

Геоинформатика. 2021. № 4. С. 57–68.  
*Geoinformatika*. 2021;(4):57–68.

Геоэкология

Дискуссионная статья  
 УДК 001.8

<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2021-4-57-68>

## Моделирование эколого-экономической ситуации в регионе на примере федеральных округов России

© 2021 г. — Екатерина Федоровна Шамаева<sup>1, а)</sup>, Роман Юрьевич Капков<sup>1, б)</sup>, Елена Сергеевна Сурскова<sup>1, в)</sup>

<sup>1</sup>Институт системного анализа и управления государственного университета «Дубна»; Дубна, Россия;

<sup>а)</sup>shamef-kate@yandex.ru, <sup>б)</sup>oborot@yahoo.com, <sup>в)</sup>granat4900@gmail.com

**Аннотация.** Работа направлена на исследование влияния экологических факторов на экономические компоненты уровня и качества жизни для оценки эффективности социально-экономических систем. Показана многоаспектность категории качества жизни и методов ее измерения. На основе методических подходов к измерению качества жизни и информационно-статистической базы Росстата для областей Северо-Кавказского и Приволжского ФО России за 2016-2019 гг. построен экономический интегральный индикатор уровня и качества жизни населения. В работе оценивается и специфицируется модель регрессии, отражающая общую эколого-экономическую ситуацию в регионах и определяющая наличие влияния факторов окружающей среды на экономические компоненты. Для регрессионной модели определяются статистические параметры значимости, а на ее основе конструируется прогнозная модель индикатора уровня и качества жизни до 2023 года.

**Ключевые слова:** *уровень жизни, качество жизни, экономические компоненты, экологические факторы, моделирование, взаимосвязь компонентов, состояние окружающей среды, благосостояние, интегральный индекс*

*Для цитирования:* Шамаева Е.Ф., Капков Р.Ю., Сурскова Е.С. Моделирование эколого-экономической ситуации в регионе на примере федеральных округов России // Геоинформатика. — 2021. — № 4. — С. 57–68. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2021-4-57-68>.

Geocology

Discussion article

## Modeling the ecological and economic situation in the region on the example of the Federal District of Russia

© 2021 — E. F. Shamaeva<sup>1, а)</sup>, R. Y. Kapkov<sup>1, б)</sup>, E.S. Surskova<sup>1, в)</sup>

<sup>1</sup>Institute of System Analysis and Management, State University "Dubna", Dubna, Russia;

<sup>а)</sup>shamef-kate@yandex.ru, <sup>б)</sup>oborot@yahoo.com, <sup>в)</sup>granat4900@gmail.com

**Abstract.** The work is aimed at studying the influence of environmental factors on the economic components of the level and quality of life to assess the effectiveness of socio-economic systems. The multidimensionality of the category of the quality of life and methods of its measurement is shown. An economic integral indicator of the level and quality of life of the population is built on the basis of the methodological approaches to measuring the quality of life and of the Rosstat information and statistical base for the regions of the North Caucasian and Volga Federal Districts of Russia for 2016-2019. The paper evaluates and specifies a regression model that reflects the general ecological and economic situation in the regions and determines the influence of environmental factors on economic components. Statistical parameters of significance are determined for the regression model, and on its basis a forecast model of the level and quality of life indicator until 2023 is constructed.

**Key words:** *standard of living, the quality of life, economic components, environmental factors, modeling, interconnection of components, the state of the environment, welfare, integral index*

*For citation:* Shamaeva E.F., Kapkov R.Y., Surskova E.S. Modeling the ecological and economic situation in the region on the example of the Federal Districts of Russia. *Geoinformatika*. 2021;(4):57–68. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2021-4-57-68>. In Russ.

### Введение

Понятие качества жизни объединяет в себе различные аспекты экономической, экологической, социальной сфер [8]. Изучение данной категории посредством формализованной методологии формирует возможность определения целей, приоритетов и стратегического планирования государства в развитии общества, целевых критериев общественного благосостояния, что составляет

оптимальные траектории социального, экономического, экологического и др. развития регионов [22]. Сегодня уровень и качество жизни интересует многих исследователей-публицистов [2, 5, 8, 11, 14, 20, 23, 24, 25].

Современные реалии характеризуются взаимосвязью экономических и экологических проблем, что обусловлено процессами глобализации мировой экономики, формирования экологически

ориентированной политики, развитием научного и технического прогресса и внедрением инновационных технологий в экологические проекты [17], Исследованию взаимосвязи экологических и экономических компонент посвящено множество работ, различных по уровню сложности, методикам оценки и измерения [3, 4, 6, 17, 21].

Экологические изменения имеют прямую связь и влияние на экономическое состояние, и, следовательно, благосостояние регионов и государства в целом, что является стимулом для разработки методик оценки и прогнозирования данной проблематики. Благосостояние является устоявшейся в научной литературе и социально-экономической политике категорией, основой которого считается уровень и дифференциацию доходов населения [15]. Поскольку изменение направления формирования благосостояния происходит во многом под воздействием экономических изменений, мы рассматриваем экономический компонент, как элемент, формирующий благосостояние населения.

Целью данной работы является формирование модели, описывающей и измеряющей влияние экологических факторов на экономические компоненты уровня и качества жизни на примере Северо-Кавказского (СКФО) и Приволжского (ПФО) федеральных округов России. Для достижения цели необходимо:

1. Изучить и проанализировать проблему взаимосвязи экологических и экономических компонент уровня и качества жизни.

2. Провести обзор показателей блоков «окружающая природная среда», «экономика».

3. Сконструировать интегральный индикатор на основе экономических компонент качества жизни.

Построить регрессионную модель взаимосвязи экономических компонент и экологических факторов качества жизни.

#### **Теоретико-методологическая часть: проблема моделирования взаимосвязи компонент качества жизни**

В научный оборот понятие качества жизни впервые введено в 60-е г. XX в. Дж. Гэлбрейтом. В работе «Общество изобилия» американским экономистом выдвигалась идея о том, что общество стоит на пути выбора между количеством, выражающимся в возрастании заработных плат, материальными благами и др., и качеством, характеризующимся уровнем культуры, образования и иных факторов общественного удовлетворения [8]. Однако, в работе «Анализ качества и образа жизни населения» [1] Айвазян С. А. отмечает, что данное понятие носит неоднозначный характер, чем объясняется отсутствие единого универсального определения данной синтетической латентной категории.

Измерение уровня и качества жизни предполагает подбор методик и инструментов оценки и прогнозирования, а также набора показателей. Для комплексной оценки качества жизни используют несколько макрокомпонентов, при этом, как правило, комбинируя объективные и субъективные подходы [18]. Объективный подход характеризуется использованием показателей, разрабатываемых официальными статистическими службами, являющимися достоверными источниками информации. Субъективный подход предполагает оценивание самим субъектом (человеком) уровня удовлетворенности своей жизнью и потребностями исходя из личных представлений. Исследования в рамках данного подхода требуют проведения масштабных опросов населения [10].

Поскольку качество жизни является сложно формализуемой категорией, существует огромное множество метрик для ее изучения, однако в настоящий момент существуют наиболее известные методики, среди которых:

1. Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), разработанный с применением трех основных показателей: ожидаемой продолжительности жизни, уровня грамотности (образования) и уровень дохода [14].

2. Индекс истинного прогресса (GPI), являющийся альтернативой ВВП при оценке качества жизни, но с включением аспектов социальной сферы и факторов среды обитания.

3. Индекс экономического благосостояния (IEWB) для измерения материального благополучия населения с использованием факторов уровня потребления на душу населения, совокупных производственных запасов, компонента неравенства, степени надежности будущих доходов.

4. «Зеленый чистый национальный продукт» (GNNP) — показатель, характеризующий богатство региона на основе оценки природных ресурсов, амортизации капитала, прироста человеческого капитала и др.

Формирование методик оценки качества жизни происходит под влиянием доминирующей в конкретный период времени концепции общественного развития, что обусловлено изменчивостью во времени и пространстве в зависимости от глобальных исторических условий общественной жизни. Сегодня происходит углубление осознания серьезности проблемы противоречия между экономическим благосостоянием и экологическим равновесием [4]. Активное развитие различных секторов экономики оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды, а, следовательно, жизнь человека [21].

Последние десятилетия характеризуются изменением отношения к экологии бизнеса, рассматривающую природоохранную деятельность в качестве источника повышения конкуренто-

способности. Мировой экономике свойственен переход на экологические принципы, а также выстраивание своей экономической и политической стратегии [17].

Изучение качества жизни с точки зрения влияния экономической аспекта на окружающую среду и их взаимосвязи активно реализуется, однако в данной работе нами рассматривается обратная зависимость экономического от экологического факторов уровня и качества жизни. Поэтому в качестве интегрального индикатора как зависимой переменной рассматривается сфера экономики в качестве составляющей благосостояния населения.

Для исследования были отобраны открытые данные по Северо-Кавказскому и Приволжскому федеральным округам с 2016 по 2019 гг. с применением методов главных компонент, корреляционного и регрессионного анализов согласно методике Айвазяна С.А. Выбор таких федеральных округов обусловлен особенностями сравниваемых ФО с экономической точки зрения. Экономическое развитие СКФО характеризуется высокой долей агропромышленного комплекса в отраслевой специализации, при этом факторами развития сельскохозяйственной сферы являются качество земельных и водных ресурсов. Стоит отметить, что Северо-Кавказский ФО занимает последнее место среди остальных ФО по сельскохозяйственной производительности, что связано с недостаточной технической и технологической оснащенностью в связи с проблемами низкой концентрации капитала, транзакционных издержек в обращении, развития инфраструктуры и др. [12]. Стратегически важными задачами федерального округа являются формирование эффективных конкурентоспособных производств, а также повышение качества жизни в сельской местности. По данным Росстата, среди 1000 чел. средняя смертность составляет 9 чел., рождаемость — 13,7 чел. за 2020 г. [7].

Приволжский ФО — один из ведущих по экономическому потенциалу в России, однако, несмотря на высокую роль агропромышленного комплекса, машиностроения, нефтехимической и добывающей промышленности, в данной федеральном округе наблюдаются проблемы экологического характера (высокий уровень концентрации вредных веществ в воздухе, водных объектах, деградация почв) [9]. Ключевыми задачами развития ПФО рассматривают экологическое оздоровление региона, активизацию использования транспортного фактора, развитие перерабатывающей промышленности. Показатели смертности за 2020 г. составляют в среднем 15,9 чел., рождаемости — 9,2 чел., формируя при этом отрицательный естественный прирост — 193 503 чел. из общего населения.

### Данные и методы: обзор показателей блоков «окружающая среда» — «экономика»

Для достижения цели, работы выполнялись в несколько этапов: 1) отбор объясняемых и объясняющих переменных<sup>1</sup>; 2) моделирование множественной регрессии (с использованием корреляционного и регрессионного анализов).

В ходе первого этапа были собраны количественные данные по 18-и экономическим объясняемым показателям Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов России за 2016–2019 гг. согласно статистической информационной базе Росстат [19]. Выбор показателей во многом сформирован исходя из условий максимизации информативности и охвата важнейших аспектов анализируемых блоков экономики и экологии. Поскольку анализируемые показатели разноаспектны и характеризуются различными единицами измерения, необходим метод приведения к единой шкале измерения или нормирования. Нормирование переменных предполагает переход к  $[0;N]$ -балльной шкале, где 0 соответствует самому низкому показателю,  $N$  — высокому по следующей формуле:

$$\tilde{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times N, \quad (1)$$

где  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  — наибольшее и наименьшее значения исходного показателя.

Данная формула используется в случаях, когда исходный показатель связан с интегральным свойством анализируемой категории монотонно возрастающей зависимостью (чем больше значение, тем лучше ситуация, соответствующая переменной). Если наблюдается связь с монотонно убывающей зависимостью, то применима формула:

$$\tilde{x} = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}} \times N, \quad (2)$$

Отобранные переменные с используемой формулой нормирования представлены в табл. 1:

Важным шагом после нормирования показателей является расчет зависимой переменной — частного индикатора  $Y$ . Зависимая переменная неизменяема и является следствием некоторого влияния независимых факторных переменных. Для расчета  $Y$  использовалась взвешенная сумма:

$$Y = \sum_{j=1}^n w_j \tilde{x}^{(j)}, \quad (3)$$

где  $\tilde{x}^{(j)}$  — нормированные переменные;

$w_j$  — веса, определяемые экспертом из условия максимизации информативности для  $Y$ .

<sup>1</sup> Объясняемая переменная представляет собой зависимую переменную или измеряемую величину, изменения которой тесно связаны с изменениями независимой — объясняющей переменной.

При расчете  $Y$  был проведен корреляционный анализ, характеризующий степень тесноты попарных статистических связей между анализируемыми переменными. Поскольку выявленная сильная связь (свыше 0,8) между переменными описывает ситуацию, при которой одна из переменных способна объяснить с определенной долей вероятности вариабельность другой переменной, было решено отбросить некоторые переменные по результатам корреляционного анализа (П3, П9, П10, П13, П17, П18).

Далее оставшиеся нормированные показатели были разбиты на несколько блоков, сформированных в результате анализа матрицы корреляционных отношений. В графе «Весовое значение блока» (см. табл. 2) указаны блочные произведения сумм нормированных значений и присвоенных им весов. Поскольку блоки равноценны, и каждый из них одинаково важен для оценки влияния экологических компонентов на экономические, веса были расставлены равнозначно, представляя в сумме единицу.

**Табл. 1.** Статистическое оценивание параметров модели регрессии

*Tab. 1. Statistical estimation of the parameters of the regression model*

Обозначение	Показатель	Описание тенденции (зависимость)	Правило нормирования
П1	Оборот розничной торговли	Монотонно возрастающая	(1)
П2	Объем валового регионального продукта на душу населения	Монотонно возрастающая	(1)
П3	Объем инвестиций в основной капитал	Монотонно возрастающая	(1)
П4	Реальные денежные доходы населения	Монотонно возрастающая	(1)
П5	Индекс производительности труда	Монотонно возрастающая	(1)
П6	Коэффициент обновления основных фондов	Монотонно возрастающая	(1)
П7	Индекс промышленного производства	Монотонно возрастающая	(1)
П8	Индекс производства сельскохозяйственной продукции (растениеводства и животноводства) в хозяйствах всех категорий	Монотонно возрастающая	(1)
П9	Основные показатели деятельности средних предприятий (оборот)	Монотонно возрастающая	(1)
П10	Число высокопроизводительных рабочих мест	Монотонно возрастающая	(1)
П11	Уровень занятости	Монотонно возрастающая	(1)
П12	Уровень безработицы	Монотонно убывающая	(2)
П13	Покупательная способность заработной платы	Монотонно возрастающая	(1)
П14	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя	Монотонно возрастающая	(1)
П15	Удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг	Монотонно убывающая	(2)
П16	Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума	Монотонно убывающая	(2)
П17	Основные показатели деятельности малых предприятий	Монотонно возрастающая	(1)
П18	Оборот оптовой торговли	Монотонно возрастающая	(1)

Следующим действием является нормирование и корреляционный анализ набора объясняющих переменных, которые охватывают 25 экологических показателей по Северо-Кавказскому и Приволжскому федеральным округам России за 2016-2019 гг. и составляют блоки: качество воздуха, качество воды, отходы производств, флора и фауна, земельный фонд [16]. Для исходных показателей была определенная монотонная связь и проведена унификация (см. таб. 3).

Метод корреляционного анализа позволяет отбросить переменные П10 и П13, имеющих сильную связь. Оставшиеся объясняющие переменные, входящие в состав пяти факторов, специфицируют модель регрессии (4):

$$Y(t) = \beta_0 + \beta_1 X_1(t) + \beta_2 X_2(t) + \beta_3 X_3(t) + \beta_4 X_4(t) + \beta_5 X_5(t) + \varepsilon, \quad (4)$$

где  $Y(t)$  — интегральный индикатор качества жизни в год  $t$ ;

$X_n(t)$  — факторные переменные с  $(t)$  — количеством точек во времени. В работе охватывается пери-

од с 2016–2019 гг., всего 4 значения.  $X_1$  — факторная переменная блока «Качество воды»,  $X_2$  — «Качество воздуха»,  $X_3$  — «Отходы производств»,  $X_4$  — «Флора и Фауна»,  $X_5$  — «Земельный фонд».

$\beta_n$  — коэффициенты регрессии;

$\varepsilon$  — случайная, показатель влияния на  $Y$  не учитываемых переменных.

В качестве метода оценки регрессионного уравнения использовался метод наименьших квадратов.

### Результаты исследования

Рассматривая взаимосвязь индикатора  $Y$  и факторных переменных блока экологии посредством оценки модели парной корреляции, была обнаружена сильная связь между индикатором  $Y$  и переменной  $X_3$ , описывающая ситуацию, при которой с увеличением значений экологических переменных будет возрастать экономический уровень  $Y$  (см. табл. 4). Слабая связь наблюдается между  $Y$  и переменной  $X_2$ , описывающая обратную ситуацию.

**Табл. 2.** Результаты разбиения показателей на блоки при расчете  $Y$

Tab. 2. Results of dividing indicators into blocks when calculating  $Y$

	Показатели	Весовое значение блока
1 блок	Оборот розничной торговли	0,828
	Объем валового регионального продукта на душу населения	
2 блок	Уровень безработицы	1,733
	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя	
	Удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг	
	Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума	
3 блок	Реальные денежные доходы населения	1,589
	Индекс производительности труда	
	Коэффициент обновления основных фондов	
	Уровень занятости	
4 блок	Индекс промышленного производства	1,446
	Индекс производства сельскохозяйственной продукции (растениеводства и животноводства) в хозяйствах всех категорий	

Табл. 3. Экономические показатели с определением правила нормирования

Tab. 3. Economic indicators with the definition of the rule of rationing

	Обозначение	Показатель	Описание тенденции (зависимость)	Правило нормирования
Качество воды	П1	Забор пресных вод из подземных источников	Монотонно убывающая	(2)
	П2	Забор пресных вод из поверхностных источников	Монотонно убывающая	(2)
	П3	Использование пресной воды	Монотонно убывающая	(2)
	П4	Оборотное и повторно-последовательное водоснабжение	Монотонно возрастающая	(1)
	П5	Водоотведение	Монотонно возрастающая	(1)
	П6	Сброс загрязненной сточной воды недостаточно очищенной	Монотонно убывающая	(2)
	П7	Сброс загрязненной сточной воды без очистки	Монотонно убывающая	(2)
Качество воздуха	П8	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников	Монотонно убывающая	(2)
	П9	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников (автомобилей)	Монотонно убывающая	(2)
Отходы производств	П10	Образование отходов	Монотонно убывающая	(2)
	П11	Утилизация отходов	Монотонно возрастающая	(1)
	П12	Обезвреживание отходов	Монотонно возрастающая	(1)
	П13	Хранение отходов	Монотонно убывающая	(2)
	П14	Захоронение отходов	Монотонно возрастающая	(1)
Флора и Фауна	П15	Охранный статус: вероятно исчезнувшие	Монотонно убывающая	(2)
	П16	Находящиеся под угрозой исчезновения	Монотонно убывающая	(2)
	П17	Сокращающиеся в численности	Монотонно убывающая	(2)
	П18	Редкие	Монотонно возрастающая	(1)
	П19	Неопределенные по статусу	Монотонно возрастающая	(1)
	П20	Восстанавливаемые и восстанавливающиеся	Монотонно возрастающая	(1)
Земельный фонд	П21	Земельный фонд общее значение	Монотонно возрастающая	(1)
	П22	Земли промышленности и иного спецназначения	Монотонно возрастающая	(1)
	П23	Земли особо охраняемых территорий и объектов	Монотонно возрастающая	(1)
	П24	Земли лесного фонда	Монотонно возрастающая	(1)
	П25	Земли водного фонда	Монотонно возрастающая	(1)

**Табл. 4.** Парная корреляция зависимого индикатора и факторных переменных

Tab. 4. Pairwise correlation of dependent indicator and factorial variables

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
	-0,26	-0,65	0,37	-0,19	0,60

В ходе расчетов также получены коэффициенты регрессионной модели  $\beta_n$  свидетельствующие о том, насколько возрастет  $X_n$  при увеличении  $Y$  в среднем:

**Табл. 5.** Коэффициенты регрессии

Tab. 5. Regression coefficients

Обозначение	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$
3,44	-0,05	-0,09	-0,06	-0,12	0,06

С определением значений коэффициентов модели регрессионная модель приобретает следующий вид (5):

$$Y(t) = 3,4375 - 0,0518X_1(t) - 0,0928X_2(t) - 0,0577X_3(t) - 0,1244X_4(t) + 0,0637X_5(t). \quad (5)$$

Для оценки качества уравнения регрессии проводится оценка значимости данного уравнения в целом, а также отдельных его параметров. Полученные параметры представлены в таблице 6.

Коэффициент детерминации  $R^2=51,79\%$  и является отражением доли вариации результативного признака зависимой переменной под влиянием факторных переменных. Низкий  $R^2$  определяется при отсутствии связи и во многом объясняет наличие важных факторов, которые не были учтены в модели. Кроме того, значение стандартной ошибки  $S$  небольшое, что позволяет говорить о точности оценки зависимой переменной.

При проверке гипотезы о значимости уравнения регрессии согласно сравнению расчетных значений  $F$ -статистики, равного 16,54, и  $F$ -критического, равного 2,33, выяснилось, что нулевая гипотеза о незначимости отклоняется. Данный результат означает значимость и надежность полученных оценок параметров  $Y$  и  $X_n$ .

Проверка значимости коэффициентов регрессии происходит посредством сравнения значения Стьюдента и  $t$ -критического для заданного уровня значимости и степеней свободы. Поскольку расчетная  $t$ -статистика больше по модулю  $t_1$  и  $t_3$ , мы можем говорить о том, что коэффициенты  $\beta_1$  и  $\beta_3$  статистически незначимы. При этом расчет  $p$ -значения указывает на то, что коэффициенты

регрессии являются статистически значимыми, за исключением переменных  $X_1$  и  $X_3$  с установленным уровнем значимости 5% (или 0,05).

В таблице параметров модели также указан коэффициент эластичности, представляющий собой, насколько изменится значение  $Y$  при изменении фактора  $X_n$  на 1%.

Значение Дарбина-Уотсона равно 1,38, что соответствует положительной автокорреляции. Положительное значение предполагает тенденцию сохранения знака остатков от наблюдения к наблюдению. Поскольку исходные данные в форме временных рядов позволяют не только отслеживать изменения компонент экономики и экологии, но и проводить прогнозирование, на рис. 1 представлены исходные количественные данные по регионам Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов с 2016 по 2019 гг.

Спрогнозированные результаты на 2020–2023 гг. характеризуются повышением значений экономического индикатора уровня и качества жизни населения для Чеченской, Кабардино-Балкарской Республики и Республики Ингушетия. Для остальных регионов наблюдается слабая тенденция или же тенденция спада.

Прогнозируемые значения также представлены для Приволжского ФО в табл. 7.

## Обсуждение

Приведенный коэффициент детерминации при расчете влияния экологических факторов на экономические компоненты означает, что более 51,79% значения интегрального экономического индикатора объясняется экологическими факторами. Важно понимать, что рассчитанный коэффициент детерминации приемлем, но имеет не самое высокое значение, что предполагает возможность включения в модель регрессии нового фактора.

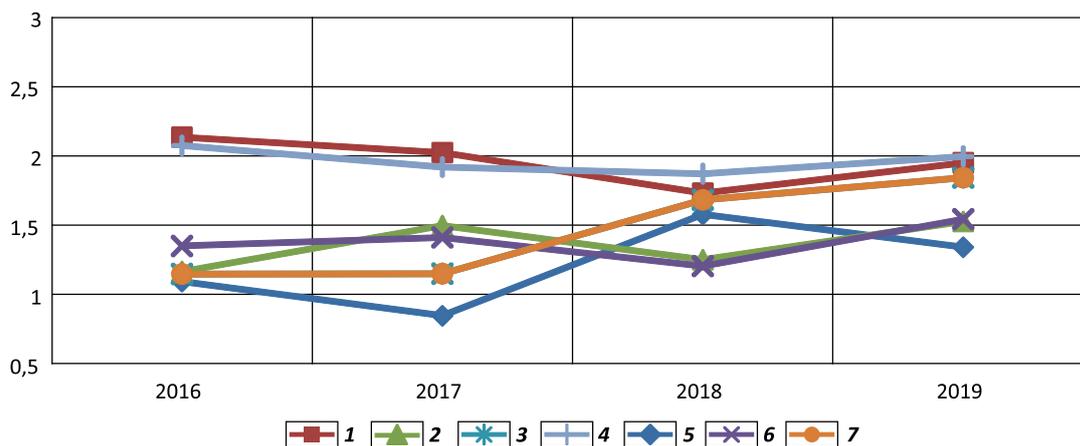
Для оценки того, какой экологический фактор наибольшим образом влияет на интегральный экономический индекс качества жизни, мы обращались к коэффициенту эластичности. Так при увеличении показателя земельного фонда на 1% экономический индикатор возрастет на 0,05%. Для остальных факторных переменных связь в данном случае обратная, и при увеличении компонент состояния окружающей среды, экономический коэффициент будет иметь отрицательную тенденцию.

Несмотря на то, что результаты расчета критерия Фишера позволят сделать вывод об общей значимости регрессионной модели и статистической значимости факторов экологии в целом, расчет  $t$ -статистики позволяет говорить о выпадении факторов незначимых в уравнении регрессии факторов качества воды и отходов производств. Данный результат позволяет говорить о том, что на экономический индикатор уровня и качества жизни в данном случае не влияют перечисленные

**Табл. 6.** Статистическое оценивание параметров модели регрессии  
*Tab. 6. Statistical estimation of the parameters of the regression model*

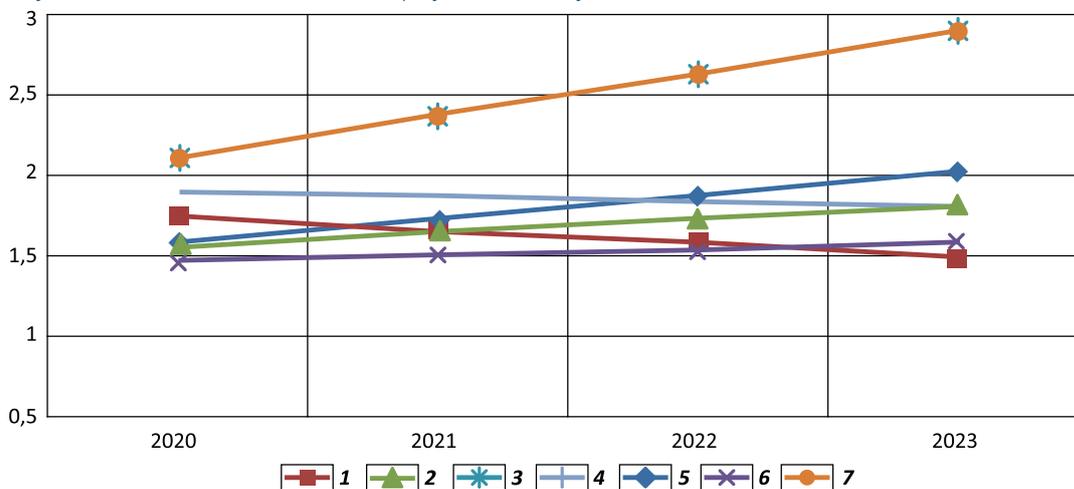
Обозначение	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$t$ -статистика	$t$ -крит <sub>1</sub>	$t$ -крит <sub>2</sub>	$t$ -крит <sub>3</sub>	$t$ -крит <sub>4</sub>	$t$ -крит <sub>5</sub>
1,99	-1,01	-3,75	-1,53	-3,02	2,08
Коэффициент эластичности	-0,02	-0,03	-0,13	-0,05	0,05
$\rho_y$	$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_3$	$\rho_4$	$\rho_5$
0,00	0,32	0,00	0,13	0,00	0,04
$F$ -стат=16,54	$F$ -крит=2,33	$S$ =0,32	$d$ =1,38	$R^2$ =51,79%	

**Рис. 1.** Регионы Северо-Кавказского ФО: динамика  $Y$  за 4 года  
*Fig. 1. Regions of the North Caucasian Federal District: dynamics of  $Y$  over 4 years*



Регионы (1–6): 1 — Республика Дагестан, 2 — Кабардино-Балкарская Республика, 3 — Республика Северная Осетия-Алания, 4 — Ставропольский край, 5 — Республика Ингушетия, 6 — Карачаево-Черкесская Республика, 7 — Чеченская Республика.

**Рис. 2.** Регионы Северо-Кавказского ФО: прогнозируемые значения  $Y$  на 2020–2023 гг.  
*Fig. 2. Regions of the North Caucasian Federal District: projected  $Y$  values for 2020–2023*



Обозначения см. рис. 1  
 See fig. 1

Табл. 7. Регионы Приволжского ФО: динамика за 7 лет

Tab. 7. Regions of the Volga Federal District: dynamics over 7 years

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Республика Башкортостан	2,26	2,48	2,54	2,70	2,84	2,97	3,11	3,25
Республика Марий Эл	1,20	1,71	1,92	2,07	2,43	2,71	2,99	3,27
Республика Мордовия	1,97	1,98	1,88	2,14	2,09	2,13	2,16	2,20
Республика Татарстан	2,69	2,77	2,86	3,08	3,16	3,28	3,41	3,54
Удмуртская Республика	1,95	1,87	2,11	2,08	2,16	2,22	2,28	2,35
Чувашская Республика	1,75	1,80	1,89	2,10	2,18	2,29	2,40	2,52
Пермский край	1,79	2,31	2,41	2,24	2,55	2,69	2,84	2,98
Кировская область	1,81	1,69	1,99	1,90	1,99	2,05	2,10	2,16
Нижегородская область	2,34	2,46	2,52	2,77	2,86	2,99	3,12	3,26
Оренбургская область	2,03	2,26	2,02	2,34	2,34	2,41	2,48	2,55
Пензенская область	1,82	1,95	2,10	2,55	2,69	2,93	3,16	3,40
Самарская область	2,42	2,31	2,40	2,65	2,64	2,72	2,80	2,88
Саратовская область	2,12	2,08	1,93	2,14	2,05	2,04	2,03	2,02
Ульяновская область	2,12	2,03	1,77	2,06	1,89	1,85	1,80	1,76

факторные переменные, что может быть объяснено неточно подобранным набором переменных каждому из факторов, недостаточно выполненным условием максимизации информативности состава показателей для индикатора.

### Заключение

Многообразие подходов к измерению уровня и качества жизни обусловлено сложностью и многоаспектностью данной категории, а также вариативностью набора определяющих ее показателей. Существующие на практике эмпирические подтверждения прямой зависимости и влияния экономики на сферу экологии обширны, но ни одна из используемых в данных исследованиях метод до сих пор не является общепринятой. Остается малоизученным аспект влияния факторов окружающей

среды на экономическую составляющую с точки зрения уровня и качества жизни населения в целом.

Проведенный нами многомерный анализ позволяет оценить степень влияния факторов окружающей среды и экологических компоненты, доказывая тем самым наличие зависимости между данными категориями. По результатам расчетов наблюдается ситуация, при которой по изменениям значений качества воды, воздуха, отходов производств, флоры и фауны, земельных ресурсов можно зафиксировать изменения величины экономической компоненты и измерить эффективность социально-экономической системы. При этом определены статистически незначимые факторы — качество воды и отходы производств, которые не влияют на измерение влияния экологической компоненты на сферу экономики. Такой

результат можно объяснить недостаточно информативно, либо корректно подобранным набором показателей, определяющих данные блоки. Оценка оставшихся переменных позволяет утверждать, что при увеличении показателей качества воды, а также флоры и фауны интегральный экономический индикатор качества жизни будет иметь отрицательные темпы роста, а при увеличении коэффициента земельного фонда – положительные.

Несмотря на то, что регрессионное уравнение отражает общую тенденцию, а каждый отдельный анализируемый показатель подвержен воздействию некоторых возможных случайностей, применяемый в расчетах и взятый за основу метод

регрессионного анализа являются наиболее известным методом анализа. Более того, уравнение регрессии обосновывает общий вид конструируемой модели и дает основание к ее использованию в прогнозных расчетах.

Таким образом, сконструированный в работе экономический индикатор, характеризующий благосостояние населения, может быть использован в качестве меры для оценки эффективности социально-экономической системы при принятии решений органами власти, а также при построении эконометрической модели, связывающей данные индикатор с факторными переменными экологической обстановки в регионах.

#### Список источников

1. Айвазян С.А. Анализ качества и образа жизни населения. – М. : Наука, 2012. – 432 с.
2. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. Индикаторы основных направлений социально-экономического развития и их агрегаты в пространстве характеристик региональной дифференциации // Прикладная эконометрика. – 2019. – № 2 (54). – С. 51–69. DOI: 10.24411/2076-4766-2017-10003.
3. Бобков В.Н., Степанов В.С. Модель «Благосостояние» для оценки и прогноза качества и уровня жизни населения региона // Уровень жизни населения регионов России. – 2014. – № 1 (191). – С. 104–110. DOI: 10.12737/3490.
4. Большаков Б.Е. Взаимодействие общества и окружающей среды в терминах физически измеряемых величин: теоретические и методологические основы. – М. : ВИНТИ, 1990. – 350 с.
5. Герасименко Н.А. Уровень жизни населения России: особенности динамики межрегиональной дифференциации // Вестник университета. – 2020. – № 11. – С. 181–188. DOI: 10.26425/1816-4277-2020-11-181-188.
6. Гофман К.Г. Экономика природопользования (из научного наследия). – М. : Эдиториал УРСС, 1998. – 272 с.
7. Демография. Естественное движение населения [Электронный ресурс]. – Федеральная служба государственной статистики. – 2020. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения 20.12.2021).
8. Зеляк Е.Ф., Богданова М.С., Путинцева К.А. Теоретические аспекты понятия качества жизни населения // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2018. – № 7 (113). – С. 38–45.
9. Кирюшин А.В., Резаков Г.Р., Белов А.А., Кирюшин В.А. Анализ эколого-экономической эффективности функционирования субъектов Приволжского Федерального Округа // Научное обозрение. Международный научно-практический журнал. – 2016. – № 1. – С. 1–14.
10. Козлова О.А., Гладкова Т.В., Макарова М.Н., Тухтарова Е.Х. Методический подход к измерению качества жизни населения региона // Экономика региона. – 2015. – № 2 (42). – С. 182–193. DOI: 10.17059/2015-2-15.
11. Куклин А.А., Коробков И.В. Выбор эффективной траектории социально-экономического развития региона // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 4. – С. 1145–1155. DOI: 10.17059/2018-4-7.
12. Курбанов К.К. Агропромышленный комплекс Северо-Кавказского федерального округа: тенденции и перспективы развития // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2012. – № 3 (33). – С. 130–138.
13. Лещенко Я.А., Лисовцов А.А. Оценка качества жизни населения региона методами многомерного факторного анализа // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97. – № 10. – С. 979–984. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-979-984.
14. Малкина М.Ю. Взаимосвязь типов неравенства с показателями уровня жизни и благосостояния населения регионов России // Terra Economicus. – 2017. – Т. 15. – № 4. – С. 46–63. DOI: 10.23683/2073-6606-2017-15-4-46-63.
15. Найден С.Н., Белоусова А.В. Методический инструментарий оценки благосостояния населения: межрегиональное сопоставление // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 1. – С. 53–68. DOI: 10.17059/2018-1-5.
16. Охрана окружающей среды в России. [Электронный ресурс]. – Федеральная служба государственной статистики. – 2016–2020. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209> (дата обращения 20.12.2021).
17. Пискулова Н.А. Влияние экологического фактора на мировое экономическое развитие // Вестник МГИМО Университета. – 2010. – № 6 (15). – С. 208–214.
18. Пишняк А.И., Попова Д.О. Уровень и качество жизни московских домохозяйств: объективные и субъективные оценки // Журнал исследований социальной политики. – 2015. – Т. 13. – № 2. – С. 257–272.

19. Регионы России. Социально-экономические показатели [Электронный ресурс]. – Федеральная служба государственной статистики. – 2017–2020. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения 20.12.2021).
20. Талалушкина Ю.Н. Историко-экономические аспекты формирования понятия «качество жизни» // История и современность. – 2015. – № 2 (22). – С. 62–68.
21. Фролов А.С. Сущность и особенности экологизации экономики // Вестник университета. – 2021. – № 2. – С. 124–129. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-2-124-129.
22. Чернышёва Н.И., Грешнова Е.Р. Социально-экономические аспекты дифференциации общества // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2018. – № 2 (62). – С. 104–108.
23. Azzuni A., Breyer C. Global Energy Security Index and Its Application on National Level // Energies. – 2020. – Vol. 13 (10). – 2502. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13102502>.
24. Cheng C.F.C., Cantore N. The inclusive and sustainable industrial Development Index: A DEA approach [Электронный ресурс]. – 2020. – 28 p. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/340136914> (дата обращения: 20.12.2021).
25. Zamora-Cristales R., Herrador D., Cuellar N. et al. Sustainability Index for Landscape Restoration [Электронный ресурс]. – 2020. – 69 p. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/339537139> (дата обращения: 20.12.2021).

## References

1. Aivazyan S.A. Quality of life and living standards analysis. Moscow: Nauka; 2012. 432 p.
2. Aivazian S., Afanasiev M., Kudrov A. Indicators of the main directions of socio-economic development in the space of characteristics of regional differentiation. *Applied Econometrics*. 2019;54:51–69. DOI: 10.24411/2076-4766-2017-10003.
3. Bobkov V.N., Stepanov V.S. The «Well-Being» Model for Evaluating and Forecasting the Standards and Quality of Living. *Living Standards of the Population in the Regions of Russia*. 2014;191:104–110. DOI: 10.12737/3490.
4. Bol'shakov B.E. Vzaimodeistvie obshchestva i okruzhayushchei sredy v terminakh fizicheski izmeryaemykh velichin: teoreticheskie i metodologicheskie osnovy [Interaction between the society and the environment in terms of physically measurable quantities: theoretical and methodological foundations]. Moscow: VINITI; 1990. 350 p.
5. Gerasimenko N.A. Standard of living of the Russian population: features of interregional differentiation dynamics. *Vestnik universiteta*. 2020;11:181–188. DOI: 10.26425/1816-4277-2020-11-181-188.
6. Gofman K.G. Ekonomika prirodopol'zovaniya (iz nauchnogo naslediya) [Environmental economics (from scientific heritage)]. Moscow: Ehditorial URSS; 1998. 272 s.
7. Demografiya. Estestvennoe dvizhenie naseleniya [Demography. Natural movement of the population]. Federal State Statistics Service. 2020. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (accessed 20.12.2021).
8. Zelyak E.F., Bogdanova M.S., Putintseva K.A. Theoretical aspects of the concept of quality of life of the population. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2018;113:38–45.
9. Kiryushin A., Rezakov G., Belov A., Kiryushin V. Analysis of ecological and economic efficiency of functioning of subjects of the Volga Federal District. *Nauchnoe obozrenie. Mezhdunarodnyi nauchno-prakticheskii zhurnal*. 2016;1:1–14.
10. Kozlova O.A., Gladkova T.V., Makarova M.N., Tukhtarova Y.K. Methodical Approach to Measuring The Life Quality in Region. *Economy of regions*. 2015;42:182–193. DOI: 10.17059/2015-2-15.
11. Kuklin A.A., Korobkov I.V. Selection of an effective trajectory of regional socio-economic development. *Economy of regions*. 2018;14(4):1145–1155. DOI: 10.17059/2018-4-7.
12. Kurbanov K.K. Agro-industrial complex of the North Caucasus Federal Region: trends and prospects. *Regional problems of transforming the economy*. 2012;33:130–138.
13. Leshchenko Y.A., Lisovtsov A.A. Evaluation of the quality of life in the population of the region by the multi-dimensional analysis. *Hygiene and Sanitation*. 2018;97(10):979-984. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-979-984.
14. Malkina M.Y. Interrelation of types of inequality with indicators of standard of living and welfare of the population in Russian regions. *Terra Economicus*. 2017;15(4):46–63. DOI: 10.23683/2073-6606-2017-15-4-46-63..
15. Naiden S.N., Belousova A.V. Methodological tools to assess the population welfare: interregional comparison. *Economy of regions*. 2018;14(1):53–68. DOI: 10.17059/2018-1-5.
16. Okhrana okruzhayushchei sredy v Rossii [Environmental protection in Russia]. Federal State Statistics Service. 2016–2020. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209> (accessed 20.12.2021).
17. Piskulova N.A. Vliyanie ehkologicheskogo faktora na mirovye ehkonomicheskoe razvitiye [The impact of the environmental factor on world economic development]. *MGIMO Review of International Relations*. 2010;15:208–214.
18. Pishnyak A., Popova D. Households' standard of living and quality of life in Moscow: objective and subjective indicators. *The Journal of Social Policy Studies*. 2015;13(2):257–272.
19. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socioeconomic indicators]. Federal State Statistics Service. 2017–2020. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (accessed 20.12.2021).
20. Talalushkina Y.N. Istoriko-ehkonomicheskie aspekty formirovaniya ponyatiya «kachestvo zhizni» [Historical and economic aspects of "quality of life" concept formation]. *Istoriya i sovremennost'*. 2015;22:62–68.
21. Frolov A.S. Essence and features of ecologization of economy. *Vestnik universiteta*. 2021;2:124–129. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-2-124-129.
22. Chernyshyova N.I., Greshnova E.R. Socio-economic aspects of society differentiation. *Vestnik of Rostov State University of Economics*. 2018;62:104–108.
23. Azzuni A., Breyer C. Global Energy Security Index and Its Application on National Level. *Energies*. 2020;13(10):2502. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13102502>.
24. Cheng C.F.C., Cantore N. The inclusive and sustainable industrial Development Index: A DEA approach. 2020. 28 p. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/340136914> (accessed 20.12.2021).
25. Zamora-Cristales R., Herrador D., Cuellar N. et al. Sustainability Index for Landscape Restoration. 2020. 69 p. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/339537139> (accessed 20.12.2021).

Статья поступила в редакцию 18.10.2021, одобрена после рецензирования 20.11.2021, принята к публикации 06.12.2021.  
The article was submitted 18.10.2021; approved after reviewing 20.11.2021; accepted for publication 06.12.2021.

### Информация об авторах

#### Шамаева Екатерина Федоровна

Кандидат технических наук, доцент

Заместитель заведующего кафедрой геоинформационных систем и технологий института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,  
141980 г. Дубна, Московской обл., ул. Университетская, 19  
e-mail: shamef-kate@yandex.ru  
ORCID 0000-0002-1070-8550

#### Капков Роман Юрьевич

Аспирант кафедры геоинформационных систем и технологий института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,  
141980 г. Дубна, Московской обл., ул. Университетская, 19  
e-mail: oborot@yahoo.com

#### Сурскова Елена Сергеевна

Бакалавр социологии

Магистр кафедры системного анализа и управления института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,  
141980 г. Дубна, Московской обл., ул. Университетская, 19  
e-mail: granat4900@gmail.com  
ORCID 0000-0001-7756-8874

### Information about authors

#### Ekaterina F. Shamaeva

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Deputy Head of the Department of Geoinformation Systems and Technologies of the Institute of System Analysis and Management of the State University "Dubna",  
19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia  
e-mail: shamef-kate@yandex.ru  
ORCID 0000-0002-1070-8550

#### Roman Y. Kapkov

Postgraduate student of the Department of Geoinformation Systems and Technology, Institute of System Analysis and Management, State University "Dubna",  
19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia  
e-mail: oborot@yahoo.com

#### Elena S. Surskova

Bachelor of Sociology

Master of the Department of System Analysis and Management of the Institute of System Analysis and Management of the State University "Dubna"  
19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia  
e-mail: granat4900@gmail.com  
ORCID 0000-0001-7756-8874