

# ФОРМАЛИЗОВАННАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ УСТОЙЧИВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ИХ АПРОБАЦИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

## FORMALIZED ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC RISKS OF SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT: METHODOLOGICAL APPROACHES AND THEIR TESTING (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

**G. Mavlyautdinova  
L. Elshin**

*Summary.* The subject of the study is the systematic diagnosis of ecological-economic risks (EER) of the region, which determine the stability of regional socio-economic dynamics. Ecological-economic infrastructure of catchments of the Republic of Tatarstan is the object of the study. The authors consider in detail aspects of the topic such as the formalized assessment of regional environmental-economic risks in the context of modelling their impact on the key macroeconomic parameters of the region. Special attention is paid to the methodological principles of quantitative measurement of EER through the lens of evaluation of its key components characterizing three states of the system: impact, response (sustainable efficiency) and productivity.

The methodological basis of the study was the works of domestic and foreign scientists and specialists in the field of research of problems of theory and practice of management of regional economic systems taking into account assessment and analysis of "ecological load" of territories. The implemented calculations are based on methods of system, calculation-analytical and comparative analysis, special methods of statistical analysis and mathematical modeling.

The main conclusion of the study is that the level and quality of environmental-economic infrastructure development should be largely taken into account in the study of regional economic growth, as it generates appropriate risks to the sustainability of macroeconomic dynamics. The main element of the novelty of the study is the proposed methodological tool for formalized assessment of EER, which opens the prospects for the construction of objective economic and economic models, which determine the relationship between the risks of environmental development of territories/regions and the key parameters of their socio-economic development.

*Keywords:* region, sustainable development, ecological-economic risks, modelling, ecological-economic infrastructure of the region, catchments, factor analysis, probabilistic analysis, socio-economic dynamics, Republic of Tatarstan.

**Мавляутдинова Гульнара Сафиулловна**

*К.г.н., с.н.с., Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан*

*G. Mavlyautdinova@tatar.ru*

**Ельшин Леонид Алексеевич**

*Д.э.н., ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

*Leonid.Elshin@tatar.ru*

*Аннотация.* Предметом исследования является системная диагностика эколого-экономических рисков (ЭЭР) региона, определяющих устойчивость региональной социоэкономической динамики. В качестве объекта исследования выступает эколого-экономическая инфраструктура водосборов Республики Татарстан. Авторы подробно рассматривают такие аспекты темы, как формализованная оценка региональных эколого-экономических рисков в контексте построения моделей их влияния на ключевые макроэкономические параметры региона. Особое внимание уделяется методическим принципам количественного измерения ЭЭР через призму оценки его ключевых составляющих, характеризующих три состояния системы: воздействия, отклика (устойчивой эффективности) и продуктивности.

Методологической основой исследования стали труды отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области исследования проблем теории и практики управления региональными экономическими системами с учетом оценки и анализа «экологической нагрузки» территорий. В основе реализованных расчетов лежат методы системного, расчетно-аналитического и сравнительного анализа, специальные методы статистического анализа и математического моделирования.

Основным выводом проведенного исследования является то, что при исследовании вопросов регионального экономического роста необходимо во многом учитывать уровень и качество развития эколого-экономической инфраструктуры, поскольку она генерирует соответствующие риски устойчивости макроэкономической динамики. Основным элементом новизны исследования является предложенный методический инструментарий формализованной оценки ЭЭР, что открывает перспективы построения объективных экономико-экономических моделей, определяющих взаимосвязь между рисками экологического развития территорий/регионов и ключевыми параметрами их социально-экономического развития.

*Ключевые слова:* регион, устойчивое развитие, эколого-экономические риски, моделирование, эколого-экономическая инфраструктура региона, водосборы, факторный анализ, вероятностный анализ, социоэкономическая динамика, Республика Татарстан.

## Введение

**У**стойчивое развитие региональных экономических систем, их отдельных территорий во многом обеспечивается через призму рационального управления системой эколого-экономических рисков, формирующихся, в том числе, в результате нерационального использования эколого-экономических инфраструктур структурообразующих водосборных территорий.

Следует констатировать, что «процессы, происходящие в экономике богатых водными ресурсами регионов, являются скорее инерционными, нежели научно обоснованными в долгосрочном периоде и многие вопросы взаимовлияния экономических, социальных и экологических аспектов региональной динамики до сих пор не получили должного исследования и разработки в контексте устойчивого регионального экономического развития и требуют своего научного обоснования» [1].

В этой связи, крайне актуальной задачей для научного и экспертного сообщества является разработка методологических подходов, позволяющих научно обосновать методы воздействия экологических рисков отдельных территорий на параметры их экономического развития, формирующие основу регионального стратегического планирования и прогнозирования.

## Теория

Несомненно, подобного рода вопросы являются не новыми. Их изучению посвящено значительное число научных работ российских авторов — признанных специалистов в области изучения вопросов оценки состояния и диагностики сложных эколого-экономических систем на региональном уровне Андреева Т.В. [2], Бобылев С.Н, Ходжаев А.Ш.[3], Гловацкая Н., Лазуренко С., Жукова И.[4], Грингмут В., Кутчбаух К. [5], Гутников В.А., Супрунова А.В., Кушнерев В.Э. [6] и др.

Не менее актуальными и востребованными подобного рода вопросы являются и для зарубежных ученых, среди которых можно выделить Costanza, R. [7], Isaak R. [8], Tansley A. [9], Truett J.V., Jonson A.C. [10], J. Eatwell, M. Milgate, P. Newman [11] и др., которые являются известными учеными и основателями оригинальных подходов к изучению оценки эколого-экономических рисков региональных систем.

Вместе с тем, несмотря на весьма широкий диапазон работ, следует констатировать, что подавляющее большинство из них опирается на методы качественного анализа, что, на наш взгляд, несколько снижает их ценность ввиду доминирования субъективистских взглядов на исследуемые

процессы. В условиях широкого набора разнообразной информации сложно, опираясь на методы неформализованных оценок, генерировать точные выводы, раскрывающие особенности изучаемых явлений. Крайне актуальной данной постановка проблемы является для изучения вопросов, раскрывающих особенности влияния экологических рисков на процессы устойчивого развития территорий/регионов. Это связано, в первую очередь, с тем, что данного рода риски генерируются на основе весьма дифференцированного набора факторов различного порядка и масштаба. Учесть их все представляется крайне сложной задачей, ввиду чего существует необходимость в использовании специальных методов анализа, которые позволят, опираясь на методы математического моделирования, не только систематизировать данные факторы, но и понять логику их генерирования и влияния на процессы формирования эколого-экономических рисков.

В этой связи в настоящей статье представлены методические подходы, ориентированные на поиск решений формализованной оценки так называемых эколого-экономических рисков региона (ЭЭР). В соответствии с авторским подходом под ними (в контексте предмета исследования) предлагается понимать функцию трёх состояний региональной системы: воздействия, отклика (устойчивой эффективности) и продуктивности. Различные комбинации этих трех составляющих в любой заданный интервал времени или в пределах водосбора любого порядка, являются теми или иными признаками системной диагностики, формирующими, в свою очередь, систему триггеров, инициирующих принятие тех или иных управленческих решений, обеспечивающих оптимальное соотношение природного баланса с параметрами экономического развития региона.

Решение поставленного в настоящей статье вопроса позволит, как это уже ранее отмечалось, в дальнейшем построить соответствующие динамические ряды ЭЭР, что в свою очередь, открывает возможность для построения специальных регрессионных уравнений, где в качестве эндогенных переменных могут участвовать параметры, раскрывающие особенности формирования макроэкономических параметров развития региона, а со стороны экзогенных, в частности, — параметр, оценивающий эколого-экономические риски территорий.

На рисунке 1 представлена структурная схема основных проблем, вызванных манифестацией различных составляющих эколого-экономического риска.

## Методы

В соответствии с изложенной выше позицией, оценка эколого-экономических рисков представляет собой многомерный процесс исследования большой сово-



Рис. 1. Структурная схема формирования эколого-экономического риска (ЭЭР)

купности факторов различного порядка, характеризующихся соответствующими причинно-следственными связями. Степень их устойчивости и определяет общее состояние эколого-экономической инфраструктуры региона и перспективы его устойчивого развития в рамках сформировавшейся природно-ресурсной базы.

Полагаясь на изложенные принципы, а также опираясь на предложенные подходы ниже представлены основные алгоритмы формализованной оценки ЭЭР и их апробация на примере Республики Татарстан.

В качестве исходных данных использовались многолетние ряды (2009–2018 гг.) информационных данных, отражающих уровень и различные аспекты развития

эколого-экономической инфраструктуры региона, сконцентрированные на водосборных бассейнах — ключевых генераторов территориальных эколого-экономических рисков.

Подбор показателей определялся из рассмотренных выше принципов функционирования эколого-экономических систем: воздействия, устойчивости, эффективности и продуктивности.

На первом этапе работы был проведен факторный анализ 161 отобранного для исследования показателя. Необходимые вычисления были проведены с использованием метода «Главные компоненты» в программном комплексе Statistica 6.0 (StatSoft, Inc.).

Таблица 1. Отобранные в результате факторного анализа переменные, их факторные нагрузки и весовые коэффициенты

Переменные	Факторные нагрузки	Весовые Коэффициенты*
<b>Фактор 1 («воздействие»)</b>		
Промышленный потенциал (балл)	0,732	0,745
Забор воды (млн. куб м)	0,774	0,784
Количество ЗВ (тонн)	0,707	0,718
Сброс загрязненных вод (млн. куб м)	0,799	0,810
Выбросы в атмосферу (тонн)	0,745	0,759
Образовано отходов (тонн)	0,709	0,716
Население сельское (тыс. чел)	0,965	0,979
Население всего (тыс. чел)	0,960	0,976
Внесено известковых материалов под урожай (тонн)	0,959	0,974
Внесено органических удобрений под урожай (тонн)	0,788	0,799
Внесено минеральных удобрений под урожай (тонн)	0,955	0,967
Всего энергетических мощностей	0,982	1,000
Всего тракторов (штук)	0,989	1,000
Всего комбайнов (штук)	0,980	0,997
<b>Фактор 2 («продуктивность»)</b>		
Рентабельность с/х (%)	-0,854	0,865
Урожайность гороха (ц/га)	-0,709	0,718
Урожайность свеклы (ц/га)	-0,701	0,709
Урожайность картофеля (ц/га)	-0,702	0,710
Продукция с/х (тыс. руб)	-0,980	0,996
Поголовье КРС (голов)	-0,965	0,977
Поголовье свиней (голов)	-0,946	0,960
Поголовье овец (голов)	-0,948	0,962
Поголовье лошадей (голов)	-0,958	0,972
Использовано воды (млн. куб м)	0,818	0,830
Использовано пр и с/х (млн. куб м)	0,814	0,826
Производство молока (тонн)	-0,972	0,988
Производство мяса (тонн)	-0,950	0,960
Производство яиц (тыс. штук)	-0,706	0,719
Валовый сбор зерновых (тонн)	-0,951	0,966
Валовый сбор гороха (тонн)	-0,932	0,942
Валовый сбор картофеля (тонн)	-0,972	0,981
Сбор многолетних трав на сено (тонн)	-0,974	0,982
<b>Фактор 3 («отклик»)</b>		
Земельный фонд (тыс. га)	-0,912	0,923
Площадь пашни (тыс. га)	0,948	0,961
Вся посевная площадь (га)	0,953	0,961
Площадь ООПТ (га)	-0,744	0,752
Поверхностный сток (балл)	-0,769	0,778
Затраты на охрану окр. среды (млн. руб)	-0,703	0,716
Себестоимость производства 1 ц привеса КРС (руб)	0,768	0,779
Себестоимость производства 1 ц молока (руб)	0,775	0,786
Лесистость (%)	-0,733	0,744
Эродированность (%)	0,705	0,720

\*Значения весовых коэффициентов получены как соотношение фактических значений факторных нагрузок группы к максимальному значению.

Таблица 2. Значения основных составляющих эколого-экономических рисков Республики Татарстан, 2018 год

Виды риска			
Воздействие	Неустойчивость	Неэффективность	ЭЭР
1	0,382	0,400	0,535

Этим методом было выделено 3 фактора (компонента). Число факторов подбиралось по величине суммарной дисперсии, способом «каменистая осыпь». Учитывая, что полученные факторы относятся к группе ортогональных, на их основе было сгруппировано три автономных группы показателей (переменных) схожих по своим функциональным характеристикам, представленным выше: воздействие, устойчивость, эффективность и продуктивность (в нашем случае, эффективность развития сельскохозяйственного сектора региона) и «отклик системы».

Для каждой анализируемой и диагностируемой переменной были определены так называемые факторные нагрузки. При этом важно отметить, что в каждом компоненте выделялись и в последствии отбирались переменные с уровнем факторной нагрузки превышающем 0,7.

### Результаты (Results)

Основные итоги данного этапа исследования, направленного на идентификацию факторов, приоритетных переменных, факторных нагрузок, представлены в Таблице 1.

Значения репрезентативных переменных, отобранных в результате факторного анализа подверглись процедуре нормирования:

$$\text{Значение}_{n\_норм} = \text{Значение}_n / \text{Значение}_{n\_max}$$

Далее, полученные нормированные значения анализируемых показателей были умножены на соответствующие весовые коэффициенты:

$$\text{Показатель}_n = \text{Значение}_{n\_норм} * K_{fn}$$

Так как приведенные к единице значения каждого показателя представляют собой удельную величину, отражающую долю этих значений от максимального, то сравнение среднего арифметического и медианы всего ряда разных показателей, полученных для конкретной водосборной территории, позволяет определить сдвиг распределения значений в большую или меньшую сторону, их частотную асимметрию, являясь вероятностной характеристикой ряда.

Для определения фонового уровня показателя, который «характеризует верхний предел допустимого риска, в исследовании был использован метод вычисления первой квартили (25%) в ранжированном ряду однотипной выборки рассчитанных медиан» [12].

Далее, в рамках реализации процедуры деления значений показателей на фоновые были получены величины, которые «с помощью нелинейной функции приводились к соответствующим значениям вероятностей, выраженных в долях единицы» [11]:

$$\text{Risk}_i = 1 - \exp(-((m_i/m_{\phi})^2/2)),$$

где

$\text{Risk}_i$  — статистическая вероятность превышения конкретного рискованного показателя над фоновым значением (вероятностный риск).

$m_{\phi}$  - фоновое значение показателя, соответствующее первому квартилю,

$m_i$  — значение показателя на i-том участке.

В результате реализации всех итераций и преобразований были получены 3 показателя риска, являющиеся составными частями интегрального эколого-экономического риска региона: 1) риск воздействия на систему ( $\text{Risk}_{\text{возд}}$ ); 2) риск нарушения устойчивости системы к воздействию ( $\text{Risk}_{\text{неуст}}$ ); 3) риск снижения продуктивности ( $\text{Risk}_{\text{неэфф}}$ ).

Интегральное значение ЭЭР получено с помощью степенной функции:

$$\text{ЭЭР} = (\text{Risk}_{\text{возд}} * \text{Risk}_{\text{неуст}} * \text{Risk}_{\text{неэфф}})^{1/3}$$

В таблице 2 представлены полученные усредненные оценки основных компонент эколого-экономического риска Республики Татарстан в части эффективности использования водосборных участков региона.

В соответствии с ранее изложенными принципами [13] «высокие значения риска воздействия свидетельствуют о чрезмерных нагрузках, которые испытывает эколого-экономическая система. Высокий риск неустойчивости — о снижении устойчивости системы к воздействию. Высокий риск неэффективности — о снижении

Таблица 3. Значения градации эколого-экономических рисков для Республики Татарстан

Характеристика ЭЭР	Диапазон значений
Низкий риск	ЭЭР < 0,391
Средний риск	0,391 ≤ ЭЭР < 0,477
Высокий риск	0,477 ≤ ЭЭР < 0,587
Критический риск	0,587 ≤ ЭЭР

продуктивности и экономической эффективности водосборной инфраструктуры» [13].

Важно отметить, что предложенный инструментарий позволяет осуществить подобные оценки и применительно к отдельным территориям региона, что формирует потенциал анализа эффективности экономического развития в территориальном разрезе. Данного рода задача также была решена применительно к анализу многолетних рядов (2009–2018 гг.) эколого-экономической информации, отражающей функционирование и состояние различных аспектов эколого-экономической инфраструктуры водосборных бассейнов 49 малых рек Республики Татарстан. Полученные результаты демонстрируют весьма дифференцированный уровень эколого-экономических рисков региона в разрезе его отдельных водосборных территорий. Так, к примеру, самым низким уровнем ЭЭР характеризуются территории Республики Татарстан, расположенные вблизи рек Морквашинка (ЭЭР=0,151), Свияга (ЭЭР=0,157). Напротив, наиболее высокими значениями риска обладают территории региона в окрестностях рек Бима (ЭЭР=0,630), Курлянка (Архаровка) (ЭЭР=0,618)

Используя методы квартилей (25%, 50%, 75% процентиля) значения эколого-экономических рисков региона (в разрезе анализируемых 49 водосборных территорий) были сгруппированы на четыре группы по степени их значимости (Таблица 3).

### Обсуждение (Discussion)

Полученные оценки, характеризующие текущие интегральные значения эколого-экономического риска Республики Татарстан и его отдельных составляющих, демонстрируют весьма напряженную ситуацию. Данный факт, несомненно, должен учитываться органами государственной власти при выработке долгосрочных мер стратегического развития региона. Несомненно, высокие риски экологического порядка создают угрозу нарушения устойчивого развития территории в долгосрочной перспективе. В этой связи обязательным условием обеспечения сбалансированной динамики экономического роста должно стать наращивание инвестиционных программ в сфере минимизации экологических рисков. При этом важно отметить и тот факт, что,

к примеру, наращивание рассматриваемых рисков формируется в результате роста использования материальных производственных ресурсов региона, что в краткой и среднесрочной перспективах может способствовать наращиванию экономического роста. Однако подобного рода наращивание загрузки материально-природных факторов должно формироваться до определенного уровня, превышение которого способно нарушить устойчивость социоэкономической динамики [14]. Для Республики Татарстан в качестве подобной точки бифуркации в контексте рассматриваемых вопросов является значение ЭЭР не превышающее 0,587. Учитывая, что текущие параметры эколого-экономического риска для республики практически достигли пороговых значений, крайне важным и сверхактуальным вопросом в контексте исследования устойчивой динамики ВРП становится вопрос о локализации данных рисков.

### Заключение (Conclusions or Discussion and Implication)

Важно отметить, что реализованный методический инструментарий формирует возможность построения динамических рядов, оценивающих ЭЭР региона и его отдельных территорий за ряд исследуемых периодов. Это, в свою очередь, открывает новые возможности для построения эконометрических и вероятностных моделей оценки влияния генерирующихся региональных эколого-экономических рисков на параметры их социально-экономического развития. Тем самым есть все основания утверждать, что разработанный подход, помимо формализованной оценки ЭЭР, способствует построению экономико-математических моделей, ориентированных на оценку уровня взаимосвязи между эффективностью развития эколого-экономической инфраструктурой региона и перспективами его устойчивого экономического развития. В свою очередь, реализация данного научно-исследовательского этапа формирует основу для выработки обоснованных управленческих решений в сфере региональной государственной политики в части перспектив и интенсивности размещения производительных сил, обеспечивающих наиболее оптимальные и сбалансированные настройки регионального территориального социально-экономического развития с учетом экологической «загрузки» территорий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Терешина М. В. Формирование инвестиционной привлекательности региона с учетом экологических факторов// Экономика природопользования для устойчивого развития: теория и практика, Минск: БГЭУ, 2006, С. 170–171.
2. Андреева Т. В. Снижение уровня экологического риска как фактор обеспечения экологической безопасности. М.: Изд-во РГГУ, 1999 С. 15.
3. Бобылев С. Н., Ходжаев А. Ш. Экономика природопользования. / С. Н. Бобылев, А. Ш. Ходжаев, М.: ИНФРА М., 2004. 501 с.
4. Гловацкая Н., Лазуренко С., Жукова И. Безопасность человека и общества: новые ориентиры социально-экономического развития // Вопросы экономики. 1994, № 4. С. 41–52.
5. Грингмут В., Кутчбаух К., Роос Штрайбель Формирование окружающей среды и экономика природных ресурсов. Пер. с немецкого. М.: Прогресс, 1982 382 С.
6. Кушнерев В. Э. Эколого-экономическая оценка культурно-природных территорий как объектов недвижимости//Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата эконом. наук. Москва, 2008. -64 С.
7. Costanza, R., C. Cleveland, and C. Perrings (eds.). 1997. The Development of Ecological Economics. Edward Elgar, Cheltenham, 777 pp.
8. Isaak R. Green Logic: Ecopreneurship, Theory and Ethics. Sheffield: Greenleaf, 1998. 144 p.
9. Tansley A. G. British Ecology during the past Quarter-century: the Plant Community and the Ecosystem. «Journal of Ecology», vol. XXVII, N2, 1939. PP. 114 115.
10. Truettly J.B., Jonson A. C. Development of water quality management indices//Water Resources Bulletin.-1975.-11.-N3.-S. 436–448.
11. The New Palgrave Dictionary of Economics. Ed. by J. Eatwell, M. Milgate, P. Newman. 1991. PP.1011–1023.
12. Урбах В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М.: Медицина, 1975. 295 с.
13. Мавляутдинова Г. С. Эколого-экономическая ситуация бассейнов рек формирование, управления и нормирование. — Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. — 209 с.
14. Сафиуллин М. Р., Ельшин Л. А., Прыгунова М. И. Волатильность и конкурентоспособность регионов в условиях внешнеполитических и конъюнктурных изменений (на примере регионов Приволжского федерального округа) / Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2014. № 12 (78). С. 115–127.

© Мавляутдинова Гульнара Сафиулловна ( G.Mavlyautdinova@tatar.ru ), Ельшин Леонид Алексеевич ( Leonid.Elshin@tatar.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский федеральный университет