

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ И ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ
БЕЗОПАСНОСТЬ НА МЕЗОУРОВНЕ:
ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НА ПРИМЕРЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

Р. С. Федюк, Е. В. Левкина, Е. Г. Гусев

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»;
ГКОУ ВО «Российская таможенная академия»,
Владивостокский филиал, Владивосток, Россия*

Ключевые слова: валовой региональный продукт; корреляционно-регрессионный анализ; уровень загрязненности; факторы; эконометрическое моделирование; экономическая безопасность; экологическая безопасность.

Аннотация: Показано построение и верификация эконометрической модели, оценивающей влияние ключевых экологических факторов на уровень экономической и экологической безопасности на мезоуровне (на примере Приморского края) за период 2008 – 2023 гг. В качестве объясняющих переменных использованы объемы инвестиций в охрану окружающей среды, выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. Проанализированы динамика и взаимосвязи указанных показателей с агрегированными индикаторами экономической и экологической безопасности региона, включая ВРП на душу населения, уровень заболеваемости, инвестиционную привлекательность, состояние природных ресурсов и экологическую нагрузку. Используются методы корреляционного анализа, множественной линейной регрессии и тестирования гипотез с использованием библиотек Python (Pandas, NumPy, Statsmodels, Seaborn, Matplotlib). Подтверждена основная гипотеза исследования: экологическая и экономическая безопасность на мезоуровне тесно взаимосвязаны, игнорирование экологических рисков создает системные угрозы устойчивому социально-экономическому развитию региона.

Федюк Роман Сергеевич – доктор технических наук, профессор Военного учебного центра; Левкина Елена Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, начальник отдела по работе с диссертационными советами, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия; Гусев Евгений Георгиевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики таможенного дела и управления, Владивостокский филиал ГКОУ ВО «Российская таможенная академия», Владивосток, Россия.

Введение и актуальность исследования

В условиях современных глобальных вызовов, детерминированных комплексными экологическими, экономическими и социальными факторами, вопросы экологической устойчивости и безопасности приобретают первостепенное значение для формирования стратегий устойчивого развития. Экологические аспекты, оказывающие влияние на качество жизни, здоровье населения и экономическое благополучие, выходят за рамки традиционного понимания макроэкономических показателей и требуют более глубокого и всестороннего анализа.

Промышленные предприятия и отраслевые комплексы вынуждены адаптироваться к новым экологическим реалиям, внедряя передовые технологии, минимизирующие негативное воздействие на окружающую среду. Это включает разработку и внедрение экологически чистых производственных процессов, использование возобновляемых источников энергии и внедрение систем очистки выбросов и сточных вод.

Оценка воздействия экологических факторов на качество жизни и экономическую эффективность представляет собой сложную междисциплинарную задачу. Отсутствие универсальных методологических подходов затрудняет разработку эффективных стратегий, направленных на обеспечение экологической устойчивости. Исследования в данной области требуют комплексного подхода, включающего статистический анализ, моделирование сценариев и проведение экспертных оценок.

Стремление к экологизации экономики открывает новые перспективы для инноваций и создания «зеленых» рабочих мест. Развитие возобновляемых источников энергии, переход к ресурсосберегающим технологиям и внедрение экологически безопасных производственных процессов становятся не только экологическим императивом, но и конкурентным преимуществом. Это способствует формированию новой модели устойчивого развития, основанной на принципах экономической эффективности и экологической ответственности.

Формирование новой парадигмы устойчивого развития требует активного участия различных факторов, включая государственные органы, бизнес-сообщество и гражданское общество. Только при условии синергетического взаимодействия можно достичь баланса между экономическими интересами и экологической безопасностью. Это обеспечит высокое качество жизни для нынешнего и будущих поколений и создаст благоприятные условия для устойчивого развития на глобальном уровне. «Важным методом оценки влияния экологических факторов на экономическую безопасность в регионе является эконометрическое моделирование, позволяющее установить и количественно оценить взаимосвязь между показателями валового регионального продукта региона и эколого-экономическими параметрами» [1]. Анализ научной разработанности данного вопроса отражает отсутствие единых критериев оценки взаимосвязи между указанными процессами.

Теоретические и методические вопросы изучения взаимосвязи экологических факторов и экономической безопасности начали активно прорабатываться во второй половине XXI в. Исследованию влияния и симбиоза экологических факторов и экономической безопасности посвящены рабо-

ты [2 – 5]. Дискуссионная парадигма «экологизация экономики» заключается в глубокой интеграции экологических факторов в современную экономику. Большинство ученых считают, что в силу развития инструментов «зеленых облигаций», «зеленых инвестиций», стратегического развития в рамках «зеленой экономики» роль экологической составляющей при обеспечении комплексной экономической безопасности только усиливается. Экологическая составляющая выражается в таком состоянии экономики страны, отраслевых комплексов, предприятий, «при котором повсеместно внедряется бережливое отношение к окружающей среде (в том числе к природе), создаются условия для восстановления природного потенциала в будущем, возможности переработки и использования вторичного сырья» [3]. Охрана окружающей среды и бережливое использование природных ресурсов являются квинтэссенцией для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития региона. Пренебрежение рациональным использованием природных ресурсов создает угрозы, как для экологии, так и для экономики. Так, ухудшение качества воды, загрязнение воздуха, загазованность, снижение доступности природных ископаемых и эрозия, а также экологические катастрофы могут отрицательно сказаться на эффективности отраслевых комплексов и промышленности, многократно увеличив расходы на очистку и восстановление окружающей среды, а следовательно, сократить рентабельность производства и создать дополнительные угрозы конкурентоспособности отрасли. В этой связи на федеральном, региональном и локальном уровнях необходимо разрабатывать и реализовывать комплексные меры по охране окружающей среды, в числе которых внедрение экологически чистых технологий, рациональное использование природных ресурсов, а также создание эффективных систем мониторинга и контроля, налоговые льготы для экопредприятий.

Кроме того, важно стимулировать предприятия к снижению негативного воздействия на природу. Это можно достичь через систему налоговых льгот, субсидий и других стимулов для компаний, которые внедряют экологически чистые технологии и практики.

Таким образом, охрана окружающей среды не только способствует сохранению природы, но и является важным фактором для обеспечения устойчивого экономического роста и повышения качества жизни людей.

Цель исследования – оценить влияние некоторых экологических факторов на экологическую и экономическую безопасность на мезоуровне на примере Приморского края. Основная гипотеза исследования – тезис о том, что экологические факторы оказывают существенное влияние на экологическую и экологическую безопасность на мезоуровне. В работе рассмотрен временной период с 2008 по 2023 годы.

Материалы и методы

Алгоритм научного исследования:

- 1) определение и группировка факторов, оказывающих влияние на экологическую и экономическую безопасность региона;
- 2) оценка степени влияния экологических факторов на экологическую безопасность Приморского края с помощью эконометрического моделирования;

3) установление взаимовлияния и взаимозависимости экологической и экономической безопасности региона;

4) выявление проблем в управлении экологической безопасностью региона по результатам проведенного аналитического обзора.

В работе использованы общенаучные методы исследования (анализ, синтез, сравнение, логическая интерпретация, аналогия), метод сбора информации (контент-анализ), экономико-математический и статистический методы. Информационной базой для проведения исследования служат отчеты, Интернет-сайты Росстата и Приморскстата, база данных единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС).

Результаты исследования

Укрепление экономической безопасности субъекта как процесс строится на многоуровневой и многокритериальной системе, каждый из факторов которой представляет отдельную сферу и составляющую. Целый ряд текущих исследований [6 – 10] прикладного характера косвенно подтверждает гипотезу о значимом влиянии экологических факторов на экономическую и экологическую безопасность. Немаловажным в современной науке является исследование обратной связи: влияние экономических факторов на экологическую безопасность. Например, затянувшийся экономический кризис значительно тормозит развитие безотходных технологий, а также создание индустрии экологического назначения из-за сектора инвестиций в охрану окружающей среды и экопроекты. Соответственно, существует тесная корреляция «экологических факторов и экономической безопасности» и «экономических факторов и экологической безопасности». Для количественного подтверждения авторской гипотезы предлагается использовать эконометрическое моделирование.

Для обработки данных применялись язык программирования Python, библиотеки Pandas и Numpy, для работы со статистикой и проверки гипотез – библиотека Statsmodels, для построения графиков – библиотека Matplotlib. Python позволяет определить взаимосвязь между экологическим состоянием региона и экономическими факторами, а библиотеки Seaborn, Matplotlib, Pandas и Numpy использовались для графической визуализации исходной базы для расчетов и полученных результатов. Библиотека Statsmodels позволяет выявить закономерности и зависимости между исследуемыми переменными.

В качестве индикатора, характеризующего экономическую безопасность региона, используется валовой региональный продукт (ВРП) y , млн р., а также показатели, отражающие величину антропогенной нагрузки региона: x_1 – количество выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников, тыс. т; x_2 – сброс сточных вод в поверхностные водные объекты, тыс. т; x_3 – инвестиции на охрану окружающей среды, млн р.

Значение показателей за 2008 – 2023 гг. представлены в табл. 1, динамика значений рассматриваемых показателей за 16 лет – на рис. 1.

По полученным данным можно отметить, что наблюдается возрастающий тренд для показателя ВРП и вместе с тем убывающий – для показателя «Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты».

Таблица 1

**Исходные данные для оценки влияния экологических факторов
на экономическую безопасность**

Год	y	x_1	x_2	x_3
2008	316582	242	340	402,4
2009	368997	226	337	1104,8
2010	470679	233	371	4951,4
2011	549723	225	336	6822,3
2012	557489	209	318	10241,1
2013	577474	181	285	715,4
2014	642423	190	290	1100,2
2015	717610	193	291	1642,2
2016	860804	186	276	867,4
2017	906265	186	268	1333,6
2018	965485	181	266	1401,0
2019	1069331	178	259	2861,8
2020	1105673	170	261	3840,3
2021	1354100	197	251	3772,5
2022	1539350	203	244	4250,5
2023	1574352	219	237,8	3042,5

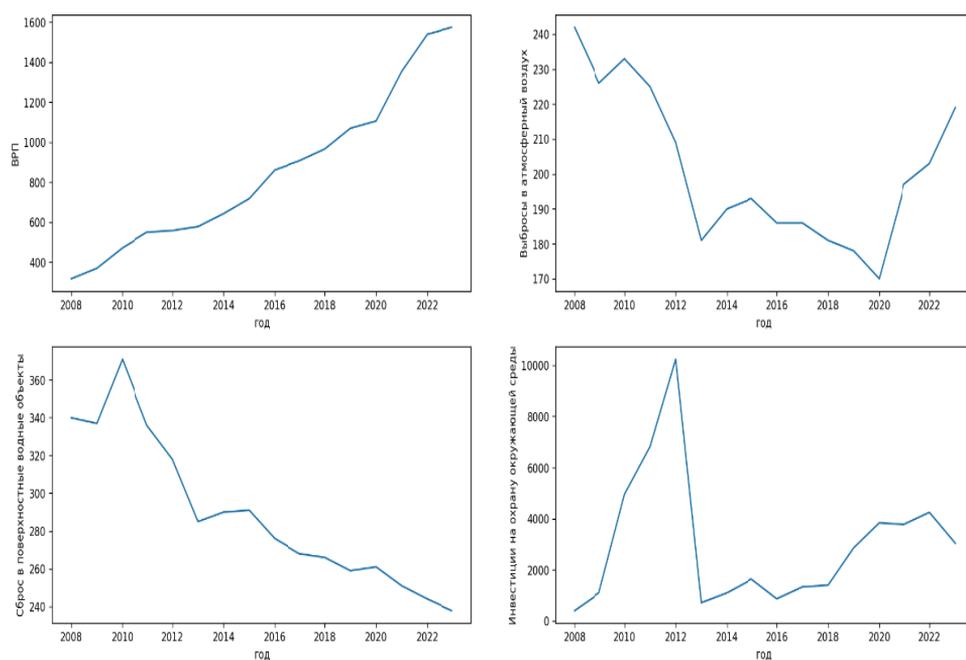


Рис. 1. Динамика исходных факторов за 2008 – 2023 годы

Динамика показателей «Выбросы в атмосферный воздух» и «Инвестиции в охрану окружающей среды» не отличается монотонным поведением. В результате принятия и реализации государственной программы «Охрана окружающей среды» с 2012 года отмечен рост инвестиций в охрану окружающей среды. С 2013 года благодаря увеличенному потоку инвестиционных ресурсов введены новые пункты по проверке и снижению токсичности выхлопных газов, построены противоселевые сооружения, введены в эксплуатацию дополнительные установки по сбору нефтесодержащих продуктов с акваторий водоемов, что, безусловно, положительно сказывается на уровне экологической безопасности края.

Исторически рекордный объем выбросов в атмосферный воздух отмечен в 2008 году в результате максимальной производительности энергетических предприятий в Приморском крае: «ЛутЭК», «Владивостокская ТЭЦ – 2» и др. В Приморском крае за период 2019–2020 годов отмечено снижение уровня загрязнения воздуха. Одной из ключевых причин данного явления стало сокращение антропогенной нагрузки, связанное с изменением социально-экономической ситуации в стране.

Пандемия COVID-19 и связанные с ней ограничения привели к снижению промышленной активности. Многие предприятия сократили объемы производства, что уменьшило выбросы вредных веществ в атмосферу.

Кроме того, в условиях ограничений на передвижение и массовые мероприятия снизились потоки автомобильного и авиационного транспорта, что также способствовало улучшению экологической обстановки в регионе.

Таким образом, пандемия и связанные с ней изменения в жизни общества оказали положительное влияние на состояние воздуха в Приморском крае. С начала 2021 года наблюдается устойчивый ежегодный прирост выбросов из-за интенсивности работы промышленных предприятий, появления новых сельскохозяйственных производителей и увеличения количества автомобилей в Приморском крае, что подтверждается приростом индекса промышленного производства (рис. 2).

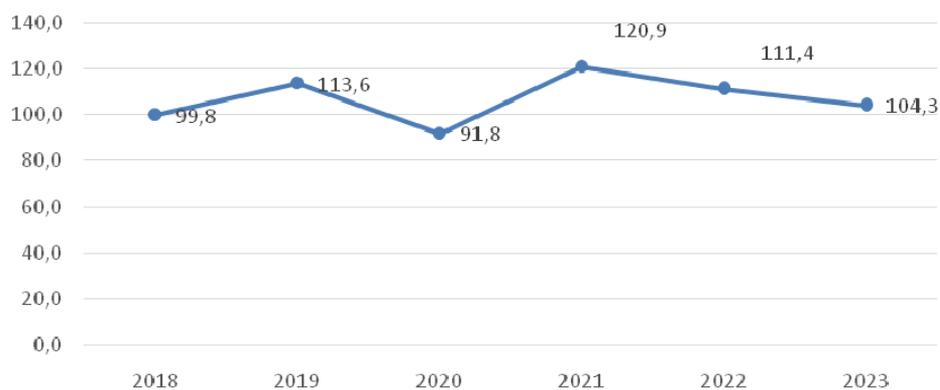


Рис. 2. Динамика индекса промышленного производства в Приморском крае за 2018 – 2023 годы, %

В то же время с 2021 года наблюдается замедление темпа роста индекса промышленного производства в Приморском крае из-за сложных экономических условий и нехватки кадров на рынке труда.

Описательная статистика для показателей представлена в табл. 2. В таблице 3 приведены коэффициенты корреляции Пирсона, статистически значимыми из которых являются коэффициенты корреляции между x_1 и x_2 (p -value $\approx 0,0032$), между x_2 и y (p -value $\approx 0,000006$). Наблюдается значимая положительная корреляция между показателями выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников и сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты. Имеется значимая сильная отрицательная корреляция между показателями сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты и ВРП.

В ходе исследования нелинейных взаимосвязей показателей получены следующие результаты. Точечные диаграммы с полиномиальными линиями регрессии для попарной зависимости исследуемых показателей, изображены на рис. 3. Взаимосвязь факторов «Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты» и ВРП характеризуется в основном убывающей тенденцией, что может свидетельствовать об отрицательном влиянии загрязнения водных объектов на экономику региона. Взаимосвязь факторов «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух» и ВРП не столь однозначна. График регрессии позволяет наблюдать смену направления монотонности примерно в 75%-квантиле экологического фактора.

Таблица 2

Описательная статистика для показателей

Переменные	x_1	x_2	x_3	y
count	16,00	16,00	16,00	16,00
mean	201,19	289,42	3021,84	848521,06
std	21,97	39,67	2641,02	396187,07
min	170,00	237,80	402,40	316582,00
25%	184,75	260,50	1103,65	555547,50
50%	195,00	280,50	2252,00	789207,00
75%	220,50	322,50	3942,85	1078416,50
max	242,00	371,00	10241,10	1574352,00

Таблица 3

Коэффициенты корреляции Пирсона

Переменные	x_1	x_2	x_3	y
x_1	1,000000	0,688069	0,231987	-0,388122
x_2	0,688069	1,000000	0,205441	-0,883658
x_3	0,231987	0,205441	1,000000	0,041650
y	-0,388122	-0,883658	0,041650	1,000000

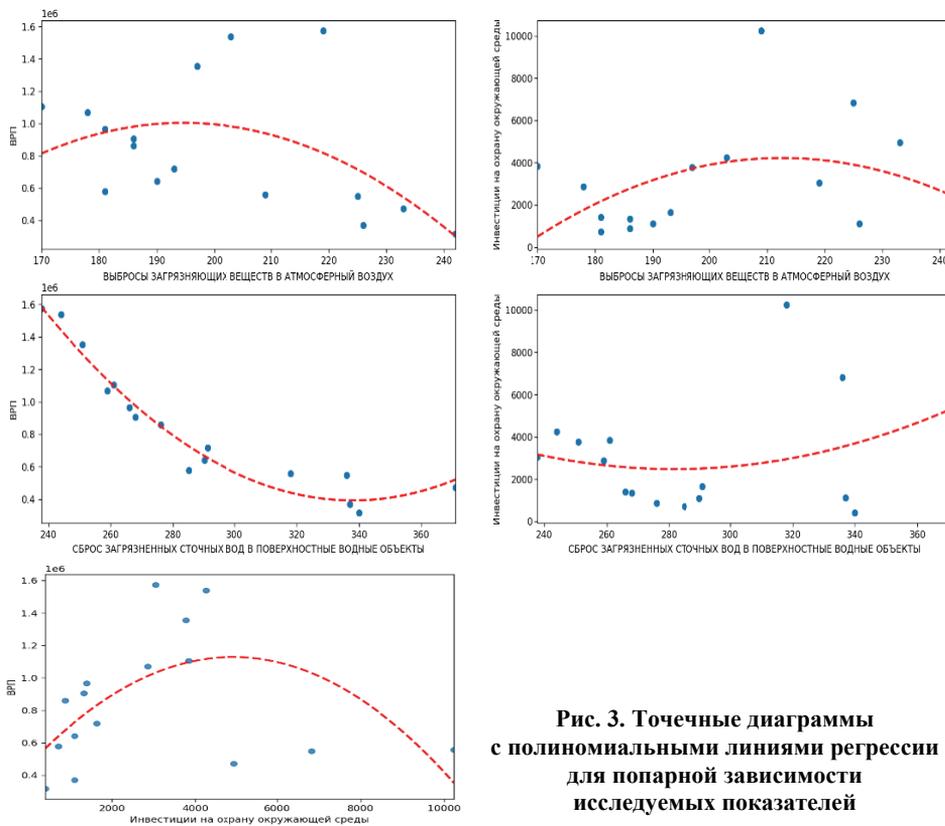


Рис. 3. Точечные диаграммы с полиномиальными линиями регрессии для попарной зависимости исследуемых показателей

Рост инвестиций на охрану окружающей среды оказывает положительное влияние на экономику региона с 2014 по 2023 гг. Отмечены максимальные значения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при высоких значениях инвестиций на охрану окружающей среды (см. рис. 1 и 3).

Линейная модель зависимости показателя ВРП y от показателей x_1 , x_2 , x_3 имеет вид

$$y = 2\,801\,000 + 6\,921 x_1 - 11\,860 x_2 + 30 x_3.$$

Модель статистически значима (p -value $\approx 0,000002$) с коэффициентом детерминации 0,909. Коэффициенты регрессии при переменных x_1 (p -value $\approx 0,008$), x_2 (p -value ≈ 0), x_3 (p -value $\approx 0,049$) статистически значимы на уровне значимости 0,01. Результаты моделирования представлены на рис 4. Фактор инфляции дисперсии (VIF) для всех переменных модели не превосходит значения 2, что характеризует отсутствие их мультиколлинерности. Коэффициент линейной регрессии при переменной x_3 показывает положительное влияние инвестиций в охрану окружающей среды на ВРП. Коэффициент при переменной x_2 демонстрирует наличие отрицательной взаимосвязи между показателями сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты и ВРП. В этой связи можно предположить негативное влияние сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты на экономическое благосостояние региона. Получено Variables VIF: $x_1=1,930554$; $x_2=1,907149$; $x_3=1,061351$.

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	y	R-squared:	0.909			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.886			
Method:	Least Squares	F-statistic:	40.02			
Date:	Thu, 27 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.58e-06			
Time:	13:25:26	Log-Likelihood:	-209.23			
No. Observations:	16	AIC:	426.5			
Df Residuals:	12	BIC:	429.6			
Df Model:	3					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
x1	6921.0246	2180.512	3.174	0.008	2170.097	1.17e+04
x2	-1.186e+04	1199.994	-9.887	0.000	-1.45e+04	-9250.005
x3	29.5095	13.448	2.194	0.049	0.209	58.810
const	2.801e+06	3.23e+05	8.666	0.000	2.1e+06	3.51e+06
Omnibus:		5.690	Durbin-Watson:	1.551		
Prob(Omnibus):		0.058	Jarque-Bera (JB):	2.859		
Skew:		0.740	Prob(JB):	0.239		
Kurtosis:		4.449	Cond. No.	3.84e+04		

Рис. 4. Результаты моделирования

Особое внимание привлекает коэффициент при переменной x_1 , по значению которого напрашивается вывод о положительном воздействии выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников на рост ВРП. Возможно, эта положительная корреляция возникает по причине влияния косвенных факторов, например, в связи с увеличением интенсивности работы промышленных предприятий, появлением новых производств и т.п.

Обсуждение результатов

Как известно, методы эконометрического моделирования позволяют изучить влияние экологических факторов на экологическую и экономическую безопасность региона как мезоуровня. Рассмотренный метод является особенно эффективным инструментом для прогнозирования на среднесрочную и долгосрочную перспективу, так как считается, что он представляет собой вариант расчетного метода, способного оценить влияние факторов на экологическую и экономическую безопасность в условиях недостаточности информации о показателях региона. В связи с небольшим объемом данных, построение более сложной эконометрической модели, как правило, приводит к ее переобучению, проверка наличия которого по этой же причине не представляется возможным. В рамках данных исследований предложена линейная множественная регрессия, которая может быть использована для количественной и качественной интерпретации взаимосвязи ВРП и рассмотренных экологических факторов, и, возможно, построения предварительных прогнозов для его динамики. Полученные результаты моделирования парного взаимодействия факторов показали, что оценка динамики заявленных показателей позволяет оценить не только

влияние экологии на экономику региона, но и обеспечить исходной информацией для построения алгоритмов и механизмов управления экологической безопасностью, а также моделей обеспечения комплексной экономической безопасности на мезоуровне.

Например, интенсификация производства и отраслей промышленности обеспечивает прирост ВРП, возможность инвестирования в развитие экономики и экологизацию производств, с одной стороны, но с другой – развитие отраслевых комплексов приводит к приращению техногенного загрязнения окружающей среды, увеличивает риск заболеваемости населения и его отток в более экологически чистые регионы, что в дальнейшем будет приводить к снижению ВРП региона, и, как следствие, вероятности секвестра субсидирования проектов в рамках парадигмы «зеленой экономики» и охраны окружающей среды. В результате возникает необходимость поиска баланса между экономическим ростом и сохранением окружающей среды.

Заключение

В современных условиях для обеспечения устойчивого развития регионов необходимо учитывать взаимосвязь экономических и экологических факторов. Исследования, направленные на анализ динамики валового регионального продукта в зависимости от антропогенной нагрузки на экологию, становятся все более актуальными.

Моделирование экономических процессов в контексте управления экологической и экономической безопасностью позволяет выявить закономерности и тенденции, а также разработать эффективные стратегии для достижения баланса между экономическим ростом и сохранением природных ресурсов. Однако при построении таких моделей необходимо учитывать не только динамику выбранных показателей, но и специфику экономического развития территории, ее уникальные особенности.

Проведенные исследования позволили получить модели динамики валового регионального продукта в зависимости от изменения антропогенной нагрузки на экологию региона. Управление экологической и экономической безопасностью представляет собой единый динамичный процесс, в котором моделирование экономических факторов играет ключевую роль. Данный процесс основан на постоянном мониторинге и контроле текущей ситуации, что позволяет оперативно пересматривать принимаемые решения и корректировать реализуемые мероприятия для достижения заданных эколого-экономических показателей.

При построении факторной модели необходимо учитывать тот факт, что нельзя ограничиваться лишь анализом динамики выбранных показателей при формировании валового регионального продукта. Для получения более полной и точной картины следует также принимать во внимание степень экономического развития территории, а также специфические особенности, присущие отдельному региону. Предложенный способ анализа показателей дополняет информационно-аналитическое поле обработки данных мониторинга экологической и экономической безопасности на мезоуровне.

Следует отметить, что в настоящее время существует довольно широкий инструментарий для оценки экономической и экологической безопасности территории. Выбор методики оценки во многом определяется подходами к трактовке экономической и экологической безопасности территории, доступностью информации, необходимой для проведения анализа, а также целью и задачами оценки. При этом на основании изученной теоретической информации можно констатировать, что на текущий момент исследователи так и не смогли прийти к единому унифицированному варианту методики оценки экономической и экологической безопасности. Таким образом, для обеспечения устойчивого развития регионов необходима систематическая интеграция результатов анализа показателей экологической и экономической безопасности.

Список литературы

1. Левкина, Е. В. Управление экологической безопасностью: теоретико-методические аспекты / Е. В. Левкина, Е. Г. Гусев, Н. В. Шишкарева // Финансовый менеджмент. – 2024. – № 10. – С. 113 – 122.
2. Крутова, Н. А. Экологические угрозы и проблема обеспечения экономической безопасности России / Н. А. Крутова // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 6. – 16 с. doi: 10.15862/110ECVN623. – URL : <https://esj.today/PDF/110ECVN623.pdf> (дата обращения: 26.09.2025).
3. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства / Н. Г. Гаджиев, С. А. Коноваленко, М. Н. Трофимов, А. Н. Гаджиев // Юг России: экология, развитие. – 2021. – Т. 16, № 3. – С. 200 – 214. doi: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214
4. Пропп, О. В. Экологическая безопасность Омского региона / О. В. Пропп, И. В. Онопченко // Безопасность городской среды : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Омск, 21 – 23 ноября 2018 года. – Омск, 2019. – С. 393 – 398.
5. Кононова, Е. Е. Проблемы формирования экологической устойчивости в целях обеспечения экономической безопасности предприятий / Е. Е. Кононова, И. В. Мусатова, Е. В. Винцкевич // Вестник ОрелГИЭТ. – 2019. – № 3(49). – С. 133 – 136. doi: 10.36683/2076-5347-2019-3-49-133-136
6. Закоян, Г. А. Некоторые аспекты влияния экологичности бизнеса на его экономическую безопасность / Г. А. Закоян // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10, № 1. doi: 10.15862/09FAOR123. – URL : <https://resources.today/PDF/09FAOR123.pdf> (дата обращения: 26.09.2025).
7. Сунни, Р. И. Совместное планирование экологической безопасности: вовлечение сообществ в устойчивое развитие / Р. И. Сунни, С. А. Бескорвайная // Экологическая безопасность и устойчивость социального развития : материалы Междунар. образовательной конф., Москва, 22 марта 2024 года. – М., 2024. – С. 104 – 109.
8. Ефименко, Е. Д. Региональные аспекты экологического менеджмента в Российской Федерации / Е. Д. Ефименко // Состояние и перспективы социально-экономического развития региона: взгляд молодых : сб. материалов X Междунар. студ. науч. конф., Брянск, 12 ноября 2024 года. – Брянск, 2024. – С. 114 – 119.
9. Волховская, Э. Б. Правовые и нормативные аспекты обеспечения экологической и промышленной безопасности в России и за рубежом / Э. Б. Волховская // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Нац. с международным участием науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, ученых и специалистов. В 2-х томах, Тюмень, 18 – 20 декабря 2024 года. – Тюмень, 2024. – С. 115 – 117.

10. Емцева, Е. Д. Использование методов многомерного статистического анализа для оценки динамики заболеваемости онкологическими новообразованиями / Е. Д. Емцева, П. Ф. Кику, А. Л. Мазелис // Экология человека. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 45 – 51. doi: 10.33396/1728-0869-2019-2-45-51

References

1. Levkina Ye.V., Gusev Ye.G., Shishkareva N.V. [Environmental safety management: theoretical and methodological aspects], *Finansovyy menedzhment* [Financial Management], 2024, no. 10, pp. 113-122. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Krutova N.A. [Environmental threats and the problem of ensuring economic security in Russia], *Vestnik yevraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2023, vol. 15, no. 6, 16 p. doi: 10.15862/110ECVN623, available at: <https://esj.today/PDF/110ECVN623.pdf> (accessed 26 September 2025).
3. Gadzhiyev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Gadzhiyev A.N. [The role and importance of environmental safety in the system of ensuring economic security of the state], *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* [The South of Russia: ecology, development], 2021, vol. 16, no. 3, pp. 200-214. doi: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214 (In Russ., abstract in Eng.)
4. Propp O.V., Onopchenko I.V. *Bezopasnost' gorodskoy sredy: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Urban Environment safety : Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference], Omsk, 21-23 November 2018, Omsk, 2019, pp. 393-398. (In Russ.)
5. Kononova Ye.Ye., Musatova I.V., Vintskevich Ye.V. [Problems of formation of ecological sustainability in order to ensure economic security of enterprises], *Vestnik OrelGIET* [Bulletin of OrelGIET], 2019, no. 3(49), pp. 133-136. doi: 10.36683/2076-5347-2019-3-49-133-136 (In Russ., abstract in Eng.)
6. Zakoyan G.A. [Some aspects of the environmental impact of business on its economic security], *Otkhody i resursy* [Waste and Resources], 2023, vol. 10, no. s1. doi: 10.15862/09FAOR123, available at: <https://resources.today/PDF/09FAOR123.pdf> (accessed 26 September 2025).
7. Sunni R.I., Beskorovaynaya S.A. *Ekologicheskaya bezopasnost' i ustoychivost' sotsial'nogo razvitiya : materialy Mezhdunar. obrazovatel'noy konf.* [Environmental safety and sustainability of social development: Proceedings of the International Educational Conference], Moscow, 22 March 2024, Moscow, 2024, pp. 104-109. (In Russ.)
8. Yefimenko Ye.D. *Sostoyaniye i perspektivy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona: vzglyad molodykh : sb. materialov X Mezhdunar. stud. nauch. konf.* [The state and prospects of the socio-economic development of the region: the view of the young: Proceedings of the X International Student Scientific Conference], Bryansk, 12 November 2024, Bryansk, 2024, pp. 114-119. (In Russ.)
9. Volkhovskaya E.B. *Energoberezheniye i innovatsionnyye tekhnologii v toplivno-energeticheskom komplekse : materialy Nats. s mezhdunarodnym uchastiyem nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov, uchenykh i spetsialistov* [Energy saving and innovative technologies in the fuel and energy complex: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference of Students, postgraduates, Scientists and Specialists with international participation], in 2 vols., Tyumen', 18-20 December 2024, Tyumen', 2024, pp. 115-117. (In Russ.)
10. Yemtseva Ye.D., Kiku P.F., Mazelis A.L. [The use of multidimensional statistical analysis methods to assess the dynamics of the incidence of oncological neoplasms], *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2019, vol. 26, no. 2, pp. 45-51. doi: 10.33396/1728-0869-2019-2-45-51 (In Russ., abstract in Eng.)

Assessing the Impact of Environmental Factors on Economic and Environmental Security at the Meso-Level: Econometric Modeling Using the Case of Primorsky Krai

R. S. Fedyuk, E. V. Levkina, E. G. Gusev

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;

Russian Customs Academy, Vladivostok Branch, Vladivostok, Russia

Keywords: gross regional product; correlation and regression analysis; pollution level; factors; econometric modeling; economic security; environmental safety.

Abstract: This paper presents the construction and verification of an econometric model assessing the impact of key environmental factors on economic and environmental security at the mesoscale (using Primorsky Krai as an example) for the period 2008–2023. The explanatory variables used include investment in environmental protection, air pollutant emissions, and wastewater discharges into surface water bodies. The dynamics and relationships of these indicators with aggregated indicators of the region's economic and environmental security are analyzed, including GRP per capita, disease incidence, investment attractiveness, natural resource status, and environmental burden. Correlation analysis, multiple linear regression, and hypothesis testing using Python libraries (Pandas, NumPy, Statsmodels, Seaborn, Matplotlib) are used. The main hypothesis of the study was confirmed: environmental and economic security at the meso-level are closely interconnected, ignoring environmental risks creates systemic threats to the sustainable socio-economic development of the region.

© Р. С. Федюк, Е. В. Левкина, Е. Г. Гусев, 2025