капиталов в этих регионах заметно ниже, чем в староосвоенных территориях. Такая ситуация может трактоваться как промышленная отсталость и недоосвоенность, но в то же время является существенным преимуществом, поскольку оставляет больше возможностей для достижения состояния, которое можно назвать комплексной региональной сбалансированностью. Такая сбалансированность, действительно, является выражением устойчивого развития на региональном уровне и складывается как

возможное соотношение трех составляющих: эколого-экономической, эколого-социальной и социально-экономической сбалансированности. М.Ф. Замятина определяет эколого-экономическую сбалансированность как «реализуемое в процессе регионального развития соотношение (баланс / дисбаланс) ресурсно-экологических возможностей территории с потребностями региональной социально-экономической системы, которое обеспечивает воспроизводство природного, человеческого и произведенного капиталов» [Замятина, 2016, с. 83]. В свою очередь, эколого-социальную сбалансированность можно обозначить как соотношение ресурсно-экологических возможностей территории с потребностями социального развития, обеспечивающее воспроизводство всех видов капитала, а социально-экономическую — как аналогичное соотношение экономического потенциала территории с потребностями социального развития. Следует заметить, что комплексная региональная сбалансированность является не постоянным, статичным состоянием и единственной возможной «точкой», а, говоря более точно, выступает определенной областью, пространством возможностей, в рамках которого состояние и использование всех типов капитала остается оптимальным, и, соответственно, развитие региона остается устойчивым. Следовательно, достижение ЦУР становится возможным.

Реализация комплексной региональной сбалансированности становится особенно актуальной в условиях нестабильности внешнеэкономических связей и внешних санкций, одним из основных негативных последствий которых может стать примитивизация хозяйства как с точки зрения применяемых технологий, так и структуры экономических связей. В этих условиях оптимальное соотношение разных видов капитала с максимально эффективным использованием имеющихся природных ресурсов, с развитием местного человеческого потенциала, а также со стимулированием инноваций становится главным путем дальнейшего развития для успешной конкуренции на азиатских рынках и для интеграции в новые экономические цепочки.

Указанное выше по отношению к регионам Дальнего Востока в полной мере может быть отнесено и к Камчатскому краю. Следует рассмотреть основные характеристики этого региона. Площадь территории составляет 464,3 тыс. км². Камчатский край входит в состав Дальневосточного федерального округа и включает в себя 64 муниципальных образования. Численность населения по состоянию

на 01.01.2022 составила 312,7 тыс. чел.⁶ Объем Валового внутреннего продукта в 2022 г. превышал 319 млрд руб.⁷ Основными ресурсными компонентами природного капитала региона являются рыбные, водные, рекреационные и минерально-сырьевые ресурсы.

Ежегодный вылов рыбных ресурсов составляет 1,2 – 1,5 млн т видов рыб и ориентировочно 20 тыс. т беспозвоночных [под ред. Коростелева, 2020]. В целом запас промысловых гидробионтов, генерирующий такой объем ежегодного вылова, составляет 10–13 млн т [Дьяков, Бугаев, 2022]. Основными промысловыми объектами являются тихоокеанские лососи, минтай, треска, сельдь, камбалы, крабы и креветки.

К основным минерально-сырьевым ресурсам относятся драгоценные металлы, в первую очередь, золото и серебро. Запасы рудного золота по категориям С1+С2 составляют около 190 т, а серебра – около 0,6 тыс. т⁸. Имеются также цветные металлы, такие как никель (запасы по категориям С1+С2 – около 40 тыс. т), медь, кобальт и некоторые другие. Среди горючих полезных ископаемых определен интерес может представлять уголь с запасами по категориям С1+С2 в размере 274 млн т, из которых более 260 млн т составляет каменный уголь⁹. В настоящее время объем добычи угля незначителен. Имеются также запасы подземных и поверхностных вод, а также общераспространенных полезных ископаемых.

По оценкам экспертов, общая стоимость природного капитала региона 2021 г. достигает величины в 851 млрд долл. США (или 68,9 трлн руб. по курсу 81 руб. / 1 долл. США) [Ширков и др., 2021]. В состав оцененных элементов природного капитала при этом были включены не только природные ресурсы, но и такие экосистемные услуги региона, как депонирование углекислого газа и захоронение углерода. Что касается стоимостной оценки человеческого капитала, то в настоящее время его объем, по оценке автора настоящей статьи, составил 191 млрд руб., из которых более 104 млрд руб. – капитал здоровья

и капитал образования, обозначенный как «основной человеческий капитал» [Дьяков, 2022, с. 556]. Объем физического капитала к 2020 г. составил 1 032 млрд руб.¹⁰ Приведенные данные показывают, что Камчатский край обладает высоким объемом природного капитала, и переход к модели сбалансированного развития для этого региона тесно связан с его рациональным использованием. Вместе с тем развитие, использование человеческого и физического капиталов также имеет важнейшее значение. При этом вопрос об оптимальном соотношении и объемах инвестиций в каждый из видов капитала требует детальной проработки. Действительно, данные виды капитала являются компонентами, оптимальное соотношение которых позволяет достичь комплексной региональной сбалансированности и обеспечить переход региона к устойчивому развитию.

Решение подобной задачи для такой комплексной системы, которую представляет Камчатский край, возможно только с использованием инструментов эколого-экономического моделирования. Одним из вариантов таких инструментов является имитационное моделирование. К его преимуществам можно отнести возможность построения моделей с многочисленными и зачастую не вполне формализуемыми взаимосвязями, а также с большим разнообразием вариантов развития. Все это позволяет воспроизводить сложные по структуре и динамике социо-эколого-экономические системы и процессы практически любого масштаба, в том числе регионального. Поэтому для решения задачи оценки некоторых аспектов перехода региона к устойчивому развитию и комплексной сбалансированности был разработан имитационный модельный комплекс. Для его построения был использован язык алгоритмических сетей (далее – ЯАС), основы которого подробно изложены в труде В.В. Иванищева и др. [1988]. Программным инструментом для построения модельного комплекса выступила платформа «ЭКО-Сапфир», разработанная в Ленинградском институте информатики и автоматизации Академии наук СССР (в настоящее время именуемый как Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук). Алгоритмический потоковый базис с расшифровкой значений операторов языка приведен на рис. 1.

⁶ Официальный сайт исполнительных органов государственной власти Камчатского края. Общие сведения. Режим доступа: <https://www.kamgov.ru/overview> (дата обращения: 07.05.2023).

⁷ Официальный сайт исполнительных органов государственной власти Камчатского края. Социально-экономическое положение Камчатского края. Режим доступа: <https://www.kamgov.ru/socio-economic-situation> (дата обращения: 07.05.2023)

⁸ Правительство Камчатского края. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. Доклад о состоянии окружающей среды в камчатском крае в 2020 году. Режим доступа: <https://www.kamgov.ru/files/6175d246c94f93.62211833.pdf> (дата обращения: 04.05.2023).

⁹ Там же.

¹⁰ Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели 2022: статистический сборник. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf (дата обращения: 08.05.2023).

Идеограммы операторов		
Название оператора или переменной	Графическое представление	Реализуемая функция или примечание
1. Сложение		$X_3 = X_1 + X_2$
2. Вычитание		$X_3 = X_1 - X_2$
3. Умножение		$X_3 = X_1 \times X_2$
4. Деление		$X_3 = X_1 / X_2$
5. Разливание потока в заданной пропорции		$X_2 = X_1 \times X_4$ $X_3 = X_1 \times (1 - X_4)$
6. Слияние потоков с вычислением их относительных весов		$X_1 = X_4 + X_3$ $X_2 = X_1 / X_3$
7. Выбор минимального потока		$X_3 = \min(X_1, X_2)$
8. Выбор максимального потока		$X_3 = \max(X_1, X_2)$
9. Логический ключ (выбор по условию)		$X_3 = X_1$ при $X_4 > 0$ $X_3 = X_2$ при $X_4 \geq 0$
10. Задержка потока во времени		$X_2(t) = X_1(t-1)$
11. Табличная и другие функции		$X_2 = TF(X_1)$
Идеограммы переменных		
Название оператора или переменной	Графическое представление	Реализуемая функция или примечание
1. Переменные состояния		Значения задаются на начало первого периода
2. Входные коэффициенты или временные ряды		Значения задаются постоянными на все периоды или на каждый период
3. Междисциплинарные переменные (межблоковые)		Рассчитываются в моделях других предметных областей (блоков)
4. Прочие входные, выходные и промежуточные переменные		Задаются или рассчитываются в моделях, принадлежащих к одной предметной области

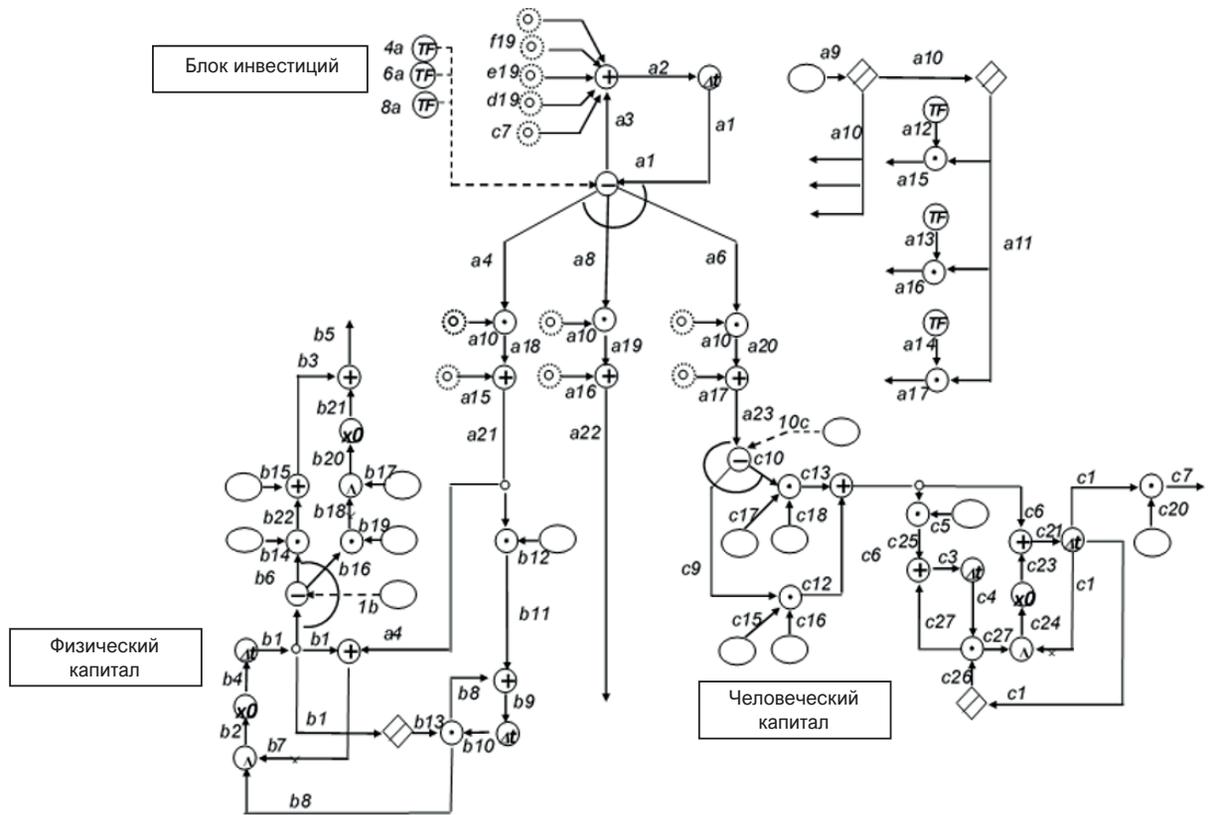
Составлено автором по материалам источника [Иванищев и др., 1988] / Compiled by the author on the materials of the source [Ivanishchev et al., 1988]

Рис. 1. Алгоритмический потоковый базис ЯАС

Fig.1. Algorithmic streaming basis of the LAN (language of algorithmic networks)

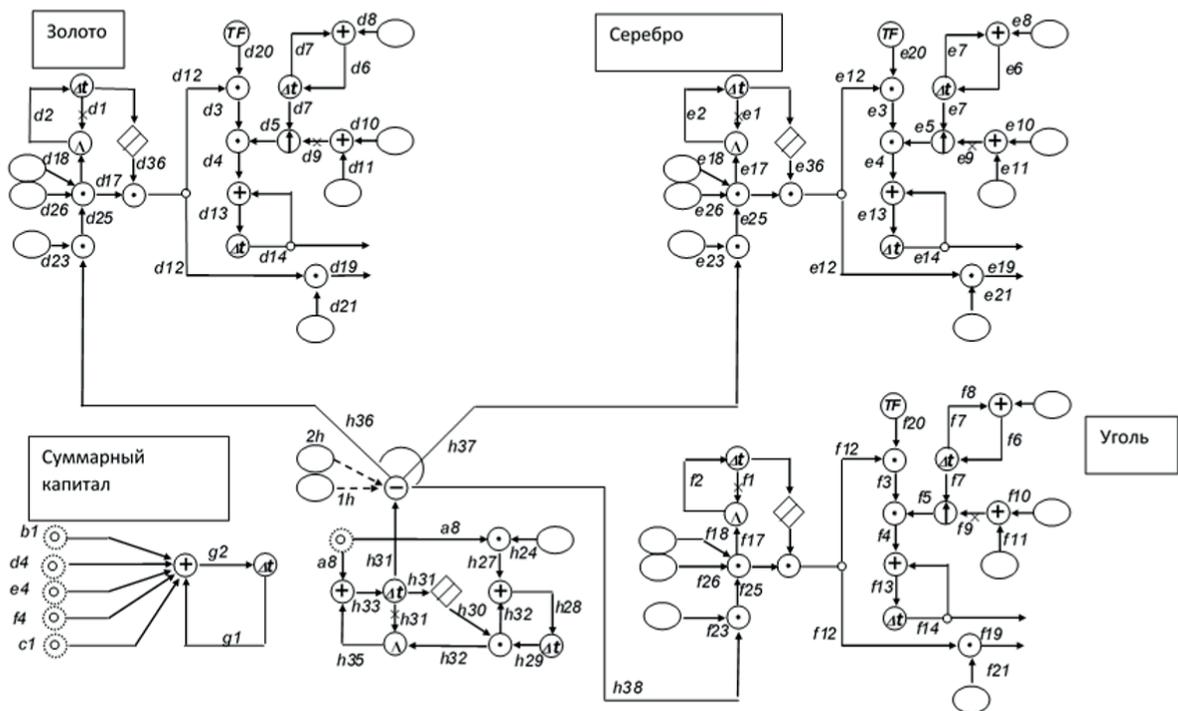
Непосредственной задачей модельного комплекса является оценка различных вариантов развития региона через вложения в тот или иной вид капитала как составляющую комплексной региональной сбалансированности: физический, человеческий, природный. Изменение каждого из видов капитала осуществляется при помощи инвестиционных вложений. Для физического и человеческого капиталов предусмотрено также их выбытие через механизмы амортизации. Запас природных ресурсов снижается по мере их добычи. Общая единица измерения для

всех типов капитала – млн руб. Итоговым критерием при такой оценке становится прирост совокупного капитала региона. Комплекс состоит из ряда модельных блоков, связанных между собой, таких, как блок Валового регионального продукта (далее – ВРП) и инвестиций, блоки физического, человеческого и природного капиталов. Полное изображение алгоритмической сети комплекса в языке ЯАС представлено на рис. 2 и 3. Список основных переменных модельного комплекса представлен в табл. 1–2.



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 2. Модельные блоки ВРП и инвестиций, физического и человеческого капиталов
 Fig.2. Model blocks of GRP and investments, physical and human capitals



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 3. Модельные блоки природного и суммарного капитала
 Fig.3. Model blocks of natural and total capital

Таблица 1

Список основных переменных модельного комплекса устойчивого развития

Table 1. The main variables' list of the model complex for sustainable development

Модельные блоки	Номер переменной	Наименование переменной
Блок инвестиций	a1	ВРП на начало периода, млн руб.
	a2	ВРП на конец периода, млн руб.
	a4	Доля инвестиций от ВРП в физический капитал, д. ед.
	a6	Доля инвестиций от ВРП в человеческий капитал, д. ед.
	a8	Доля инвестиций от ВРП в добычу минерально-сырьевых ресурсов, д. ед.
	a15	Объем фиксированных инвестиций в физический капитал, млн руб.
	a16	Объем фиксированных инвестиций в добычу минерально-сырьевых ресурсов, млн руб.
	a17	Объем фиксированных инвестиций в человеческий капитал, млн руб.
Физический капитал	b1	Основной капитал на начало периода, млн руб.
	b3	Стоимость товаров, работ, услуг при определенном объеме инвестиций, млн руб.
	b4	Основной капитал на конец периода, млн руб.
	b5	Стоимость ВРП при определенном объеме физического капитала, млн руб.
	b6	Текущие инвестиции в действующие технологии, млн руб.
	b7	Суммарный объем основного капитала с учетом инвестиций, млн руб.
	b8	Выбытие основного капитала, млн руб.
	b16	Инвестиции в инновационные технологии, млн руб.
	b21	Стоимость инновационных товаров, работ, услуг при определенном объеме инвестиций, млн руб.
Человеческий капитал	c1	Основной человеческий капитал на начало периода, млн руб.
	c3	Сумма амортизации основного человеческого капитала на конец периода, млн руб.
	c4	Сумма амортизации основного человеческого капитала на начало периода, млн руб.
	c7	Размер ВРП от определенного объема человеческого капитала, млн руб.
	c9	Инвестиции в «капитал здоровья», млн руб.
	c10	Инвестиции в интеллектуальный капитал, млн руб.
	c21	Накопленный основной человеческий капитал на конец периода, млн руб.
	c25	Сумма амортизации от текущих инвестиций в основной человеческий капитал, млн руб.
Основной капитал горнодобывающей промышленности	h27	Сумма амортизации от текущих инвестиций в горнодобывающую промышленность, млн руб.
	h35	Накопленный основной капитал в горнодобывающей промышленности после амортизации, млн руб.
	h36	Доля основного капитала для добычи золота, д. ед.
	h37	Доля основного капитала для добычи серебра, д. ед.
	h38	Доля основного капитала для добычи угля, д. ед.
Суммарный капитал	g1	Накопленный совокупный региональный капитал на начало периода, млн руб.
	g2	Накопленный совокупный региональный капитал на конец периода, млн руб.

Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Таблица 2

Список переменных подблоков горнодобывающей промышленности

Table 2. List of mineral industry sub-block variables

Наименование переменных	Природный капитал		
	Наименования подблоков		
	Золото	Серебро	Уголь
Объем запаса золота/серебра/угля на начало периода	d1	e1	f1
Объем запаса золота/серебра/угля на конец периода	d2	e2	f2
Годовая абсолютная рента от добычи золота/серебра/угля	d4	e4	f4

Природный капитал			
Наименование переменных	Наименования подблоков		
	Золото	Серебро	Уголь
Коэффициент дисконтирования	d_9	e_9	f_9
Суммарная абсолютная рента на начало периода	d_{13}	e_{13}	f_{13}
Объем возможной добычи золота/серебра/угля в текущем периоде при текущем объеме основного капитала	d_{17}	e_{17}	f_{17}
Валовая добавленная стоимость в результате добычи золота/серебра/угля	d_{19}	e_{19}	f_{19}

Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

В качестве альтернатив дальнейшего развития региона, которые моделируются на представленном комплексе, рассматриваются варианты с преимущественными инвестиционными вложениями в физический и человеческий капиталы.

Модельные блоки комплекса организованы следующим образом. В блоке инвестиций происходит распределение инвестиционных вложений по разным типам капитала в соответствии с тем или иным процентным соотношением регионального ВРП. Под воздействием управляющих переменных $4a$, $6a$, $8a$, та или иная доля регионального ВРП ($a1$) в виде инвестиций поступает в физический, человеческий и природный капиталы ($a4$, $a6$, $a8$ соответственно). На заключительном этапе расчета объем ВРП пополняется за счет полученной в каждом из блоков валовой добавленной стоимости ($b5$, $c7$, $f19$, $d19$). Кроме распределения инвестиций в долях от ВРП предусмотрено также размещение в фиксированном объеме через специальные табличные функции ($a12 - a14$).

В блоке физического капитала проводится оценка прироста основного капитала в результате инвестиционных вложений, в том числе в инновационную сферу (рис. 2). Объем основного капитала в регионе на начало периода ($b1$) через управляющий коэффициент $1b$ распределяется на текущие инвестиции в действующие технологии ($b6$), который затем через линейную функцию с коэффициентами $b14$, $b15$ преобразуется в стоимость товаров, работ, услуг при данном объеме инвестиций ($b3$), а также на текущие инвестиции, направляемые в производство инновационных товаров, работ, услуг ($b21$). Затем суммирование переменных $b3$ и $b21$ дает общую долю добавленной стоимости в ВРП, получаемую от физического капитала ($b5$). Начисление амортизации и выбытие основного капитала осуществляется через переменные $b8$, $b10$ и коэффициент амортизации $b12$.

Блок человеческого капитала основан на оценке, проведенной автором при помощи модифицированной методики К.Н. Чигоряева, являющейся разновидностью затратного подхода [Дьяков, 2022]. В соответствии с авторским подходом было введено

фундаментальное различие между оборотным и основным человеческим капиталом. В состав последнего включен капитал здоровья и интеллектуальный капитал. Процесс воспроизводства основного человеческого капитала является основой для данного блока.

Общий объем инвестиций в человеческий капитал, поступающий в блок как доля от общего объема ВРП ($a6$), распределяется в соответствии с заданными пропорциями, регулируемые переменной $10c$, на инвестиции в интеллектуальный капитал и в капитал здоровья ($c10$, $c9$ соответственно), умножаемые на весовые и другие коэффициенты ($c15$, $c16$, $c17$, $c18$). При этом интеллектуальный капитал и капитал здоровья являются основным человеческим капиталом региона. В течение расчетного цикла основной человеческий капитал на начало ($c1$) и на конец ($c21$) периода пополняется за счет инвестиций в интеллектуальный капитал ($c13$) и капитал здоровья ($c12$). Объем интеллектуального капитала ($c13$) вычисляется через коэффициенты $c17$ и $c18$, а капитал здоровья ($c12$) – при помощи поправок через коэффициенты $c15$ и $c16$.

Выбытие основного человеческого капитала происходит через вычитание суммы амортизации ($c4$), которая, в свою очередь, накапливается за счет коэффициента амортизации ($c5$). В заключении расчета объем основного человеческого капитала через коэффициент $c20$ преобразуется в соответствующую долю стоимости в ВРП ($c7$).

Природный капитал рассматривается на примере невозобновляемых ресурсов как наиболее уязвимого компонента, истощение которого не может быть компенсировано. В модельном комплексе задействованы наиболее значимые или перспективные для разработки минерально-сырьевые ресурсы. Таким образом, блок природного капитала состоит из подблоков золота, серебра и угля, а также подблока основного капитала в горнодобывающей промышленности. Архитектура модельного комплекса позволяет при необходимости провести дальнейшее

его расширение через добавление блоков с новыми видами ресурсов.

Основу подблоков составляет цикл добычи, включающий переменные объема запаса золота, серебра и угля на начало периода ($d1, e1, f1$) и на конец периода ($d2, e2, f2$). В результате добычи запас снижается на величину возможного объема добычи в текущем периоде ($d17, e17, f17$). Возможный объем текущей добычи определяется объемом товарного производства ($d25, e25, f25$), зависящим от объема основного капитала в добыче каждого из ресурсов ($h36, h37, h38$). Другим существенно важным компонентом подблоков является расчет объема капитализации абсолютной ренты от добычи ресурсов на начало ($d14, e24, f14$) и на конец периода ($d13, e13, f13$).

Расчет капитализированной ренты от эксплуатации ресурсов отображается на сети следующим образом. Объем добычи ресурса ($d12, e12, f12$) умножается на текущую цену ($d20, e20, f20$), заданную экзогенно, а затем полученный возможный годовой доход от добычи умножается на коэффициент дисконтирования в текущем году $(1+E)^{-t}$ ($d5, e5, f5$). После чего полученная годовая рента ($d4, e4, f4$) суммируется в капитализированную ренту на конец и начало периода ($d13, e13, f13$ и $d14, e14, f14$). Коэффициент дисконтирования в текущем году ($d5, e5, f5$) получается путем возведения коэффициента дисконтирования ($d9, e9, f9$) $(1+E)$ в степень $-t$ текущего года ($d7, e7, f7$). Значение переменных $d7, e7, f7$ рассчитывается автоматическим суммированием с константами $d8, e8, f8$. Кроме того, объем добычи в текущем периоде ($d12, e12, f12$) через специальные коэффициенты $d21, e21, f21$ преобразуется в объем валовой добавленной стоимости от добычи ресурсов $d19, e19, f19$, который затем поступает в блок ВРП и инвестиций.

Подблок основного капитала в горнодобывающей промышленности является базовым для расчетов добычи в ресурсных подблоках. Объединение в одном подблоке всей основы горнодобывающей промышленности было произведено для технического удобства расчетов. Основной капитал в горнодобывающей промышленности на начало ($h31$) и на конец ($h32$) периода пополняется инвестициями в добычу минерального сырья ($a8$). Выбытие основного капитала происходит за счет накопленной суммы амортизации ($h29$), которая, в свою очередь, формируется через коэффициент амортизации $h24$. Распределение основного капитала между различными добываемыми ресурсами происходит за счет управляющих коэффициентов $1h$ и $2h$. В соответствии с заданными ими долями общий объем основного капитала распределяется между добычей золота, серебра и угля.

Заключительным блоком в расчете является блок совокупного капитала. Он состоит из объема совокупного капитала на начало периода ($g1$) и на конец периода ($g2$). Последняя переменная является суммой величин всех капиталов региона: физического, человеческого и учтенных в модели компонентов природного капитала. Величина совокупного капитала является итоговым критерием, по которому можно судить о достижении:

- «слабой» устойчивости в региональном развитии, при которой общая величина совокупного капитала не снижается, а использование природного капитала по мере его расходования постепенно замещается использованием человеческого и природного капиталов;
- «сильной» устойчивости, при которой общая величина совокупного капитала не снижается, и величина природного капитала также не падает ниже определенной критической величины.

Таким образом, в зависимости от распределения инвестиционных потоков между физическим, человеческим и природным капиталами региона появляется возможность прогнозировать достижение параметров устойчивого развития в регионе.

Обсуждение результатов / Results' discussion

Для выявления оптимальных вариантов перехода к устойчивому развитию на модельном комплексе была проведена серия экспериментов, общий алгоритм которых выглядел следующим образом. Расчет начинается с ненулевых значений производственных и финансовых показателей. Инвестиционные вложения осуществляются в каждом расчетном цикле и в каждый из видов капитала: физический, природный и человеческий.

Ключевыми параметрами, определяющими динамику значимых показателей в ходе экспериментов, являются:

1) доля от ВРП, направляемая в инвестиционные вложения ($a4, a6, a8$), или фиксированный объем таких инвестиций ($a15, a16, a17$);

2) распределение этих инвестиций между произведенным, человеческим и природным капиталами (регулируется управляющими коэффициентами $4a, 6a, 8a$) – для модельного комплекса в целом;

3) распределение инвестиций в действующие и инновационные технологии (регулируется управляющим коэффициентом $1b$) – в блоке физического капитала;

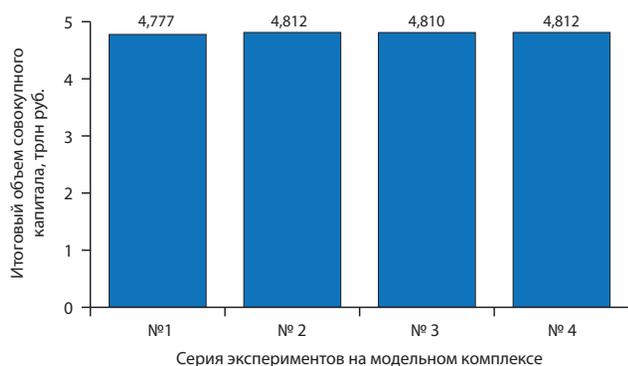
4) распределение инвестиций в добычу различных видов минеральных ресурсов (регулируется управляющими коэффициентами $1h, 2h$) – в блоке природного капитала;

5) распределение инвестиций между «капиталом здоровья» и интеллектуальным капиталом (регулируется

управляющим коэффициентом $10c$) – в блоке человеческого капитала.

Для эксперимента №1 была сохранена текущая структура распределения инвестиций между физическим, природным и человеческим капиталами при фиксированном объеме инвестиций по годам. Эксперимент №2 отражает вариант развития с повышенной долей инвестирования в человеческий капитал региона. Эксперимент №3 заключается в направлении повышенных инвестиций в физический капитал, а эксперимент №4 является комбинацией двух предыдущих – повышенное инвестирование в человеческий капитал при приоритете инновационных технологий внутри физического капитала. Эксперименты с повышенными вложениями в эксплуатацию природного капитала не проводились, так как подобная стратегия заведомо не способствует переходу региона к принципам устойчивого развития и эколого-экономической сбалансированности.

Значения итогового объема накопленного совокупного капитала по различным экспериментам представлены на рис. 4.



Составлено автором по материалам исследования / Compiled by the author on the materials of the study

Рис. 4. Объем накопленного совокупного капитала в Камчатском крае

Fig.4. The volume of accumulated aggregate capital in the Kamchatka Krai

Заключение / Conclusion

По итогам экспериментов можно отметить, что максимальный объем накопленного совокупного капитала достигается при преимущественном инвестировании в человеческий капитал региона (эксперимент №2), что соответствует общему вектору на переход к устойчивому развитию и комплексной региональной сбалансированности. Добавление к этому варианту повышенных инвестиций в инновационную сферу не приводит к увеличению объема совокупного капитала, что говорит о недостаточной эффективности инновационного процесса в регионе и о необходимости его стимулирования. Таким образом, именно данный вариант развития с преимущественным вниманием к человеческому капиталу, с повышенными инвестициями в этот вид капитала, а также со стимулированием инновационной активности можно считать главным и наиболее желательным для перехода к устойчивому развитию.

Приоритетное развитие человеческого капитала позволяет реализовать широкий спектр ЦУР, в частности, таких, как «хорошее здоровье и благополучие», «качественное образование», «достойная работа и экономический рост» и других целей, связанных с указанными. Реализация имеющегося в регионе экономического потенциала и оптимальное использование его природных ресурсов также возможны лишь при соответствующем уровне развития человеческого капитала. Таким образом, человеческий капитал является ключевой составляющей при переходе региона к модели устойчивого и сбалансированного развития.

С методической и инструментальной точек зрения следует сказать, что предложенный инструмент имитационного моделирования и, в частности, построенный модельный комплекс, позволяют повысить качество стратегического управления регионом в ходе планирования и оценки перспектив его развития. Предложенный подход может быть использован при разработке документов концептуального, стратегического и программно-целевого характеров.

Список литературы

Бобылев С.Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? Вопросы политической экономики. 2020;1(21):67–83. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3753332>

Бобылев С.Н., Кудрявцева О.В., Соловьева С.В., Ситкин К.С. Индикаторы экологически устойчивого развития: региональное измерение. Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2018;2:21–33. <https://doi.org/10.38050/01300105201822>

References

Biermann F. et al. Scientific evidence on the political impact of the Sustainable Development Goals. Nature sustainability. 2022;5(9):795–800. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00909-5>

Bobylev S.N. Sustainable development: a new vision for the future? Questions of political economy. 2020;1(21):67–83. (In Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3753332>

- Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л.* Устойчивое развитие и наука проектирования космического будущего мировой системы «планетарная жизнь-человек-человечество-космос» (постановка проблемы и возможное решение). Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. 2016;12(4):1–36.
- Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф.* Устойчивое развитие: вчера-сегодня-завтра. Проблема измерения. Науковедение. 2017;9(4):1–23.
- Вайцеккер Э.У., Харгроуз К., Смит М.Х.* Фактор пять. Формула устойчивого роста: доклад Римскому клубу. М.: Пресс книга; 2013. 368 с.
- Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера М.: Айрис Пресс; 2004. 576 с.
- Генеральная Ассамблея ООН. Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР).* Пер. с англ. Евтеев С.А., Перелет Р.А. М.: Прогресс; 1989. 371 с.
- Глазырина И.П.* Тернистый путь к «зеленой» экономике. Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2020;9:8–23. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2020-9-8-23>
- Данилов-Данильян В.И.* Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ). Экономика и математические методы. 2003;2:123–135.
- Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-традиция; 2000. 416 с.
- Дьяков М.Ю.* Экономическая оценка человеческого капитала региона. Экономика региона. 2022;18(2):556–568. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-18>
- Дьяков Ю.П., Бугаев А.В.* Современное состояние и динамика водных биоресурсов Камчатки. Вопросы географии Камчатки. 2022;17:26–37.
- Замятина М.Ф.* Формирование институциональных условий эколого-экономического развития регионов. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2016;50(1):81–98.
- Иванищев В.В., Михайлов В.В., Тубольцева В.В.* Инженерная экология. Вопросы моделирования. Л.: Наука; 1988. 115 с.
- Кнауб Р.В., Игнатьева А.В.* Ресурсный потенциал горной части Сибирского федерального округа как фактор устойчивого развития региона. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021;29(4):355–370. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-355-370>
- Коростелев Д.А.* (ред.) Экономика Камчатки. Прошлое, настоящее, будущее. Петропавловск-Камчатский: Новая книга; 2020. 186 с.
- Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е.* Русский космизм, глобальный кризис, устойчивое развитие. Евразийская интеграция. 2013;13(1):3–21.
- Лукьянчиков Н.Н.* Планетарный кодекс развития человеческой цивилизации. М.: Экономика; 2010. 46 с.
- Порфирьев Б.Н.* Экономическое измерение климатического вызова устойчивому развитию России. Вестник Российской академии наук. 2019;89(4):400–407. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873894400-407>
- Порфирьев Б.Н.* «Зеленый» фактор экономического роста в мире и в России. Проблемы прогнозирования. 2018;170(5):3–12.
- Bobylev S.N., Kudryavtseva O.V., Solovyova S.V., Sitkina K.S.* Indicators of environmentally sustainable development: a regional dimension. Bulletin of the Moscow University. Series 6. Economics. 2018;2:21–33. (In Russian). <https://doi.org/10.38050/01300105201822>
- Bolshakov B.E., Kuznetsov O.L.* Sustainable development and the science of designing the space future of the world system “planetary life-man-mankind-space” (problem statement and possible solution). Sustainable innovation development: design and management. 2016;12(4):1–36. (In Russian).
- Bolshakov B.E., Shamaeva E.F.* Sustainable development: yesterday-today-tomorrow. The problem of measurement. Science. 2017;9(4):1–23. (In Russian).
- Costanza R.* Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. Ecosystem Services. 2020;43:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>
- Costanza R. et al.* The value of the world’s ecosystem services and natural capital. Nature. 1997;387:253–260.
- Costanza R., Daly H.* Natural Capital and Sustainable Development. Conservation biology. 1992;6(1):37–46.
- Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S.* Environmental challenge and sustainable development. Moscow: Progress-traditsiya; 2000. (In Russian).
- Danilov-Danilyan V.I.* Sustainable development (theoretical and methodological analysis). Economics and Mathematical Methods. 2003;2:123–135. (In Russian).
- Dantas T.E.T. et al.* How the combination of circular economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. Sustainable Production and Consumption. 2021;26:213–227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Dyakov M. Yu.* Economic assessment of the region’s human capital. The economy of the region. 2022;18(2):556–568. (In Russian). <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-18>
- Dyakov Yu.P., Bugaev A.V.* The current state and dynamics of aquatic biological resources of Kamchatka. Geography questions of Kamchatka. 2022;17:26–37. (In Russian).
- Glazyrina I.P.* The thorny path to a “green” economy. All-Russian Economic Journal ECO. 2020;9:8–23. (In Russian). <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2020-9-8-23>
- Hickel J.* The contradiction of the sustainable development goals: Growth versus ecology on a finite planet. Sustainable Development. 2019;27(5):873–884. <https://doi.org/10.1002/sd.1947>
- Ivanishchev V.V., Mikhailov V.V., Tuboltseva V.V.* Engineering ecology. Modeling issues. Leningrad: Nauka; 1988. (In Russian).
- Knaub R.V., Ignatieva A.V.* Resource potential of the mountainous part of the Siberian Federal District as a factor in the sustainable development of the region. Bulletin of the Peoples’ Friendship University of Russia. Series: Ecology and life safety. 2021;29(4):355–370. (In Russian). <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-355-370>
- Korostelev D.A.* (ed.) The economy of Kamchatka. Past, present, future. Petropavlovsk-Kamchatsky: A new book; 2020. (In Russian).
- Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E.* Russian cosmism, global crisis, sustainable development. Eurasian integration. 2013;13(1):3–21 (In Russian).

- Рюмина Е.В.* Анализ восточных регионов России по критериям качества человеческого потенциала. Экономика и бизнес: теория и практика. 2021;7:129–135. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-7-129-135>
- Рюмина Е.В.(а)* Роль географического фактора в формировании и развитии человеческого потенциала. Народонаселение. 2021;24(4):71–81. <https://doi.org/10.19181/population.2021.24.4.6>
- Ширков Э.И., Ширкова Е.Э., Дьяков М.Ю., Михайлова Е.Г.* Оценка природного капитала как инструмент регионального развития. Проблемы развития территории. 2021;25(3):72–88. <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.3.113.5>
- Biermann F. et al.* Scientific evidence on the political impact of the Sustainable Development Goals. *Nature sustainability*. 2022;5(9):795–800. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00909-5>
- Costanza R. Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability.* *Ecosystem Services*. 2020;43:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>
- Costanza R. et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997;387:253–260.
- Costanza R., Daly H.* Natural capital and Sustainable Development. *Conservation biology*. 1992;6(1):37–46.
- Dantas T.E.T. et al.* How the combination of circular economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable production and consumption*. 2021;26:213–227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Hickel J. The contradiction of the sustainable development goals: growth versus ecology on a finite planet.* *Sustainable Development*. 2019;27(5):873–884. <https://doi.org/10.1002/sd.1947>
- Meadows D.H. et al.* The limits of growth: a report for the Club of Rome's Project on the Predicament of mankind. New York: Universe Books; 1972. 205 p.
- Mesarovic M., Pestel E.* Mankind at the turning point. New York: Acad; 1974. 74 p.
- Mio C., Panfilo S., Blundo B.* Sustainable development goals and the strategic role of business: a systematic literature review. *Business strategy and the environment*. 2020;29(8):3220–3245. <https://doi.org/10.1002/bse.2568>
- Sachs J.D. et al.* Six transformations to achieve the sustainable development goals. *Nature sustainability*. 2019;2(9):805–814. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Silvestre B.S., Țîrcă D.M.* Innovations for sustainable development: moving toward a sustainable future. *Journal of cleaner production*. 2019;208:325–332. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.244>
- Thacker S. et al.* Infrastructure for sustainable development. *Nature sustainability*. 2019;2(4):324–331.
- Tinbergen J.* Reshaping the International Order: a report to the Club of Rome. New York: Dutton; 1976. 325 p.
- Ursul A., Ursul T.* New Goals of Sustainable Future. *Philosophy and cosmology*. 2017;18:37–50.
- Vinuesa R. et al.* The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature communications*. 2020;11(1):1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Lukyanchikov N.N.* The Planetary Code of the development of human civilization. Moscow: Economics; 2010. (In Russian).
- Meadows D.H. et al.* The limits of growth: a report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York: Universe Books; 1972.
- Mesarovic M., Pestel E.* Mankind at the Turning Point. New York: Acad; 1974.
- Mio C., Panfilo S., Blundo B.* Sustainable development goals and the strategic role of business: a systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*. 2020;29(8):3220–3245. <https://doi.org/10.1002/bse.2568>
- Porfiriev B.N.* The “green” factor of economic growth in the world and in Russia. *Problems of forecasting*. 2018;170(5):3–12. (In Russian).
- Porfiriev B.N.* The economic dimension of the climate challenge to the sustainable development of Russia. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(4):400–407. (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869-5873894400-407>
- Ryumina E.V.* Analysis of the eastern regions of Russia according to the criteria of human potential quality. *Economics and Business: theory and practice*. 2021;7:129–135. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-7-129-135>
- Ryumina E.V.(а)* The role of the geographical factor in the formation and development of human potential. *Population*. 2021;24(4):71–81. (In Russian). <https://doi.org/10.19181/population.2021.24.4.6>
- Sachs J.D. et al.* Six transformations to achieve the sustainable development goals. *Nature sustainability*. 2019;2(9):805–814. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Shirkov E.I., Shirkova E.E., Dyakov M.Yu., Mikhailova E.G.* Assessment of natural capital as a tool for regional development. *Problems of territory development*. 2021;25(3):72–88. (In Russian). <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.3.113.5>
- Silvestre B.S., Țîrcă D.M.* Innovations for sustainable development: moving toward a sustainable future. *Journal of cleaner production*. 2019;208:325–332. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.244>
- Thacker S. et al.* Infrastructure for sustainable development. *Nature Sustainability*. 2019;2(4):324–331.
- The UN General Assembly.* Our Common Future: report of the International Commission on Environment and Development (ICED). Trans. from Eng. Evteev S.A., Perelet R.A. Moscow: Progress; 1989. (In Russian).
- Tinbergen J.* Reshaping the International Order: a report to the Club of Rome. New York: Dutton; 1976.
- Ursul A., Ursul T.* New Goals of Sustainable Future. *Philosophy and Cosmology*. 2017;18:37–50.
- Vernadsky V.I.* Biosphere and noosphere. Moscow: Iris Press; 2004. (In Russian).
- Vinuesa R. et al.* The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature communications*. 2020;11(1):1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Weizsacker E.W., Hargrose K., Smith M.H.* Factor five. Formula for sustainable growth: report to the Club of Rome. Moscow: Press book; 2013. (In Russian).
- Zamyatina M.F.* Formation of institutional conditions for ecological and economic development of regions. *The economy of the North-West: problems and prospects of development*. 2016;50(1):81–98. (In Russian).