

УДК 658

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ****<sup>1</sup>Кудрявцева С.С., <sup>2</sup>Шинкевич М.В., <sup>3</sup>Минулина О.В.**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
Казань, e-mail: sveta516@yandex.ru;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,  
Москва, e-mail: leotau@mail.ru;<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
Казань, e-mail: olga.minulina@bk.ru

Актуальность статьи обусловлена необходимостью оценки уровня экологичности нефтехимических предприятий для выработки стратегий и подходов к повышению ресурсоэффективности нефтехимического производства. Одним из инструментов такой инициативы рассмотрены кинологические инновации. Цель статьи заключается в систематизации трендов развития экологических инноваций в нефтехимической промышленности, повышающих ресурсоэффективность процессов производства, использования и утилизации нефтехимической продукции. В исследовании отражена и охарактеризована динамика затрат и результатов нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации; выявлены ключевые тренды повышения экологичности нефтехимического производства на основе инноваций; применяя компонентный и факторный анализ, проведена группировка факторов повышения ресурсоэффективности нефтехимической отрасли на основе внедрения экологических инноваций. Показано, что повышение ресурсоэффективности нефтехимических предприятий достигается преимущественно разработкой и внедрением экологических инноваций, ориентированных на сокращение энергозатрат и рециркуляцию в процессе использования нефтехимической продукции. Полученные в ходе исследования выводы могут быть использованы при дальнейшем развитии методики оценки ресурсоэффективности и повышения экологичности нефтехимической промышленности за счет разработки подходов к проектированию и внедрению экологических инноваций в процессе производства, использования и утилизации нефтехимической продукции.

**Ключевые слова:** экологичность, нефтехимическое предприятие, экологические инновации, нефтехимическое производство, ресурсоэффективность, рециркуляция

**IMPROVING THE ENVIRONMENTAL RESPONSE OF PETROCHEMICAL  
ENTERPRISES BASED ON INNOVATION****<sup>1</sup>Kudryavtseva S.S., <sup>2</sup>Shinkevich M.V., <sup>3</sup>Minulina O.V.**<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: sveta516@yandex.ru;<sup>2</sup>D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, e-mail: leotau@mail.ru;<sup>3</sup>Kazan State Power Engineering University, Kazan, e-mail: olga.minulina@bk.ru

The relevance of the article is due to the need to assess the level of environmental friendliness of petrochemical enterprises in order to develop strategies and approaches to improve the resource efficiency of petrochemical production. Cynological innovations are considered as one of the tools of such an initiative. The purpose of the article is to systematize the trends in the development of environmental innovations in the petrochemical industry, which increase the resource efficiency of the processes of production, use and disposal of petrochemical products. The study reflects and characterizes the dynamics of costs and benefits of petrochemical enterprises implementing environmental innovations; identified key trends in improving the environmental friendliness of petrochemical production based on innovations; using component and factor analysis, a grouping of factors for increasing the resource efficiency of the petrochemical industry was carried out on the basis of the introduction of environmental innovations. It is shown that increasing the resource efficiency of petrochemical enterprises is achieved mainly by the development and implementation of environmental innovations aimed at reducing energy costs and recycling in the process of using petrochemical products. The conclusions obtained in the course of the study can be used in the further development of the methodology for assessing resource efficiency and improving the environmental friendliness of the petrochemical industry by developing approaches to the design and implementation of environmental innovations in the production, use and disposal of petrochemical products.

**Keywords:** environmental friendliness, petrochemical enterprise, environmental innovation, petrochemical production, resource efficiency, recycling

Новые вызовы, стоящие перед промышленным производством, вызванные разрывом четвертой промышленной революции и достижением целей устойчивого развития ООН, ставят во главу угла вопросы повышения экологичности промышленного комплекса российской экономики. Нефтехимические предприятия, как локомотив

обрабатывающей промышленности, отличающиеся повышенным уровнем загрязнения окружающей среды в процессе производства и использования нефтехимической продукции, призваны стать основой модернизационных преобразований, направленных на повышение ресурсоэффективности производства. Одним из способов повыше-

ния экологичности нефтехимических предприятий видится использование инноваций, прежде всего экологических, призванных обеспечить повышение уровня ресурсосбережения на всех фазах жизненного цикла нефтехимической продукции.

Как показал анализ работ российских и зарубежных авторов, в трудах I.G. Ershova, E.Yu. Yakimova, L.N. Guselnikova, A.Yu. Karakulin [1], E. Shkarupeta, D. Savon, A. Safronov, L. Avlasenko, G. Kruzhkova [2], O.B. Брижак [3], A.И. Шинкевич, Н.В. Барсегян, В.М. Бабушкин [4], С. Carpenter [5], P. Frow, S. Nenonen, K. Storbacka, A. Payne [6], а также в исследованиях авторов [7], вопросы экологических инноваций и повышение ресурсоэффективности имеют особую важность для дальнейшего развития нефтехимической промышленности. Однако полагаем, что разработка комплексных стратегий ресурсосбережения в нефтехимической отрасли должна опираться на анализ существующих трендов в данной сфере деятельности. В этой связи полагаем, что возникает необходимость в расширении методического инструментария учета и анализа уровня инновационной активности в нефтехимическом комплексе в вопросах повышения его экологичности.

Цель статьи заключается в систематизации трендов развития экологических инноваций в нефтехимической промышленности, повышающих ресурсоэффективность процессов производства, использования и утилизации нефтехимической продукции. Исходя из цели, совокупность задач исследования сводится к следующим:

- отразить и охарактеризовать динамику затрат и результатов нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации;
- выявить ключевые тренды повышения экологичности нефтехимического производства на основе инноваций;
- провести группировку факторов повышения ресурсоэффективности нефтехимической отрасли на основе внедрения экологических инноваций.

#### **Материалы и методы исследования**

При исследовании вопросов повышения экологичности нефтехимической промышленности использовались методы описания, отражающие тенденции применения экологических инноваций на нефтехимических предприятиях; метод регрессионного анализа, позволивший установить характер трендов ключевых показателей экологических инноваций в нефтехимической отрасли; методы компонентного и факторного анализа, на основе которых составлены три

группы факторов ресурсоэффективности нефтехимической промышленности на основе экологических инноваций.

В качестве информационной базы исследования использовалась форма статистической отчетности № 4-инновация, опубликованная на сайте Росстата [8]. Динамический ряд по анализируемому показателю составлял период 2010–2019 гг. Инструментов для анализа выступил программный продукт Statistica.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

При анализе тенденций использования инноваций, повышающих экологичность нефтехимического производства, выявлены противоречивые тенденции. Так, удельный вес организаций, осуществлявших экологические инновации, сократился с 15,4 % в 2010 г. до 3,6 % в 2019 г. В среднем за анализируемый период значение данного показателя составляло 7,6 % и характеризовалось отрицательным квадратическим трендом с минимальным значением показателя в 2013 г. – 5,4 %. В 2019 г. относительно 2017 г. индикатор сократился на 0,7 % (рис. 1).

Нестабильная динамика характерна для специальных затрат нефтехимических предприятий, связанных с экологическими инновациями, способствующими повышению ресурсоэффективности нефтехимического производства. По итогам 2010 г. в расчете на одно нефтехимическое предприятие специальные затраты на экологические инновации составляли 73,2 млн руб., далее следовало снижение до 24,7 млн руб. в 2013 г., затем снова рост, чередующийся с уменьшением. В 2019 г. значение показателя достигло 127,6 млн руб. и было максимальным за рассматриваемый период. Среднее значение специальных затрат нефтехимических предприятий, связанных с экологическими инновациями, составляло 52,1 млн руб. в расчете на одно предприятие и описывалось положительным параболическим трендом (рис. 2).

Для целей исследования считаем важным определить совокупность факторов, формирующих базис повышения экологической составляющей нефтехимической промышленности в процессе производства и использования нефтехимической продукции. Для этого нами была сформирована статистическая база показателей экологических инноваций в целом по нефтехимическому производству в 2010–2019 гг., средние значения которых и условные обозначения представлены в табл. 1.

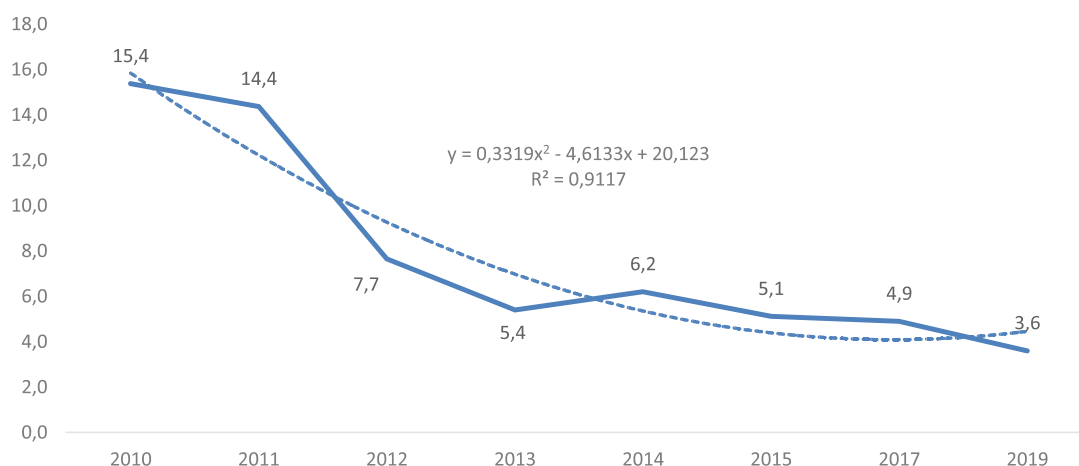


Рис. 1. Динамика доли нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации (в процентах)

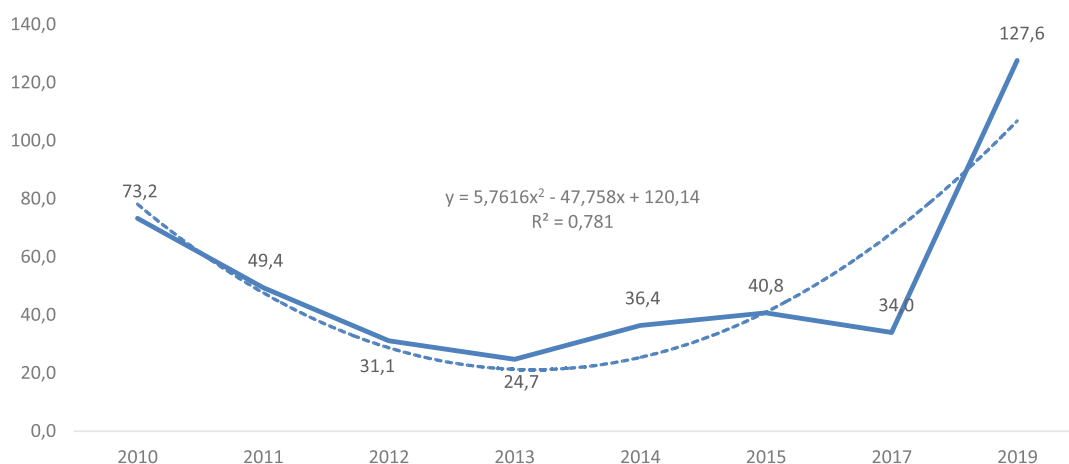


Рис. 2. Специальные затраты нефтехимических предприятий, связанные с экологическими инновациями (млн руб., в расчете на одно нефтехимическое предприятие)

Таблица 1

Средние значения показателей по экологическим инновациям  
в нефтехимической промышленности

Показатель	Обозначение	Среднее значение
Удельный вес организаций, осуществлявших экологические инновации, %	X1	7,8
Сокращение материальных затрат на производство единицы товаров в процессе производства, %	X2	56,1
Сокращение энергозатрат на производство единицы товаров, %	X3	58,6
Сокращение выброса в атмосферу диоксида углерода в процессе производства, %	X4	37,1
Замена сырья и материалов на безопасные или менее опасные, %	X5	40,2
Снижение загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов, уменьшение уровня шума) в процессе производства, %	X6	82,1
Осуществление вторичной переработки (рециркуляции) отходов производства, %	X7	57,1
Сокращение энергопотребления (энергозатрат) в процессе потребления, %	X8	42,4
Сокращение загрязнения атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов в процессе потребления, %	X9	54,7
Улучшение возможностей вторичной переработки (рециркуляции) товаров после использования	X10	32,9
Специальные затраты, связанные с экологическими инновациями, в расчете на одну организацию, млн. руб.	X11	52,1

Таблица 2

Результаты компонентного анализа ресурсоэффективности  
нефтехимической промышленности на основе инноваций

№ п/п	Собственное значение	% объяснения дисперсии	Накопленная частота	Накопленный % объяснения дисперсии
1	3,779511	34,35919	3,77951	34,3592
2	3,526185	32,05622	7,30570	66,4154
3	1,943162	17,66511	9,24886	84,0805
4	0,702609	6,38735	9,95147	90,4679
5	0,564556	5,13233	10,51602	95,6002
6	0,286258	2,60235	10,80228	98,2026
7	0,197719	1,79745	11,00000	100,0000

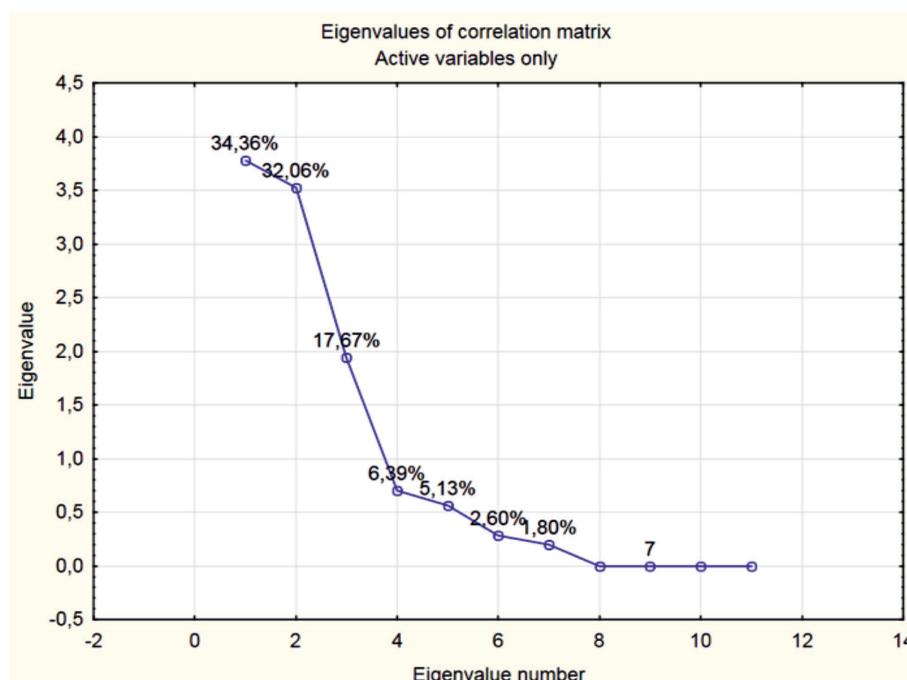


Рис. 3. Критерий Кайзера для факторов экологических инноваций в нефтехимической промышленности

На основе компонентного анализа было установлено, что совокупность показателей ресурсоэффективности нефтехимической промышленности, достигаемых благодаря использованию инноваций, целесообразно разделить на три группы факторов, собственные значения которых превышают единицу (табл. 2).

Целесообразность разбиения совокупности показателей экологических инноваций в нефтехимической промышленности на три группы факторов подтверждается также методом Кайзера, где собственные значения факторов достигают максимального замедления на третьем шаге (рис. 3).

На основе использования факторного анализа совокупность показателей экологических инноваций в нефтехимической промыш-

ленности была распределена на три группы факторов. Показатели включались в фактор, если их коэффициент корреляции с фактором превышал 0,7 и был статистически значим ( $P \leq 0,05$ ). Первый фактор, наиболее весомый, объясняющий 34% повышения ресурсоэффективности нефтехимического производства на основе экологических инноваций – «энергозатраты и рециркуляция в процессе использования нефтехимической продукции», сформирован показателями экологических инноваций, направленных на сокращение энергопотребления (коэффициент корреляции показателя с фактором по модулю составил 0,95); специальными затратами на экологические инновации (0,90) и вторичной переработкой нефтехимической продукции после использования (0,87).

Второй фактор – «материальные затраты и рециркуляция в процессе производства» – включает показатели экологических инноваций, направленных на сокращение материальных затрат (0,91); инновационную активность в экосфере (0,78); рециркуляцию отходов производства (0,74) и уменьшение выбросов диоксида углерода (0,73). На долю объяснения дисперсии ресурсоэффективности нефтехимического производства второго фактора приходится 32%. Третий фактор – «энергозатраты и загрязнение воздуха в процессе производства» – образован такими показателями экологических инноваций, как уменьшение загрязнения окружающей

среды (0,73) и сокращение энергозатрат в производстве (0,71). На долю объяснения дисперсии ресурсоэффективности нефтехимического производства третьего фактора приходится 18%. Следует отметить, что все показатели, входящие в факторы, имели с ними отрицательные коэффициенты корреляции, что объясняется нестабильностью их динамики и преобладанием отрицательного тренда, исключение составил показатель сокращения выбросов диоксида углерода в процессе производства нефтехимической продукции (табл. 3).

Визуализация факторных нагрузок представлена на рис. 4.

Таблица 3

Результаты факторного анализа экологических инноваций  
в нефтехимической промышленности

Показатель	Фактор 1 Энергозатраты и рециркуляция в процессе использования	Фактор 2 Материальные затраты и рециркуляция в процессе производства	Фактор 3 Энергозатраты и загрязнение воздуха в процессе производства
X1	0,17	-0,78	0,51
X2	0,19	-0,91	-0,22
X3	-0,15	-0,61	-0,71
X4	0,33	0,73	-0,52
X5	0,61	-0,63	0,01
X6	0,61	-0,06	-0,73
X7	-0,22	-0,74	-0,25
X8	-0,95	0,14	-0,09
X9	0,57	0,44	-0,10
X10	-0,87	0,02	-0,49
X11	-0,90	-0,15	0,05
Собственное значение фактора	3,78	3,53	1,94
% объяснения дисперсии	0,34	0,32	0,18

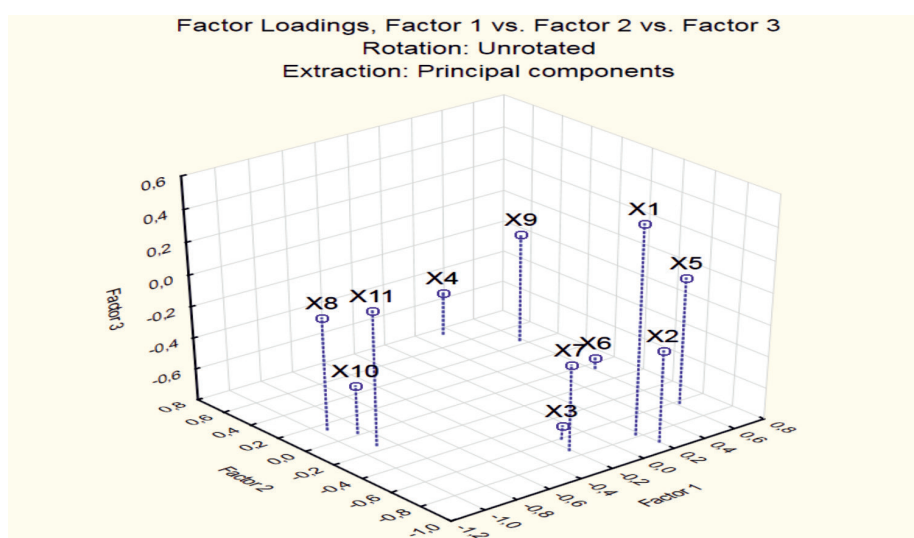


Рис. 4. Трехмерная матрица факторных нагрузок по результатам компонентного и факторного анализа



Таким образом, в совокупности три фактора объясняют 84% изменения ресурсоэффективности нефтехимического производства, достигаемого за счет внедрения экологических инноваций.

### Заключение

При изучении вопросов повышения экологичности нефтехимического производства на основе использования инноваций получены следующие научно-практические результаты:

1. Сокращение доли нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации, сопровождается ростом специальных затрат в расчете на одно нефтехимическое предприятие, что позволяет предположить наращивание инновационного потенциала в экосфере нефтехимической промышленности за счет неизменного состава преимущественно крупных предприятий, имеющих стабильную динамику инновационной активности в сфере ресурсосбережения с использованием экологических инноваций.

2. Повышение ресурсоэффективности нефтехимических предприятий достигается преимущественно разработкой и внедрением экологических инноваций, ориентированных на сокращение энергозатрат и рециркуляцию в процессе использования нефтехимической продукции, т.е. ориентир в цепи создания стоимости приходится на конечного пользователя.

3. Основные индикаторы, образующие факторные группы экологических инноваций в нефтехимической промышленности, характеризуются отрицательными полиномиальными трендами либо нестабильностью динамики, что указывает на недостаточную устойчивость в решении вопросов повышения экологичности нефте-

химического производства в отечественной экономике.

Полученные в ходе исследования выводы могут быть использованы при дальнейшем развитии методики оценки ресурсоэффективности и повышения экологичности нефтехимической промышленности за счет разработки подходов к проектированию и внедрению экологических инноваций в процессе производства, использования и утилизации нефтехимической продукции.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00655.*

### Список литературы

1. Ershova I.G., Yakimova E.Yu., Guselnikova L.N., Karakulin A.Yu. Theories of genesis in regional economy. Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage Proceedings of the 34rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA. 2019. P. 4636–4643.
2. Shkarupeta E., Savon D., Safronov A., Avlasenko L., Kruzhkova G. Digital Ecosystem Development Based on Open Innovation Model. Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDeK 2020). 2020. P. 601–605.
3. Брижак О.В. Корпоративные отношения в современной экономике и их влияние на инновационное развитие корпораций // Научный вестник Южного института менеджмента. 2014. № 1. С. 4–10.
4. Шинкевич А.И., Барсегян Н.В., Бабушкин В.М. Роль кадрового обеспечения в реализации проектов бережливых производственных систем // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2019. № 4. С. 68–72.
5. Carpenter C. Innovative developments in Caspian Republics' oil and gas production. Journal of Petroleum Technology. 2016. № 68 (1). P. 42–45.
6. Frow P., Nenonen S., Storbacka K., Payne A. Managing Co-creation Design: A Strategic Approach to Innovation. British Journal of Management. 2015. № 26 (3). P. 463–483.
7. Кудрявцева С.С., Шинкевич А.И. Применение логистического подхода в моделировании открытых инноваций // Экономика, управление и инвестиции. 2014. № 1 (3). С. 6.
8. Росстат [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14477> (дата обращения: 25.06.2021).