

## **ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПАНЕЛЬНЫХ ДАННЫХ СТРАН ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА**

**Бахмури́н С.Н., Кузнецова О.А.**

*Российская Федерация, г. Самара,  
Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева*

**Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы внедрения принципов циркулярной экономики в промышленности. Эконометрическое обоснование перспектив проводится с помощью метода корреляционного анализа данных. С помощью корреляционного анализа реальных панельных данных стран Европейского союза выявлена тесная взаимосвязь между показателями объемов переработки отходов и показателями чистой операционной прибыли в отраслях сравнения. Эконометрический смысл полученных результатов коррелирует с экономическим обоснованием выявленных зависимостей.

**Ключевые слова:** эконометрика, панельные данные, метод корреляционного анализа, циркулярная экономика, переработка и восстановление отходов, операционная прибыль.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках реализации гранта Фонда Потанина заявка № ГК200001525.

### **Введение**

В современном мире страны все чаще сталкиваются не только с проблемой ограниченности природных ресурсов [1], но и с проблемой повышения эффективности производственных мощностей [2]. Концепция циркулярной экономики, разработанная Европейской комиссией [3] призвана решить эти проблемы. Основные принципы подробно описаны в работах [4, 5]. Согласно данной концепции, идеальная модель экономики должна быть основана на полностью замкнутом цикле производства товаров [6]. Переработка и восстановление отходов – ключ к повышению эффективности производства и уменьшению загрязнения окружающей среды [7, 8].

В настоящее время, несмотря на непрерывные открытия в науке и технике, развитые страны находятся примерно на одной ступени технологического развития, так что внедрение концепции циркулярной экономики может стать конкурентным преимуществом в международном разделении труда.

Однако для убедительности доводов требуется эконометрическое обоснование наличия положительного эффекта от внедрения принципов циркулярной экономики в промышленности.

В качестве объекта исследования выбран Европейский союз (ЕС), в частности

следующие страны, входящие в его состав: Дания, Германия, Италия, Нидерланды, Австрия, Португалия, Словакия и Финляндия.

Выбор именно этих стран объектами исследования обусловлен наличием необходимой статистической информации в открытых источниках.

В качестве панельных данных для анализа выбраны параметры объемов переработки и восстановления отходов, а также параметры операционной чистой прибыли по отраслям [9]. Модели с использованием панельных данных имеют ряд ограничений, которые, однако, не снижают ценности их использования [10, 11].

Процесс создания модели осуществлялся с использованием инструмента «корреляция» анализа данных Microsoft Excel.

### Исходные данные для исследования

В качестве исходных данных используются следующие показатели:

1)  $X_{ij}^k$  – объем переработки и восстановления отходов, где  $k$  – вид отхода;  $i$  – страна;  $j$  – год.

2)  $Y_{ij}^p$  – чистая операционная прибыль, где  $p$  – отрасль.

3)  $K_{ij}^p$  – доля реализованной продукции от совокупного объема производства.

Статистические данные стран ЕС представлены за 2012, 2014 и 2016 гг.

В таблице 1 представлены исследуемые пары показателей, для которых были найдены коэффициенты парной корреляции [12].

**Таблица 1. Исследуемые показатели**

Объемы переработки и восстановления отходов, в тоннах (X)	Чистая операционная прибыль, в млн евро (Y)
Вид переработанных и восстановленных отходов (k)	Отрасль сравнения (p)
1. Химические и медицинские отходы	1. Производство химикатов и химических продуктов
2. Бумажные и картонные отходы	2. Производство бумаги и бумажных изделий
3. Резиновые и пластмассовые отходы	3. Производство резиновых и пластмассовых изделий
4. Древесные отходы	4. Производство древесины и изделий из дерева и пробки, кроме мебели; производство изделий из соломки и материалов для плетения
5. Текстильные отходы	5. Производство текстиля, одежды, кожи и сопутствующих товаров
6. Минеральные отходы от строительства и сноса	6. Строительство
7. Металлические отходы	7. Производство основных металлов

### Результаты исследования

#### *Определение темповых показателей*

Для определения коэффициентов корреляции необходимо привести исходные данные к темповым показателям.

Темповые показатели продемонстрируют темп изменения показателей объемов

переработки и восстановления отходов, а также темп изменения чистой операционной прибыли по отраслям во времени.

Корреляционный анализ именно темповых показателей позволит нивелировать разрыв в уровне развития рассматриваемых экономик и отразит лишь реальный эффект (или его отсутствие) от переработки и восстановления отходов на отрасли экономики.

Расчет темповых показателей для имеющихся панельных данных производится следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta R x_{ij}^k = R x_{ij}^k - R x_{ij-1}^k \\ \Delta Y_{ij}^p = Y_{ij}^p - Y_{ij-1}^p \end{cases},$$

где  $\Delta R x_{ij}^k$  - изменение объемов переработки и восстановления отходов;  $\Delta Y_{ij}^p$  - изменение чистой операционной прибыли.

### Расчет коэффициентов корреляции

Для расчета коэффициентов корреляции воспользуемся формулой Пирсона [13, 14, 15]:

$$r_{X,Y}^p = \frac{\sum (X_{ij}^k - \bar{X})(Y_{ij}^p - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_{ij}^k - \bar{X})^2 \sum (Y_{ij}^p - \bar{Y})^2}}$$

В таблице 1 приведены расчетные значения коэффициентов корреляции. Стоит отметить, что при нахождении данных коэффициентов отбрасывались статистические пары серьезно отклонявшиеся от средних значений, чтобы сгладить значения статистической выборки.

Для определения статистической значимости полученных коэффициентов корреляции были использованы значения из таблицы критических значений корреляции Пирсона [16].

Таблица 2. Таблица коэффициентов парной корреляции

Изменение объемов переработки и восстановления отходов (X)	Изменение чистой операционной прибыли (Y)	Коэффициент корреляции ( $r_{XY}^p$ )	Сумма количества значений в выборках (n)	Критические значения корреляции Пирсона ( $r_{крит}^p$ ) при $p < 0,01$
Вид переработанных и восстановленных отходов (k)	Отрасль сравнения (p)			
1. Химические и медицинские отходы	1. Производство химикатов и химических продуктов	0,78	18	0,56
2. Бумажные и картонные отходы	2. Производство бумаги и бумажных изделий	0,55	20	0,54
3. Резиновые и пластмассовые отходы	3. Производство резиновых и пластмассовых изделий	0,67	30	0,45
4. Древесные отходы	4. Производство древесины и изделий из дерева и	0,74	26	0,48

Изменение объемов переработки и восстановления отходов (X)	Изменение чистой операционной прибыли (Y)	Коэффициент корреляции ( $r_{XY}^p$ )	Сумма количества значений в выборках (n)	Критические значения корреляции Пирсона ( $r_{крит}^p$ ) при $p < 0,01$
Вид переработанных и восстановленных отходов (k)	Отрасль сравнения (p)			
	пробки, кроме мебели; производство изделий из соломки и материалов для плетения			
5. Текстильные отходы	5. Производство текстиля, одежды, кожи и сопутствующих товаров	0,65	30	0,45
6. Минеральные отходы от строительства и сноса	6. Строительство	0,62	22	0,52
7. Металлические отходы	7. Производство основных металлов	0,52	24	0,5

На основе данных таблицы 2 можно сделать вывод о том, что связь обнаруженная связь между исходными показателями статистически значима по всем группам сравнения.

Стоит отметить, что обнаруженная корреляция между изменением объемов переработки и восстановления химических и медицинских отходов и изменением величины чистой операционной прибыли в отрасли производства химикатов и химических продуктов является высокой. Корреляция между изменением объемов переработки и восстановления древесных отходов и изменением величины чистой операционной прибыли также следует признать тесной.

### **Экономический смысл полученных результатов**

Тесную корреляционную связь между изменением объемов переработки химических и медицинских отходов и изменением чистой операционной прибыли химической отрасли можно объяснить дефицитом многих видов химического сырья на мировом рынке. Предприятия химической отрасли, как правило, характеризуются высокими затратами на сырьё, поэтому переработка и восстановление химических и медицинских отходов в потенциале экономит затраты на транспортировку, допустим из другой части света, затраты на добычу полезных ископаемых, что положительно сказывается на величине чистой операционной прибыли компаний.

Не менее тесная корреляционная связь наблюдается между изменением объемов переработки древесных отходов и изменением чистой операционной прибыли деревообрабатывающей отрасли. В данном случае корреляционную связь можно объяснить жестким экологическим законодательством в развитых странах [17, 18, 19]. Данные за-

коны направлены на сохранение окружающей среды в целом и предотвращение вырубki леса в частности. Таким образом, развитие деревообрабатывающей отрасли за счет экстенсивной вырубki леса в развитых странах оказалось практически невозможным, поэтому основной потенциал развития отрасли производители черпают именно из расширения объемов переработки и восстановления древесных отходов.

Достаточно тесная корреляционная связь наблюдается также между изменением объемов переработки резиновых и пластмассовых отходов и изменением чистой операционной прибыли отрасли производства резиновых и пластмассовых изделий. Переработка и восстановление пластмасс стала более рентабельной в связи с угасанием в развитых странах угольной промышленности [20, 21, 22] и нестабильностью стоимости нефти и газа, так как производство синтетических пластмасс основано на реакциях полимеризации низкомолекулярных веществ, выделяемых из угля нефти или природного газа.

Коэффициенты корреляции остальных пар, представленных в таблице 2, колеблется от 0,52 до 0,65, за исключением коэффициента корреляции между изменением объемов переработки химических отходов и изменением чистой операционной прибыли фармацевтической отрасли, что объясняется использованием в производстве фармацевтических препаратов ограниченных видов химического сырья.

Таким образом, коэффициенты корреляции, представленные в таблице 2, свидетельствуют о достаточно сильной связи между показателями изменения объемов переработки отходов и изменения величины чистой операционной прибыли в отраслях промышленности.

### **Список литературы**

1. JM Conrad, D Rondeau, Natural Resource Economics: Analysis, Theory, and Applications / Cambridge University Press, 2020, p.345.
2. J Wang, YL He, QX Zhu, Energy and production efficiency optimization of an ethylene plant considering process operation and structure // Industrial & Engineering Chemistry, 2020, 59(3), pp. 1202–1217.
3. European Commission Circular Economy. Available online: [https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en) (Дата обращения: 12.01.2019)
4. Brais Suárez-Eiroa, Emilio Fernández, Gonzalo Méndez-Martínez, David Soto-Oñate, Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice // Journal of Cleaner Production, 2019, Volume 214, pp. 952-961.
5. Julian Kirchherr, Laura Piscicelli, Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study // Resources, Conservation and Recycling 2019, volume 150
6. Subhas Sikdar, Circular economy: Is there anything new in this concept? // Clean Technologies and Environmental Policy, 2019, volume 21, pp.1173–1175.
7. Katarzyna Pactwa, Justyna Woźniak, Michał Dudek, Coal mining waste in Poland in reference to circular economy principles // Fuel, 2020, volume 270.

8. Patrizia Ghisellini, Sergio Ulgiati, Circular economy transition in Italy. Achievements, perspectives and constraints // - Journal of Cleaner Production, 2020, Volume 243.
9. Сайт Europa. [Электронный ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat> (Дата обращения: 12.01.2019)
10. Terrence D. Hill, Andrew P. Davis, J. Micah Roos, Limitations of fixed-effects models for panel data // Sociological Perspectives, 2020, 63(3), pp. 357-369.
11. Shijie Li, Chunshan Zhou, Shaojian Wang, Does modernization affect carbon dioxide emissions? A panel data analysis // Science of The Total Environment, 2019, Volume 663, pp. 426-435.
12. Rebecca Suh, Keunbaik Lee, Analysis of labor panel data using multivariate regression models † // Journal of the Korean Data & Information Science Society, 2020, pp. 549-68.
13. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики // М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.
14. A. Ly, M. Marsman, E.J. Wagenmakers, Analytic posteriors for Pearson's correlation coefficient // Statistica Neerlandica, 2018, 72(1).
15. R.A. Armstrong, Should Pearson's correlation coefficient be avoided? // Ophthalmic and Physiological Optics, 2019, 39(5).
16. Сайт Технические таблицы: TehTab.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://tehtab.ru/Guide/GuideMathematics/TheTheoryOfProbabilityAndStatistics/PirsonVsSignificance/> (Дата обращения: 12.01.2019)
17. Боголюбов С.А. Экологическое право: учеб. пособие // М.: Издательство Юрайт, 2011. – 482 с.
18. Valeria Dulio, Bert van Bavel, Eva Brorstrom-Lunden, Joop Harmsen, Juliane Hollender, Martin Schlabach, Jaroslav Slobodnik, Kevin Thomas & Jan Koschorreck, Emerging pollutants in the EU: 10 years of NORMAN in support of environmental policies and regulations // Environmental Sciences Europe, 2018, 30(5).
19. R. Vavrek, J. Chovancová, Assessment of economic and environmental energy performance of EU countries using CV-TOPSIS technique // Ecological Indicators, 2019, 106.
20. L. Buchsbaum, The shift from coal to biomass is on in Europe // TradeFair Group Publications, Ltd, 2018, p. 162.
21. A.V. Zimakov, Is there any future for coal power plants in Europe? - Vestnik MGIMO-Universiteta, 2017, 5 (56), pp.130-150.
22. C. Collins, Beyond coal: Phase-out policies in the EU and implications for the United States // Climate Institute, 2019.

**ECONOMETRIC JUSTIFICATION OF THE PROSPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLES OF THE CIRCULAR ECONOMY BASED ON CORRELATION ANALYSIS OF THE PANEL DATA OF THE EUROPEAN UNION COUNTRIES**

**S.N. Bahmurin, O.A. Kuznetsova**

*Samara National Research University,  
Samara, Russian Federation*

**Abstract.** The article discusses the prospects for introducing the principles of circular economy in industry. Econometric justification of the prospects is carried out using the method of correlation data analysis. With the help of a correlation analysis of real panel data of the European Union countries, a close relationship was found between indicators of recycling volumes of wastes and net operating profit indicators in the comparison industries. The econometric meaning of the results obtained correlates with the economic justification of the identified dependencies.

**Key words:** econometrics, panel data, correlation analysis method, circular economy, recycling and recovery of wastes, operating profit.