

Научная статья

УДК 332.362

JEL Q53, R11

DOI 10.25205/2542-0429-2024-24-4-161-180

Исследование проблем загрязнения водных и атмосферных ресурсов в Республике Бурятия с использованием экологической кривой Кузнецца

Александр Борисович Базаров

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН
Новосибирск, Россия

sasha.bazarov.97@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5248-3583>

Аннотация

Республика Бурятия, расположенная в северной части Азии, характеризуется значительным биоразнообразием и богатым природным ресурсным потенциалом. Однако активная хозяйственная деятельность, в том числе добыча полезных ископаемых, промышленное производство и энергетика, приводит к значительным экологическим проблемам, особенно в области загрязнения атмосферного воздуха и водных ресурсов. В последние годы наблюдается рост выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, что усложняет экологическую ситуацию, особенно в городах Улан-Удэ, Селенгинск и Гусиноозёрск. Несмотря на предпринимаемые меры по снижению уровня загрязнения, регион продолжает сталкиваться с экологическими вызовами, которые требуют дальнейшего анализа и разработки стратегий для их смягчения. Целью данного исследования является анализ экологических проблем Республики Бурятия на примере загрязнения водных и атмосферных ресурсов с использованием экологической кривой Кузнецца (ЭКК). ЭКК позволяет оценить влияние экономического развития на состояние окружающей среды, что помогает разрабатывать эффективные меры по снижению негативного воздействия хозяйственной деятельности на экологию.

Ключевые слова

Республика Бурятия, экологическая экономика, защита окружающей среды, эколого-экономическое развитие, экологическая кривая Кузнецца, загрязнение воды, загрязнение воздуха

Финансирование

Исследование выполнено в рамках НИР ИЭОПП СО РАН, проект 5.6.6.4. (0260-2021-0008) «Методы и модели обоснования стратегии развития экономики России в условиях меняющейся макроэкономической реальности».

© Базаров А. Б., 2024

Для цитирования

Базаров А. Б. Исследование проблем загрязнения водных и атмосферных ресурсов в Республике Бурятия с использованием экологической кривой Кузнеца // Мир экономики и управления. 2024. Т. 24, № 4. С. 161–180. DOI 10.25205/2542-0429-2024-24-4-161-180

Study of Water and Atmospheric Pollution Problems in the Republic of Buryatia using the Kuznets Environmental Curve

Alexander B. Bazarov

Institute of Economics and Industrial Engineering,
Novosibirsk, Russian Federation

sasha.bazarov.97@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5248-3583>

Abstract

The Republic of Buryatia, located in the northern part of Asia, is characterized by significant biodiversity and rich natural resource potential. However, active economic activity, including mining, industrial production and energy, leads to significant environmental problems, especially in the field of air pollution and water resources. In recent years, there has been an increase in emissions of pollutants from stationary sources, which complicates the environmental situation, especially in the cities of Ulan-Ude, Selenginsk and Gusinoozersk. Despite the measures taken to reduce pollution, the region continues to face environmental challenges that require further analysis and the development of strategies to mitigate them. The purpose of this study is to analyze the environmental problems of the Republic of Buryatia on the example of pollution of water and atmospheric resources using the Ecological Kuznets curve (EKC). The EKC allows us to assess the impact of economic development on the environment, which helps to develop effective measures to reduce the negative impact of economic activity on the environment.

Keywords

Republic of Buryatia, ecological economics, environmental protection, ecological-economic development, ecological Kuznets curve, water pollution, air pollution

Funding

The article was prepared under the research work plan of the Institute of Economics and Industrial Engineering of SB RAS, the project 5.6.6.4. (0260-2021-0008) «Methods and models for substantiating the strategy of the Russian economy development in the context of changing macroeconomic reality».

For citation

Bazarov A. B. Study of water and atmospheric pollution problems in the Republic of Buryatia using the Kuznets environmental curve. *World of Economics and Management*, 2024, vol. 24, no. 4, pp. 161–180. (in Russ.) DOI 10.25205/2542-0429-2024-24-4-161-180

Республика Бурятия расположена в северной части Азии и занимает площадь в 351,3 тыс. км². Более половины территории (58 %) составляют районы Крайнего Севера и территории, приравненные к ним. Лесные массивы занимают 73 % территории республики, водные ресурсы – 6 %, сельскохозяйственные угодья – 11 %, олени пастбища – 1 %. В Бурятии протекает более 25 тысяч рек, из которых 99 % составляют малые реки длиной менее 100 км. Речные системы республики относятся к трем основным водным бассейнам – озера Байкал, реки Лены и реки Ангары, при этом более половины территории Бурятии входит в бассейн озера Байкал.

Республика обладает значительными минерально-сырьевыми ресурсами, на ее территории разведано более 700 месторождений полезных ископаемых, включая золото, вольфрам, уран, полиметаллы, алюминий, молибден, бериллий, плакиновый шпат, бурый и каменный уголь, асбест, нефрит и другие. Кроме того, в Бурятии имеются источники минеральных вод, отличающиеся уникальными физико-химическими свойствами и составом¹.

Однако, несмотря на это природное богатство, регион сталкивается с рядом социально-экономических проблем, которые ограничивают его потенциал. В частности, проблемы связаны с недостаточным развитием инфраструктуры, низким уровнем доходов населения и ограниченным доступом к качественным услугам здравоохранения и образования. Эти факторы негативно сказываются на качестве жизни и благосостоянии населения, что можно проследить с помощью различных социальных индикаторов, например, такого, как ожидаемая продолжительность жизни (рис. 1).

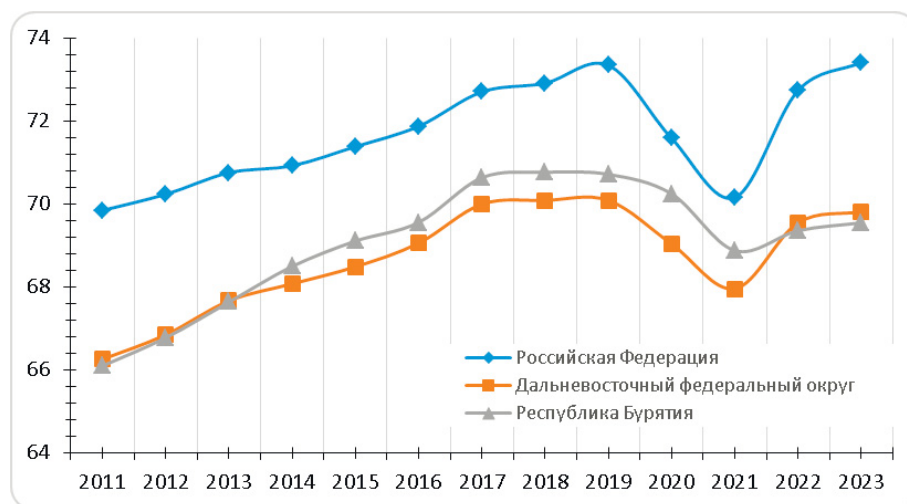


Рис. 1. Ожидаемая продолжительность жизни в России, Дальневосточном федеральном округе и Республике Бурятия

Fig. 1. Life expectancy in Russia, the Far Eastern Federal District and the Republic of Buryatia

Примечание: составлено автором на основе данных Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Стат. сб. / Росстат. М., 2022. 1222 с.

Наряду с социальными и экономическими, одна из причин низкого качества общественного здоровья населения республики (что обуславливает непродолжительную жизнь) – загрязнение атмосферных и водных ресурсов. Далее подробнее остановимся на этой проблеме.

¹ Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Бурятия. Федеральное агентство по недропользованию. 2021. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/> (дата обращения: 12.12.2022).

Экологические проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха

Оценка загрязнения атмосферного воздуха в Республике Бурятия проводилась на основе данных мониторинга шести станций в трех городах региона. Согласно результатам наблюдений, уровень загрязнения атмосферы является очень высоким в Улан-Удэ и Селенгинске и высоким в Гусиноозёрске. Например, в Улан-Удэ среднегодовые концентрации бенз(а)пирена превышают предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 6,7 раза (табл. 1). Максимальные месячные концентрации бенз(а)пирена (33,2 ПДК) были зафиксированы в декабре 2023 г. в Улан-Удэ (табл. 1).

Таблица 1

Динамика среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Улан-Удэ, доли среднесуточной ПДК

Table 1

Dynamics of average annual concentrations of pollutants in the atmospheric air of Ulan-Ude, shares of the average daily maximum permissible concentration

Показатель	2019	2020	2021	2022	2023	Темп прироста в 2023 г. относительно 2019 г., %
Азота диоксид	0,95	1,08	1,13	0,98	1	5,26
Взвешенные вещества	2,96	2,6	2,07	1,81	2,37	-19,93
Углерода оксид	0,19	0,17	0,2	0,17	0,2	5,26
Серы диоксид (относительно ПДК _{сс})	0,29	0,2	0,18	0,16	0,18	-37,9
Формальдегид	4	1,67	2,67	3	3,67	-8,25
Гидроксibenзол (фенол)	1	1	1	1,33	1,33	33
Бенз(а)пирен (относительно ПДК _{сс})	11,95	10,3	8,3	8,7	6,7	-43,93
Азота оксид	0,41	0,2	0,38	0,33	0,43	4,88
Озон	1,17	0,73	1,17	1,2	1,2	2,56
Аммиак	0,03	0,02	0,13	0,13	0,1	↑ в 3,3 раза
Углерод (сажа)	0,96	0,76	1,04	1,24	0,92	-4,17
Сероводород (дигидросульфид)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
PM10	1,6	1,5	1,55	1,48	1,35	-15,63
PM2.5	1,88	1,76	1,76	1,68	1,36	-27,66

Источник: государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2023 году» [1].

В трех городах наблюдается превышение ПДК для ряда загрязняющих веществ. В Улан-Удэ зарегистрированы девять веществ, концентрации которых превышают ПДК, в Селенгинске – шесть, в Гусиноозёрске – три. Всего в отчетный период зафиксировано 20 случаев высокого загрязнения, включая превышение содержания сероводорода в Селенгинске и Брянске, а также превышение оксида углерода в Улан-Удэ. Наибольшее разовое превышение сероводорода отмечено в Брянске (21,5 ПДК), а оксида углерода – в Улан-Удэ (26,9 ПДК). Также в Улан-Удэ наблюдались превышения ПДК формальдегида (в 3,7 раза в 2023 г.) и взвешенных веществ (в 2,4 раза), зафиксированы повышенные концентрации мелкодисперсных частиц PM10 и PM2,5, фенола и озона. В 2023 г. по сравнению с 2019 г. отмечено увеличение среднегодовых концентраций диоксида азота, оксида углерода, фенола, оксида азота, озона и аммиака.

Согласно официальной статистической информации, доступной на сайте Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, в 2023 г. суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в Республике Бурятия составили 108,1 тыс. тонн, что на 0,84 % больше по сравнению с 2022 г. (107,2 тыс. тонн) и на 10,5 % превышает показатель 2021 г. (97,804 тыс. тонн).

Эти данные свидетельствуют о продолжающемся росте выбросов загрязняющих веществ в республике, что связано с деятельностью стационарных источников. Анализ выбросов в разрезе муниципальных районов показывает неравномерность распределения загрязнений по территории региона. Этот факт подчеркивает необходимость дальнейшего мониторинга и принятия мер для сокращения загрязнения атмосферы в Бурятии.

Данные о динамике выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников разрезе муниципальных районов Республики Бурятия представлены в табл. 2.

Общая картина демонстрирует как положительные, так и отрицательные изменения в различных районах, что указывает на неоднородность социально-экономического развития территории.

Одним из ключевых наблюдений является значительное снижение показателей за рассматриваемый период в таких районах, как Баргузинский (–23,42 %), Окинский (–66,99 %), Прибайкальский (–18,13 %) и Закаменский (–4,98 %). Особенно резкое снижение показателей в Окинском районе может быть связано с удаленностью этого района от основных экономических центров и недостаточно развитой инфраструктурой.

С другой стороны, присутствуют районы со значительными темпами роста загрязняющих атмосферу веществ, такие как Северо-Байкальский район и город Северобайкальск. В числе других лидеров по росту находятся Еравнинский, Заиграевский и Иволгинский районы.

Столичный город Улан-Удэ, в отличие от многих других районов, показал небольшое снижение общего объема выбросов от стационарных источников (на 4,81 %). Тем не менее снижение в Улан-Удэ не является критическим и может быть временным.

По всей республике темп прироста выбросов в атмосферу от стационарных источников за 2019–2023 гг. составил 12,73 %. Это указывает на общий отрица-

Таблица 2

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
стационарными источниками Республики Бурятия в 2019–2023 гг., тыс. тонн

Table 2

Dynamics of emissions of pollutants into the atmospheric air by stationary sources
of the Republic of Buryatia in 2019–2023, thousand tons

Административные территории	2019	2020	2021	2022	2023	Темп прироста в 2023 г. относительно 2019 г., %
Баргузинский район	0,88	0,84	0,93	0,76	0,68	–23,42
Баунтовский Эвенкийский район	0,97	0,91	1,80	1,78	1,93	99,48
Бичурский район	0,85	0,99	0,97	1,06	1,39	63,56
Джидинский район	0,46	0,18	0,29	1,23	1,20	161,35
Еравнинский район	0,39	0,61	1,37	2,08	2,09	438,30
Заиграевский район	2,03	2,40	3,08	8,11	8,24	306,11
Закаменский район	1,00	0,79	0,90	1,00	0,95	–4,98
Иволгинский район	0,14	1,21	0,16	1,00	0,99	635,56
Кабанский район	8,70	10,38	10,36	9,88	8,38	–3,67
Кижингинский район	0,03	0,09	0,01	0,01	0,002	–92,86
Курумканский район	0,52	0,62	0,63	0,63	0,63	21,00
Кяхтинский район	2,87	2,87	3,47	3,68	4,79	67,04
Муйский район	1,62	1,38	1,62	1,23	2,70	66,79
Мухоршибирский район	3,50	3,19	3,24	3,37	3,40	–2,83
Окинский район	1,25	0,74	1,30	0,89	0,41	–66,99
Прибайкальский район	1,28	1,14	1,57	1,26	1,05	–18,13
Северо-Байкальский район	0,10	0,18	0,76	2,33	1,20	1072,55
Селенгинский район	42,90	37,51	34,03	39,46	38,77	–9,63
Тарбагатайский район	0,87	0,79	0,82	1,56	0,89	2,41
Тункинский район	0,58	0,89	0,39	0,43	0,62	5,85
Хоринский район	0,10	0,51	0,51	0,54	0,52	421,00
г. Улан-Удэ	24,57	23,41	25,77	23,31	23,39	–4,81
г. Северобайкальск	0,31	2,37	3,81	1,65	3,91	1145,22
Республика Бурятия	95,92	93,98	97,80	107,23	108,13	12,73

Источник: данные федерального статистического наблюдения № 2-ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха». Забайкальское межрегиональное управление Росприроднадзора. 2022. URL: <https://rpn.gov.ru/activity/reports-receiving/air/> (дата обращения: 25.06.2022).

тельный тренд в эколого-экономическом развитии региона. Наличие районов с заметными отрицательными изменениями показывает, что некоторые территории требуют большего экологического внимания.

Основные источники загрязнения воздуха в городах Республики Бурятия связаны с деятельностью теплоэнергетических предприятий, промышленными объектами и животноводческими комплексами. В республике наблюдается активное развитие оборонно-промышленных предприятий (Улан-Удэнский авиационный завод, Улан-Удэнское приборостроительное объединение), а также рост производства цемента на «ТимлюйЦемент». Продолжается добыча полиметаллических руд на месторождении Озёрное и строительство горно-обогатительного комбината. На других крупных предприятиях Улан-Удэ значительных изменений объемов выбросов не зафиксировано.

В табл. 3 представлены данные об уровне выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Республике Бурятия от передвижных источников с 2019 по 2023 г.

Таблица 3

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников за 2019–2023 гг. в Республике Бурятия, тыс. тонн

Table 3

Dynamics of emissions of pollutants into the atmospheric air from mobile sources for 2019–2023 in the Republic of Buryatia, thousand tons

Год	Республика Бурятия	В том числе от железнодорожного транспорта	От автомобильного транспорта
2019	41,21	1,33	39,88
2020	40,81	1,45	39,35
2021	39,95	1,3	38,65
2022	39,30	1,3	38,01
2023	38,65	1,46	37,19

Источник: государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2023 году» [1].

Согласно статистике, наблюдается общая тенденция к снижению выбросов за анализируемый период. Выбросы от железнодорожного транспорта остаются относительно стабильными с незначительными колебаниями, составляя около 1,3–1,4 тыс. тонн в год. В 2023 г. выбросы от железнодорожного транспорта даже немного увеличились по сравнению с предыдущими годами из-за увеличения объемов железнодорожных перевозок.

Автомобильный транспорт, напротив, демонстрирует снижение выбросов. В 2019 г. выбросы составляли 39,9 тыс. тонн, но к 2023 г. они уменьшились до 37,2 тыс. тонн. Однако такая статистика может вызвать сомнения, так

как по данным Управления ГИБДД Министерства внутренних дел России по Республике Бурятия² автомобильный парк вырос с 283,3 тыс. легковых автомобилей в 2019 г. до 293,8 тыс. в 2022 г. (на 3,7 %). Все дело в новой методике расчета транспортных выбросов, не позволяющей с точки зрения экологов адекватно оценивать выбросы от автомобильного транспорта.

Многое делается в РБ для улучшения качества атмосферного воздуха. Для улучшения качества атмосферного воздуха с 2022 г. освобождены от транспортного налога владельцы электромобилей. Введены ограничения на использование твердого топлива в котельных для предприятий с доступом к центральному теплоснабжению. Улан-Удэ, Гусиноозёрск и Селенгинск были включены в перечень территорий с высоким уровнем загрязнения воздуха для участия в эксперименте по квотированию выбросов.

В рамках федерального проекта «Чистый воздух» начаты лабораторные исследования атмосферного воздуха в Улан-Удэ, Селенгинске и Гусиноозёрске. Также в рамках проекта «Сохранение озера Байкал» приобретены средства для мониторинга качества воздуха. Лабораторные исследования уже проводятся в этих населенных пунктах по спискам приоритетных загрязняющих веществ.

В рамках снижения экологического воздействия в Бурятии ведется работа по внедрению солнечных панелей и гибридных электроустановок, а также по развитию инфраструктуры для электромобилей. Согласно докладу, в Улан-Удэ функционируют 20 электрозаправочных станций.

Экологические проблемы, связанные с загрязнением водных ресурсов

Территория Республики Бурятия относится к трем крупным речным бассейнам: озера Байкал (186,8 тыс. км²), реки Лена (126,7 тыс. км²) и реки Ангара (37,8 тыс. км²). Более половины территории республики находится в бассейне озера Байкал, которое включено в Байкальскую природную территорию, где действует особый режим хозяйственной деятельности согласно Федеральному закону «Об охране озера Байкал». В Бурятии насчитывается более 32 тыс. рек общей протяженностью 152 тыс. км, из которых более 99 % составляют малые реки длиной менее 10 км. Примерно половина рек относится к бассейну Байкала, остальные – к бассейнам Лены и Ангары.

Гидрографическая сеть Республики Бурятия распределена достаточно равномерно, с коэффициентом густоты речной сети в основном от 0,4 до 0,6 км/км². Наибольшая густота (0,8–1,0 км/км²) наблюдается в районах Восточных Саян и западной части горного массива Хамар-Дабана. В северных и юго-западных районах плотность речной сети варьируется от 0,6 до 1,0 км/км² на высоте 1100–1200 м. Меньшая плотность (до 0,2 км/км²) характерна для бассейнов рек Джиды и Чикой.

Анализ качества поверхностных вод Республики Бурятия проводился Бурятским филиалом Центральной гидрометеорологической службы по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. В 2023 г. на территории Байкало-Амур-

² Статистические ежегодники Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия. URL: https://burstat.gks.ru/publication_bur (дата обращения: 10.03.2023).

ской магистрали (БАМ), расположенной в водосборном бассейне озера Байкал, отбор проб осуществлялся в нескольких пунктах. Воды рек этого региона в течение года имели слабую минерализацию, при этом уровень растворенного кислорода оставался удовлетворительным, а случаи экстремального загрязнения не были зафиксированы.

Качество воды рек Республики Бурятия значительно ухудшается под воздействием хозяйственной деятельности, что выражается в превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) различных загрязняющих веществ. Наиболее частыми загрязнителями являются медь, цинк, железо, летучие фенолы и нефтепродукты, содержащиеся в реках Тья, Гоуджекит, Холодная и других. Проблемы с качеством воды также выявлены в реках Селенга, Джида, Чикой, Модонкуль и притоках реки Уда, где характерны высокие уровни загрязнения тяжелыми металлами и органическими веществами, что связано с промышленными и сельскохозяйственными стоками. Несмотря на локальные улучшения, связанные с естественными процессами, в целом водные объекты региона испытывают устойчивое антропогенное давление, что требует постоянного экологического мониторинга и принятия мер по снижению уровня загрязнений.

Таким образом, общая оценка состояния водоемов Республики Бурятия показывает наличие загрязненности по ряду ключевых показателей, включая органические вещества и тяжелые металлы, что указывает на необходимость дальнейшего мониторинга и разработки мер по снижению антропогенного воздействия.

Данные, представленные на рис. 2, отражают объемы сброса загрязненных сточных вод по районам Республики Бурятия, оказывающим значительное воздействие на водные ресурсы РБ.

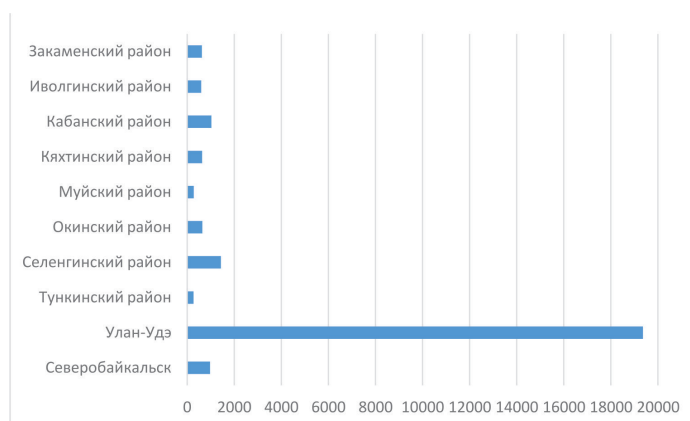


Рис. 2. Сброс загрязненных сточных вод за 2023 г. в разрезе муниципальных образований Республики Бурятия, тыс. м³

Fig. 2. Discharge of polluted wastewater for 2023 by municipalities of the Republic of Buryatia, thousand cubic meters

Примечание: составлено автором на основе Федерального статистического наблюдения № 2-ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды». Енисейское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов. 2022. URL: http://enbv.ru/i03_deyatelnost/i03.05_statistica.php (дата обращения: 25.06.2022).

Наиболее высокие значения наблюдаются в городе Улан-Удэ (19,4 млн м³). Это ожидаемо, учитывая, что Улан-Удэ является столицей региона и крупнейшим городом, сосредоточившим основные производственные и административные мощности. В других районах, таких как Селенгинский (1,4 млн м³), Кабанский (1 млн м³) и Закаменский (0,6 млн м³), также отмечаются значительные объемы, что связано с наличием крупных промышленных объектов или интенсивной хозяйственной деятельностью.

Статистика показывает снижение сброса загрязненных сточных вод Бурятии на 16,8 % с 30,5 млн м³ в 2019 г. до 26,1 млн м³ в 2023 г. Однако это связано с официальным повышением ПДК в составе сточных вод.

Статистически незначительное воздействие на водные ресурсы наблюдается в таких районах, как Хоринский, Тункинский, Тарбагатайский и др. Однако небольшой объем сбросов загрязненных сточных вод в данных районах может требовать дальнейшего исследования: возможно, это связано с неэффективной мониторинговой инфраструктурой либо с неучтенными данными.

В РБ принимаются меры по улучшению состояния водных ресурсов. Так, например, в 2023 г. были проведены мероприятия по восстановлению и реабилитации водных ресурсов, в частности завершена расчистка русла реки Цаган-Гол, что улучшило санитарные условия и снизило загрязнение воды. В целях защиты водных биоресурсов были установлены водоохранные зоны на реке Верхняя Ангара и нескольких озерах, общей протяженностью более 2650 км, что помогает контролировать деятельность вблизи водоемов. В рамках национального проекта «Экология» продолжается очистка дна озера Котокельское и укрепление берегов. Также запланирована модернизация очистных сооружений в Улан-Удэ и Северобайкальске для снижения загрязнения водных объектов Байкальской природной территории³ [3].

Также осуществляются меры по охране водных ресурсов озера Байкал, которые представляют собой комплексный подход, направленный на предотвращение негативного воздействия на уникальную экосистему. Одним из важных направлений является реализация федерального проекта «Сохранение озера Байкал», который входит в нацпроект «Экология». Он нацелен на сокращение сбросов загрязненных сточных вод и уменьшение загрязненных территорий. В рамках этих мер осуществляется модернизация очистных сооружений и строительство коллектора для отвода сточных вод⁴, а также расширение сети мониторинга состояния водных ресурсов [2].

Регулярный экологический мониторинг и надзор за состоянием воды, донных отложений и воздуха проводятся с использованием автоматизированных пунктов и модернизированных лабораторий. Осуществляется гидроакустическая съемка для оценки состояния биологических ресурсов. Научные исследования направлены на выявление новых источников загрязнения и разработку рекомендаций по сохранению экосистемы, а их результаты координируются с государственными структурами.

³ Национальный проект «Сохранение озера Байкал». URL: https://национальныепроекты.рф/projects/ekologiya/sokhranenie_ozera_baykal (дата обращения: 20.05.2023).

⁴ Федеральный закон РФ «Об охране озера Байкал» от 01.05.1999 №94-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22964/ (дата обращения: 04.08.2022).

Важным элементом охраны Байкала также является повышение экологической культуры, что включает образовательные программы, субботники и экологические конкурсы. Это способствует повышению осведомленности местного населения и туристов о необходимости сохранения озера. Таким образом, комплекс мероприятий объединяет правовое регулирование, инфраструктурные проекты, научные исследования и общественные инициативы для обеспечения долгосрочной защиты Байкала.

В целом, анализ экологической ситуации в Республике Бурятия показывает наличие значительных проблем, связанных с загрязнением атмосферного воздуха и водных ресурсов. Атмосферное загрязнение особенно ощущается в городах Улан-Удэ, Селенгинск и Гусиноозёрск, где превышены предельно допустимые концентрации ряда вредных веществ, включая бенз(а)пирен, диоксид азота, оксид углерода и другие. Наблюдается рост выбросов от стационарных источников, при этом выбросы от транспорта демонстрируют тенденцию к снижению, что объясняется сменой методик учета автотранспортных выбросов. Существуют территориальные различия в уровне загрязнения, что отражает неравномерное развитие промышленности и инфраструктуры в разных районах республики.

Водные ресурсы также подвержены значительным экологическим воздействиям. Качество воды в реках региона варьируется, однако в ряде водоемов, особенно в бассейне озера Байкал, зафиксированы превышения по содержанию тяжелых металлов и органических загрязнителей. Основные проблемы связаны с промышленной деятельностью и неорганизованными сбросами сточных вод. Ряд мероприятий, таких как расчистка русел рек и установка водоохраных зон, направлены на улучшение состояния водоемов, однако проблемы с водоочистными сооружениями и воздействием хозяйственной деятельности остаются актуальными.

В целом, ситуация в Бурятии требует активных мер по снижению атмосферных выбросов и улучшению качества водных ресурсов. Модернизация инфраструктуры, развитие возобновляемых источников энергии и внедрение современных экологических стандартов могут способствовать улучшению экологической ситуации в регионе.

Построение экологической кривой Кузнец для Республики Бурятия

В связи с неблагоприятной экологической обстановкой в РБ показалось интересным исследовать влияние экономического развития республики на загрязнение воды и атмосферы. В этих целях был использован модельный аппарат экологической кривой Кузнец (ЭКК).

Гипотеза ЭКК описывает взаимосвязь между экономическим ростом и состоянием окружающей среды. Этот концепт берет свое начало в работах Кузнец 1955 г., в которых автор предположил наличие обратной U-образной зависимости между уровнем экономического неравенства и ростом экономики. ЭКК и классическая кривая Кузнец основаны на предположении, что по мере развития экономики качество жизни, включая экологические показатели и распределение доходов, ухудшается до определенного момента, после чего начинает улучшаться.

ся. Впервые связь между ухудшением экологии и экономическим ростом в форме перевернутой U-образной кривой (рис. 3) была предложена Дж. Гроссманом и А. Крюгером [3], что стало основой для модели ЭКК. Согласно этой модели, нагрузка на окружающую среду (выражающаяся в увеличении выбросов CO_2), поначалу усиливается с ростом доходов на душу населения, но по достижении определенного уровня начинает снижаться [4–6]. На ранних этапах экономического развития общество мало озабочено экологическими вопросами, отсутствуют технологии, направленные на улучшение окружающей среды. Однако по мере роста доходов население начинает предъявлять требования к улучшению экологической ситуации, что приводит к внедрению экологически ориентированных мер и технологий.



Рис. 3. Концепция экологической кривой Кузнец

Fig. 3. The concept of the ecological Kuznets curve

Примечание: составлено автором на основе [7].

Дж. Гроссман и А. Крюгер выделили три ключевых эффекта, описывающих взаимодействие роста экономики и окружающей среды: эффект масштаба, эффект технологий и структурный эффект. Во-первых, эффект масштаба указывает на то, что с увеличением экономической активности экологические проблемы усугубляются, так как производство требует большего количества ресурсов [8; 9]. Это ведет к увеличению загрязнения и количества отходов, что ухудшает состояние окружающей среды. Эффект масштаба усиливает региональное и глобальное загрязнение, включая выбросы CO_2 , и приводит к истощению природных ресурсов.

С другой стороны, технологический эффект объясняет, почему при увеличении доходов качество окружающей среды может улучшаться. По мере роста доходов возрастает спрос на чистую окружающую среду, что стимулирует развитие экологически чистых технологий и проведение строгой экологической политики.

Страны с высоким доходом могут инвестировать в исследования и разработки, направленные на снижение выбросов и защиту окружающей среды.

Структурный эффект показывает, что с развитием экономики происходит переход от производств, сильно загрязняющих окружающую среду, к менее вредным отраслям (нисходящая часть ЭКК). В то время как экономика, ориентированная на природные ресурсы, вызывает большее загрязнение (восходящая часть ЭКК). Страны, которые отказываются от такой модели, могут снизить свой негативный экологический след. Развивающиеся страны, зависящие от природных ресурсов, например, в Субсахарской Африке, специализируются на ресурсоемких отраслях, что ведет к истощению природных ресурсов и увеличению загрязнения [9; 10].

Несмотря на широкое признание гипотезы ЭКК, она остается предметом научных споров [7]. Литература содержит разные результаты относительно «поворотных точек» ЭКК, поскольку эта зависимость варьируется в зависимости от вида загрязнения. Как отмечает С. Динда, исследователи пока не пришли к единому мнению относительно уровня дохода, при котором начинает наблюдаться улучшение состояния окружающей среды.

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа для экологической кривой Кузнеца
в Республике Бурятия по охране водных ресурсов

Table 4

Results of regression analysis for the ecological Kuznets curve in the Republic
of Buryatia for the protection of water resources

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
C	365,1129	204,9826	1,781189	0,007
X	0,115574	0,03293	3,50963	0,0006
X ²	1,61E-06	5,03E-07	3,193265	0,0017
X ³	-9,4E-12	1,91E-12	-4,92808	0

Источник: рассчитано автором с использованием программы Eviews.

В результате исследований, проводимых в ИЭОПП СО РАН, была построена ЭКК Республики Бурятия для исследования влияния экономики на загрязнение воды и воздуха. Результаты регрессионного анализа, представленные в табл. 4, иллюстрируют особенности экологической кривой Кузнеца для Республики Бурятия. В модели использованы данные о сбросе загрязненных сточных вод как зависимой переменной и об экономическом показателе объема отгруженной продукции по муниципальным образованиям региона в качестве независимой переменной. Применение квадратичных и кубических членов позволяет учесть возможную нелинейную взаимосвязь между экономическим развитием и уровнем загрязнения, что согласуется с гипотезой Кузнеца. Использование данных о сбросах сточных вод как показателя экологической нагрузки дает возможность оценить влияние

экономической деятельности на качество водных ресурсов региона, а анализ объема отгруженной продукции позволяет проследить изменения, связанные с экономическим ростом на уровне муниципалитетов.

Анализ показывает, что коэффициент при линейной переменной (X) положителен и статистически значим, что указывает на рост загрязнения воды на начальном этапе экономического развития. Это подтверждается высоким значением t -статистики и низким уровнем p -значения, что говорит о существенной зависимости уровня загрязнения от экономической активности.

Коэффициент при квадрате переменной (X^2) отрицателен, что свидетельствует о замедлении роста загрязнения при достижении определенного уровня экономического развития. Это предполагает, что после достижения определенного порога экономический рост может сопровождаться снижением загрязнения. Однако наличие кубического члена (X^3), который также оказался значимым, указывает на более сложную динамику взаимосвязи, где загрязнение может вновь изменяться в зависимости от дополнительных факторов, характерных для более поздних стадий экономического развития. Однако коэффициенты при X^2 и X^3 очень малы, что не позволяет сделать выводы о переломных точках в ЭКК.

Коэффициент детерминации (R^2) в модели составляет 0,387, что свидетельствует о том, что модель объясняет около 38 % изменчивости уровня загрязнения. Скорректированный коэффициент детерминации также подтверждает надежность модели, демонстрируя ее хорошую объясняющую способность. Статистическая значимость всей модели подтверждена высоким значением F -статистики и низким p -значением.

Таким образом, выводы анализа указывают на отсутствие классической формы экологической кривой Кузнеця с ее типичной U-образной структурой. В случае Республики Бурятия уровень загрязнения продолжает увеличиваться с ростом экономики, при этом снижение загрязнения воды наблюдается не столь выражено, как это предполагалось бы при нелинейной зависимости. Следовательно, экономическое развитие региона сопровождается ростом загрязнения водных ресурсов, и его снижение в долгосрочной перспективе может быть менее значительным, чем предсказывает традиционная гипотеза (рис. 3).

Результаты регрессионного анализа, представленные в табл. 5, демонстрируют особенности экологической кривой Кузнеця для показателей загрязнения атмосферного воздуха в Республике Бурятия. В модели использован уровень выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в качестве зависимой переменной, а объем отгруженной продукции по муниципальным образованиям региона выступает в роли независимой переменной, характеризующей экономическую активность. Применение квадратичных и кубических членов в модели позволяет учесть возможную нелинейную взаимосвязь между экономическим ростом и уровнем загрязнения. Такой подход дает возможность проанализировать, как изменения в объеме промышленного производства влияют на экологическую обстановку, связанную с выбросами от стационарных источников, что особенно важно для оценки локальных экологических рисков и определения перспектив развития устойчивой экономики.

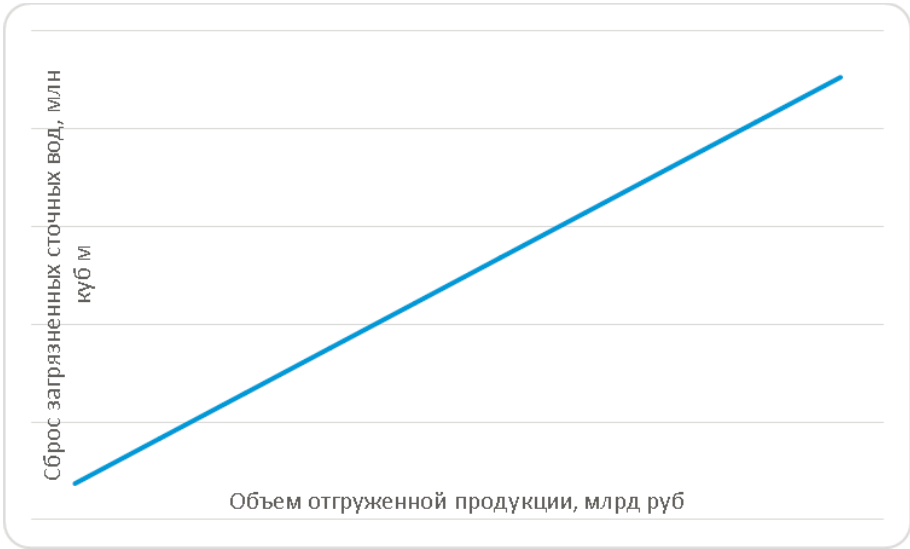


Рис. 4. Экологическая кривая Кузнецца в Республике Бурятия по охране водных ресурсов
Fig. 4. Ecological Kuznets curve in the Republic of Buryatia for the protection of water resources

Примечание: рассчитано автором с использованием программы Eviews.

Таблица 5

Результаты регрессионного анализа для экологической кривой Кузнецца в Республике Бурятия для атмосферных ресурсов

Table 5

Results of regression analysis for the ecological Kuznets curve in the Republic of Buryatia for atmospheric resources

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
C	242,5721	477,9917	0,507482	0,0061
X	1,101294	0,108302	10,16873	0
X ²	−1,2E-05	1,71E-06	−7,20791	0
X ³	3,88E-11	6,66E-12	5,824572	0

Источник: составлено автором с использованием программы Eviews.

Анализ показывает, что коэффициент для линейной переменной (X) положителен и значим, что свидетельствует о том, что на ранних стадиях экономического развития происходит увеличение уровня загрязнения воздуха. Этот вывод подтверждается высокими значениями t-статистики и низкими p-значениями,

что указывает на наличие устойчивой положительной зависимости между экономической активностью и уровнем загрязнения. Коэффициент при квадратичном члене (X^2) также значим и отрицателен, что позволяет предположить, что на определенном этапе экономического развития темпы роста загрязнения начинают снижаться. Данный результат согласуется с гипотезой экологической кривой Кузнеця, согласно которой начальный экономический рост сопровождается увеличением загрязнения, но после достижения определенного уровня доходов начинается снижение экологической нагрузки. Интересным элементом анализа является наличие кубического члена (X^3) с положительным значением коэффициента. Этот показатель подтверждает наличие более сложной динамики, когда на высоких уровнях экономического роста могут проявляться дополнительные факторы, влияющие на загрязнение. Однако низкие значения коэффициентов при X^2 и X^3 не позволяют принять во внимание нелинейные взаимодействия.

Высокое значение коэффициента детерминации (R^2), составляющее 0,909, свидетельствует о том, что модель объясняет около 91 % изменчивости уровня загрязнения воздуха. Это говорит о хорошей объясняющей способности модели и высокой точности прогнозирования. Скорректированный R^2 почти совпадает с исходным значением, что дополнительно подтверждает надежность результатов. Высокое значение F -статистики также указывает на статистическую значимость всей модели.

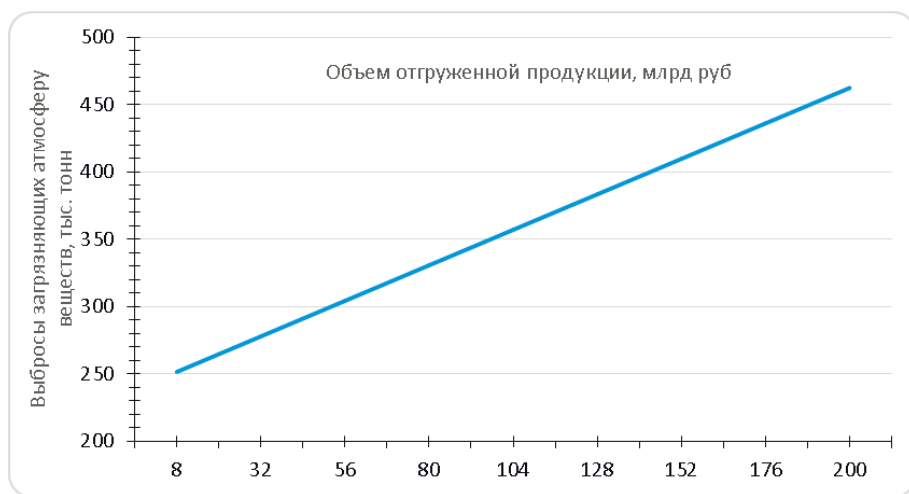


Рис. 5. Экологическая кривая Кузнеця в Республике Бурятия по охране атмосферных ресурсов

Fig. 5. Ecological Kuznets curve in the Republic of Buryatia for the protection of atmospheric resources

Примечание: составлено автором с использованием программы Eviews.

Таким образом, выводы анализа указывают на то, что экологическая кривая Кузнеця для загрязнения воздуха в Республике Бурятия не имеет традиционной

U-образной формы. Как видно на рис. 5, зависимость носит преимущественно линейный характер: рост экономики сопровождается устойчивым увеличением уровня загрязнения воздуха, а признаков значимого снижения загрязнения по мере дальнейшего экономического развития не наблюдается. Это позволяет заключить, что экономическое развитие региона не ведет к автоматическому улучшению экологической ситуации, как это предполагает классическая гипотеза экологической кривой Кузнеця.

Заключение

Исследование показало, что Республика Бурятия сталкивается с серьезными экологическими проблемами, связанными с загрязнением водных и атмосферных ресурсов, что отражается на благополучии населения и устойчивом развитии региона. Основными источниками загрязнений являются промышленные предприятия, предприятия теплоэнергетики и транспорт. Особую угрозу для экологической безопасности представляют выбросы в атмосферу опасных веществ, таких как бенз(а)пирен, диоксид серы, оксид углерода, а также повышенные концентрации тяжелых металлов в водных ресурсах, особенно в реках, впадающих в озеро Байкал.

Применение гипотезы экологической кривой Кузнеця для Республики Бурятия показало, что на начальных этапах экономического развития ухудшение экологической ситуации является неизбежным следствием увеличения объемов производства. Текущее состояние эколого-экономического развития республики демонстрирует, что регион находится на переходной стадии, когда экономический рост еще не сопровождается значительными улучшениями в экологической сфере. Для того чтобы выйти на траекторию устойчивого развития, Бурятии необходимо принять комплекс мер по улучшению экологической ситуации. Важную роль в этом процессе будут играть следующие направления.

1. Модернизация промышленных предприятий и энергетического сектора – внедрение современных экологически чистых технологий, направленных на снижение выбросов загрязняющих веществ. Особое внимание следует уделить энергетическим объектам и предприятиям, использующим уголь как основной источник энергии, заменяя его на более чистые и возобновляемые источники.

2. Развитие экологического транспорта и инфраструктуры – стимулирование использования электромобилей и развитие транспортной инфраструктуры с низкими выбросами. Снижение зависимости от автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания является ключевым аспектом в борьбе с загрязнением воздуха в крупных городах региона.

3. Строительство новых и модернизация существующих очистных сооружений и систем сбора сточных вод в промышленных районах и населенных пунктах, особенно вблизи озера Байкал и его водосборного бассейна, что может существенно сократить объемы сброса загрязненных сточных вод.

4. Усиление мер контроля и мониторинга окружающей среды – продолжение и расширение программы мониторинга состояния окружающей среды с использованием новых технологий и мобильных лабораторий для оперативного

контроля за качеством воздуха и воды в различных муниципальных районах республики.

5. Повышение экологической осведомленности населения – активное привлечение местного сообщества и бизнес-сектора к участию в программах по защите окружающей среды, что будет способствовать формированию эколого-ориентированного поведения и внедрению «зеленых» технологий в частный и государственный секторы.

6. Развитие экологического туризма – использование природного потенциала региона, включая уникальную экосистему озера Байкал, для привлечения туристов и инвестиций в развитие экологически безопасных отраслей экономики, что будет способствовать снижению нагрузки на окружающую среду.

Данное исследование закладывает основу для дальнейшего изучения эколого-экономического развития региона с использованием модели экологической кривой Кузнеця. Перспективным направлением для дальнейших исследований является более детальный анализ отраслевой структуры экономики Бурятии с целью определения наиболее загрязняющих отраслей и разработки стратегии перехода к «зеленой» экономике.

В заключение, эколого-экономическое развитие Республики Бурятия требует комплексного и сбалансированного подхода, который будет учитывать как экономические, так и экологические интересы. Только через реализацию программ по модернизации инфраструктуры, переходу на возобновляемые источники энергии и усилению мер по охране окружающей среды регион сможет достигнуть устойчивого развития, минимизируя негативное влияние на природу и улучшая качество жизни населения.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2023 году». Улан-Удэ: Министерство природных ресурсов и экологии Республики Бурятия, 2024. 384 с.
2. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2022 году». URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_ozera_baykal_i_merakh_po_ego_okhrane/ (дата обращения: 10.10.2024).
3. **Grossman G. M., Krueger A. B.** Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement // The U.S.-Mexico Free Trade Agreement. MIT Press, 1993. P. 13–56.
4. **Adu G., & Denkyirah E. K.** Renewable energy, environmental quality, and economic growth: Empirical evidence from Ghana // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 74. P. 881–890.
5. **Shahbaz M., Tachea M., et al.** The Relationship between Economic Growth and CO2 Emissions: Evidence from the Former Soviet Union Countries // Environmental Science and Pollution Research. 2021. № 28(5). P. 12345–12358.

6. **Shahbaz M., Bibi, S., & Tiwari A. K.** The relationship between tourism, trade, and economic growth in Pakistan: Evidence from multivariate analysis // *International Journal of Economics and Management Sciences*. 2016. Vol. 5. № 4. P. 158–169.
7. **Dinda S.** Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey // *Ecological Economics*. 2004. № 49. C. 431–455.
8. **Antweiler W., Copeland B. R., & Taylor M. S.** Is free trade good for the environment? // *American Economic Review*. 2001. Vol. 91. № 4. P. 877–908.
9. **Wasiu A. A., & Alasinrin K. I.** An empirical analysis of the impact of tax policy on economic growth in Nigeria // *Journal of Accounting and Taxation*. 2015. Vol. 7, № 6. P. 98–106.
10. **Tachea M. A., Ampadu-Ameyaw R., & Dadzie S. K.** An empirical analysis of the impact of agriculture on economic growth in Ghana // *International Journal of Agricultural Economics*. 2021. Vol. 6, № 4. P. 102–108.

References

1. State report “On the state and protection of the environment of the Republic of Buryatia in 2023”. Ulan-Ude, Ministry of Natural Resources and Ecology of the Republic of Buryatia, 2024, 384 p. (in Russ.)
2. State report “On the state of Lake Baikal and measures for its protection in 2022” [Electronic resource]. Access mode: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_ozera_baykal_i_merakh_po_ego_okhrane/ (date of access: 10.10.2024). (in Russ.)
3. **Grossman G. M., Krueger A. B.** Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. *The U.S.-Mexico Free Trade Agreement*. MIT Press, 1993, pp. 13–56.
4. **Adu G., & Denkyirah E. K.** Renewable energy, environmental quality, and economic growth: Empirical evidence from Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 74, pp. 881–890.
5. **Shahbaz M., Tachea M., et al.** The Relationship between Economic Growth and CO₂ Emissions: Evidence from the Former Soviet Union Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, № 28(5), pp. 12345–12358.
6. **Shahbaz M., Bibi, S., & Tiwari A. K.** The relationship between tourism, trade, and economic growth in Pakistan: Evidence from multivariate analysis. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 2016, vol. 5, № 4, pp. 158–169.
7. **Dinda S.** Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 2004, № 49, pp. 431–455.
8. **Antweiler W., Copeland B. R., & Taylor M. S.** Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 2001, vol. 91, № 4, pp. 877–908.
9. **Wasiu A. A., & Alasinrin K. I.** An empirical analysis of the impact of tax policy on economic growth in Nigeria. *Journal of Accounting and Taxation*, 2015, vol. 7, № 6, pp. 98–106.
10. **Tachea M. A., Ampadu-Ameyaw R., & Dadzie S. K.** An empirical analysis of the impact of agriculture on economic growth in Ghana. *International Journal of Agricultural Economics*, 2021, vol. 6, № 4, pp. 102–108.

Сведения об авторах

Базаров Александр Борисович, младший научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН

РИНЦ: 1009192

SPIN-код: 7926-7130

Research ID: AEB-8065-2022

Information about the Author

Alexander B. Bazarov, Junior Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering (Novosibirsk, Russian Federation)

РИНЦ: 1009192

SPIN-code: 7926-7130

Research ID: AEB-8065-2022

*Статья поступила в редакцию 08.10.2024;
одобрена после рецензирования 20.11.2024; принята к публикации 20.11.2024*

*The article was submitted 08.10.2024;
approved after reviewing 20.11.2024; accepted for publication 20.11.2024*