

УДК 311.313; 519.237.7

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ
ПО УРОВНЮ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ****канд. физ.-мат. наук О.Н. БУДЬКО, Т.В. СЕЛЮЖИЦКАЯ
(Гродненский государственный университет им. Янки Купалы)**

*На основе построенного ранее интегрального индикатора эколого-экономического состояния регионов Беларуси проведена кластеризация регионов за 2008–2017 годы методом *k*-средних кластерного анализа. Выделено три достоверно различных кластера регионов по эколого-экономическому состоянию, проанализирован их состав, дана содержательная интерпретация, проанализирована динамика распределения регионов по кластерам и средние значения показателей в кластерах, сделаны соответствующие выводы и даны рекомендации. Использовалась авторская система из семнадцати показателей, характеризующих эколого-экономическое состояние регионов и сгруппированных в четыре блока показателей антропогенной нагрузки на окружающую среду; показателей, характеризующих природоохранную деятельность в регионах; показателей экономических возможностей природоохранной деятельности; показателей эколого-экономической эффективности. Расчеты проводились с помощью программных средств Statistica и MS Excel.*

Ключевые слова: эколого-экономическое состояние, регион, система показателей, интегральный индикатор, метод *k*-средних, кластерный анализ.

Введение. В современном мире все более настойчиво выдвигается требование устойчивого экономического развития, то есть соизмеренного с социальными и экологическими параметрами. Понятие «устойчивое развитие» в экономической литературе не имеет однозначного толкования, что отмечено, в частности, О.С. Шимовой в работе [1, с. 43–45]. Вместе с тем она уточняет, что под «устойчивым» понимается «развитие, благодаря которому поддерживается (сохраняется) благосостояние людей и общественного устройства посредством сбережения жизнеобеспечивающих функций природы» [1, с. 44]. Таким образом, устойчивое развитие можно понимать как рост экономики при сохранении или улучшении качественных параметров, то есть при обеспечении социального развития и сохранения окружающей среды.

В нашей стране в настоящее время разработан проект Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года, согласно которому долгосрочное развитие административно-территориальных единиц должно осуществляться с учетом сопряженности с Целями устойчивого развития, содержащимися в резолюции Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций от 25 сентября 2015 г. № 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [2]. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь сформирован национальный перечень показателей Целей устойчивого развития (ЦУР), позволяющих осуществлять мониторинг их достижения [3]. Вместе с тем продолжается его актуализация и совершенствование, тем более что на уровне регионов этот набор показателей пока не сформирован. Анализ состава системы показателей ЦУР показал, что значительная часть показателей призвана охарактеризовать именно экологические аспекты устойчивого развития. В долгосрочной перспективе ставится задача «устойчивого снижения вредных воздействий на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности путем экологизации социально-экономического развития на национальном, отраслевом и региональном уровнях...» [4, с. 95]. При этом политика регионального развития предполагает, в частности, «комплексное развитие каждого региона и уменьшение существующих региональных различий...» [4, с. 115].

Цель работы – провести дифференциацию и анализ регионов Республики Беларусь (областей и г. Минск) по уровню их эколого-экономического состояния.

Основная часть. Система показателей. В работе [5] была предложена авторская система показателей, выступающих экологическими индикаторами устойчивого развития на региональном уровне. В дальнейшем в работе [6] она была усовершенствована и сформирована система из 17 показателей, характеризующих эколого-экономическое состояние регионов Беларуси, где были выделены следующие группы показателей:

1. *Показатели антропогенной нагрузки на окружающую среду:* X_1 – выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 км², кг; X_2 – выбросы загрязняющих веществ от мобильных источников на 1 км², кг; X_3 – добыча воды из природных источников на душу населения, м³/чел.; X_4 – образование отходов на одного жителя, кг/чел.; X_5 – доля нарушенных земель, %.

2. *Показатели, характеризующие природоохранную деятельность в регионах:* X_6 – доля нормативно-очищенной воды, %; X_7 – удельный вес использованных отходов, %; X_8 – удельный вес окончательно удаленных отходов, %; X_9 – удельный вес уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, %; X_{10} – объем оборотного и повторного водоснабжения, млн м³; X_{11} – особо охраняемые природные территории, %; X_{12} – лесистость, %.

3. *Показатели экономических возможностей природоохранной деятельности:* X_{13} – текущие затраты на природоохранные мероприятия (в сопоставимых ценах), млн руб.; X_{14} – инвестиции в основной

капитал природоохранного назначения (в сопоставимых ценах), млн руб.; X_{15} – затраты на биотехнические мероприятия по разведению диких животных (в сопоставимых ценах), тыс. руб.

4. Показатели эколого-экономической эффективности: X_{16} – интенсивность образования отходов на единицу валового регионального продукта (ВРП), кг/руб.; X_{17} – добыча (изъятие) воды из природных источников на единицу ВРП, м³/руб.

Описанная выше система показателей использовалась для расчета интегрального индикатора эколого-экономического состояния регионов, по значениям которого были ранжированы регионы и проведен анализ построенных рейтингов как по каждому году, так и за весь рассматриваемый период – 2008–2017 гг. [6].

Для построения интегрального индикатора эколого-экономического состояния регионов использовался метод главных компонент факторного анализа [7, с. 13], реализованный в программном пакете Statistica.

Таким образом, объектами изучения являются регионы Беларуси (области и г. Минск), рассматриваемые как панельные данные, то есть одной единицей изучения является регион за некоторый год. Всего имеем 70 наблюдений (6 областей и г. Минск за 10 лет с 2008 г. по 2017 г.), каждое характеризуется 17 показателями.

Кластерный анализ по панельным данным. На основании построенного в работе [6] интегрального индикатора эколого-экономического состояния регионов методом k -средних кластерного анализа [7, с. 176] были сформированы однородные группы изучаемых объектов (кластеры). Расчеты проводились в пакете Statistica и Excel. В таблице 1 представлены результаты кластеризации регионов по 3 группам, отсортированные по значению интегрального индикатора R , характеризующего эколого-экономическое состояние регионов.

Таблица 1. – Результаты кластеризации регионов Республики Беларусь по интегральному индикатору эколого-экономического состояния за 2008–2017 гг.

Место в рейтинге	Год	Области и г. Минск	R	Среднее значение R в кластере (количество регионов)	Место в рейтинге	Год	Области и г. Минск	R	Среднее значение R в кластере (количество регионов)
1	2013	Гомельская	79,452	Кластер 1 48,378 (20)	36	2009	Витебская	9,937	Кластер 2
2	2017	Витебская	77,269		37	2012	Могилевская	9,533	
3	2015	Витебская	64,251		38	2013	Могилевская	7,730	
4	2014	Витебская	63,248		39	2016	Могилевская	7,301	
5	2016	Витебская	56,849		40	2008	Гродненская	5,079	
6	2016	Брестская	55,118		41	2011	Могилевская	1,367	
7	2017	Брестская	51,505		42	2010	Могилевская	-2,162	
8	2015	Брестская	51,150		43	2008	Витебская	-2,369	
9	2014	Гомельская	49,311		44	2009	Могилевская	-2,774	
10	2014	Брестская	46,899		45	2010	Гомельская	-4,105	
11	2015	Гомельская	44,441		46	2008	Гомельская	-5,198	
12	2017	Гомельская	43,586		47	2008	Могилевская	-7,491	
13	2013	Витебская	42,267		48	2015	Могилевская	-8,167	
14	2013	Брестская	41,424		49	2009	Гомельская	-8,993	
15	2016	Гомельская	40,263	50	2014	Могилевская	-13,666		
16	2012	Витебская	35,793	51	2013	Минская	-31,222	Кластер 3 -59,990 (20)	
17	2012	Гомельская	35,271	52	2016	Минская	-33,886		
18	2011	Брестская	29,868	53	2017	Минская	-34,632		
19	2012	Брестская	29,809	54	2017	г. Минск	-36,166		
20	2017	Гродненская	29,779	55	2016	г. Минск	-39,250		
21	2009	Брестская	26,766	56	2014	Минская	-40,111		
22	2010	Брестская	25,721	57	2015	Минская	-43,292		
23	2016	Гродненская	25,140	58	2009	Минская	-43,648		
24	2008	Брестская	18,443	59	2012	Минская	-43,697		
25	2017	Могилевская	16,494	60	2015	г. Минск	-51,515		
26	2012	Гродненская	16,285	61	2014	г. Минск	-64,623		
27	2013	Гродненская	14,826	62	2011	Минская	-66,372		
28	2011	Витебская	14,232	63	2013	г. Минск	-67,541		
29	2011	Гродненская	13,921	64	2008	Минская	-68,726		
30	2010	Гродненская	13,836	65	2012	г. Минск	-77,155		
31	2009	Гродненская	13,833	66	2010	Минская	-77,836		
32	2014	Гродненская	13,020	67	2011	г. Минск	-82,322		
33	2015	Гродненская	12,762	68	2010	г. Минск	-87,321		
34	2010	Витебская	10,606	69	2009	г. Минск	-103,83		
35	2011	Гомельская	10,318	70	2008	г. Минск	-106,63		

Источник: собственная разработка по расчетам в пакете Statistica.

Количество выделяемых кластеров (групп объектов) задается исходя из требования метода k -средних, согласно которому средние значения интегрального индикатора в кластерах должны быть достоверно различны. Кроме того, полученные кластеры должны допускать содержательную интерпретацию. В нашем случае количество кластеров больше трех не несет большого содержательного смысла. Так, было установлено, что при разбиении на пять кластеров кластер 1 и кластер 3 делятся каждый на два, кластер 2 практически не меняется. Проверка достоверности различия средних значений интегрального индикатора R в кластерах проводилась по критерию Шеффе, так как $p < 0,05$, то разбиение на 3 кластера является обоснованным.

Проанализируем состав кластеров. Проведенное разбиение изучаемых объектов на 3 кластера допускает следующую интерпретацию.

Кластер 1 можно охарактеризовать как кластер с *высоким уровнем* эколого-экономического состояния регионов, который сформировали регионы с наиболее высокими значениями интегрального индикатора эколого-экономического состояния (среднее значение $R = 48,378$). К нему относятся 20 объектов изучения, регионы: Брестская область (2011–2017 гг.), Витебская и Гомельская области (2012–2017 гг.), Гродненская область (2017 г.).

В *кластер 2* попали 30 объектов изучения со *средним уровнем* эколого-экономического состояния (среднее значение $R = 7,741$): Брестская область (2008–2010 гг.), Витебская и Гомельская области (2008–2011 гг.), Гродненская область (2008–2016 гг.) и Могилевская область (2008–2017 гг.).

Регионы *кластера 3* характеризуются *низким уровнем* эколого-экономического состояния (среднее значение $R = -59,99$). В данный кластер попали Минская область и г. Минск за все рассматриваемые годы.

С учетом целей устойчивого развития полученным кластерам можно дать следующую содержательную интерпретацию: кластер 1 – это регионы с благоприятным (высоким) эколого-экономическим состоянием для устойчивого развития; кластер 2 – регионы с достаточно благоприятным (средним) эколого-экономическим состоянием для устойчивого развития; кластер 3 – регионы с неблагоприятным (низким) эколого-экономическим состоянием для устойчивого развития.

Проанализировав динамику распределения регионов по кластерам за 2008–2017 гг. (таблица 2), были выявлены тенденции изменения эколого-экономического состояния каждого региона.

Таблица 2. – Динамика распределения регионов Республики Беларусь по кластерам за 2008–2017 гг.

Области и г. Минск	Номер кластера									
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Брестская	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Витебская	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Гомельская	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Гродненская	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
г. Минск	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Минская	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Могилевская	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Источник: собственная разработка по расчетам в пакете Statistica.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что три из семи регионов (Брестская область, начиная с 2011 г., Витебская и Гомельская области, начиная с 2012 г.) перешли из кластера 2 в кластер 1 с высоким уровнем эколого-экономического состояния. В 2017 г. к этим регионам присоединилась и Гродненская область. На протяжении всех десяти анализируемых лет в кластере 2 со средним уровнем эколого-экономического состояния находилась Могилевская область, а Минская область и г. Минск – в кластере 3 с низким уровнем эколого-экономического состояния. Таким образом, можно отметить, что в целом эколого-экономическое состояние в республике в последние годы улучшилось, в 2017 г. четыре из семи регионов относились к кластеру 1 с высоким уровнем эколого-экономического состояния.

Причины, обусловившие дифференциацию регионов Беларуси на три кластера по эколого-экономическому состоянию за 2008–2017 гг., заключаются в различиях значений исходных показателей, сформировавших уровень интегрального индикатора R , на основании которого и была проведена кластеризация. Поэтому необходимо проанализировать средние значения исходных показателей в каждом кластере (таблица 3).

В идеальном случае средние значения показателей кластера 1 должны быть лучшими (минимальными или максимальными из всех кластеров в зависимости от содержательного смысла показателя), кластера 2 – средними, кластера 3 – худшими. Чаще всего при большом количестве показателей эти условия не выполняются. Выявление таких аномальных средних значений позволяет выявить «узкие места» в эколого-экономическом состоянии регионов соответствующего кластера и дать рекомендации по его улучшению.

По показателям антропогенной нагрузки на окружающую среду X_1 – X_5 , для которых лучшими являются меньшие значения, регионы кластера 1 обеспечили наименьшие средние значения показателей X_2 – выбросы загрязняющих веществ от мобильных источников на 1 км² и X_4 – образование отходов на одного жителя. Показатели X_1 – выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 км² и X_3 – добыча воды из природных источников на душу населения лучше у регионов кластера 2. Показатель X_5 – доля нарушенных земель имеет минимальное (наилучшее) значение для регионов кластера 3 и максимальное (наихудшее) значение – для кластера 1.

Таблица 3. – Средние значения показателей эколого-экономического состояния регионов Беларуси в кластерах за 2008–2017 гг.

Кластеры	Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 кв. км, кг	Выбросы загрязняющих веществ от мобильных источников на 1 кв. км, кг	Добыча воды из природных источников на душу населения, куб. м/чел.	Образование отходов на одного жителя, кг/чел.	Доля нарушенных земель, %	Доля нормативно-очищенной воды, %	Удельный вес использованных отходов, %	Удельный вес окончательно удаленных отходов, %
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Кластер 1	2140,85	3165,35	167,43	1291,67	0,284	99,72	88,32	27,86
Кластер 2	1850,97	3850,00	149,16	1998,51	0,246	99,23	74,06	30,58
Кластер 3	43101,35	254997,85	191,20	11841,44	0,185	98,02	31,45	69,13

Окончание таблицы 3

Кластеры	Удельный вес уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, %	Объем оборотного и повторного водоснабжения, млн куб. м	Особо охраняемые природные территории, %	Лесистость, %	Текущие затраты на природоохранные мероприятия, млн руб.	Инвестиции в основной капитал природоохранного назначения, млн руб.	Затраты на биотехнические мероприятия по разведению диких животных, тыс. руб.	Интенсивность образования отходов на единицу ВРП, кг/руб.	Добыча (изъятие) воды из природных источников на единицу ВРП, куб. м/руб.
	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}
Кластер 1	64,55	1017,05	10,17	40,35	110,42	35,80	544,23	0,302	0,045
Кластер 2	81,81	859,00	7,25	37,80	43,84	6,02	87,13	1,213	0,109
Кластер 3	82,51	562,00	3,77	19,21	62,73	13,74	72,56	4,076	0,072

Источник: собственная разработка.

Природоохранную деятельность в регионах характеризуют показатели $X_6 - X_{12}$, лучшими для них являются более высокие значения. Для кластера 1 характерны наилучшие средние значения показателей X_6 – доля нормативно-очищенной воды; X_7 – удельный вес использованных отходов; X_{10} – объем оборотного и повторного водоснабжения; X_{11} – особо охраняемые природные территории; X_{12} – лесистость. Все с точностью до наоборот по кластерам для показателей X_8 – удельный вес окончательно удаленных отходов и X_9 – удельный вес уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников: кластер 3 имеет наилучшие значения, кластер 1 – наихудшие.

По средним значениям показателей экономических возможностей природоохранной деятельности $X_{13} - X_{15}$, для которых лучшими являются более высокие значения, лидирует кластер 1. По показателям X_{13} – текущие затраты на природоохранные мероприятия и X_{14} – инвестиции в основной капитал природоохранного назначения более высокие средние значения принадлежат кластеру 3, а не кластеру 2.

Показатели эколого-экономической эффективности $X_{16} - X_{17}$, для которых лучшими являются меньшие значения, ведут себя по-разному. Наилучшее среднее значение показателя X_{16} – интенсивность образования отходов на единицу ВРП обеспечивают регионы кластера 1, наихудшее – кластера 3. По показателю X_{17} – добыча (изъятие) воды из природных источников на единицу ВРП наилучшее значение в кластере 1, наихудшее – в кластере 2, а не в кластере 3.

Выводы. По результатам расчетов и проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

Анализ состава сформированных однородных групп (кластеров) изучаемых объектов показал, что наиболее высокий уровень эколого-экономического состояния имели Брестская область (2011–2017 гг.), Витебская и Гомельская области (2012–2017 гг.), а в 2017 году к ним присоединилась Гродненская область. Могилевская область за весь рассматриваемый период 2008–2017 гг. имела средний уровень эколого-экономического состояния, а Минская область и г. Минск за этот же период характеризовались низким уровнем эколого-экономического состояния. В целом по республике в последние годы можно отметить положительную динамику перехода большинства регионов в кластер с более высоким уровнем эколого-экономического состояния.

Сравнение средних значений показателей в кластерах позволяет дать следующие общие рекомендации по улучшению эколого-экономического состояния в регионах.

Регионам кластера 1 необходимо:

– уменьшить значения показателей антропогенной нагрузки на окружающую среду: X_1 – выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 км²; X_3 – добыча воды из природных источников на душу населения и X_5 – доля нарушенных земель;

– увеличить значения показателей природоохранной деятельности в регионах: X_8 – удельный вес окончательно удаленных отходов и X_9 – удельный вес уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников.

Рекомендации регионам кластера 2:

– увеличить значения показателей экономических возможностей природоохранной деятельности: X_{13} – текущие затраты на природоохранные мероприятия и X_{14} – инвестиции в основной капитал природоохранного назначения;

– уменьшить значение показателя эколого-экономической эффективности X_{17} – добыча (изъятие) воды из природных источников на единицу ВРП.

Регионам, попавшим в кластер 3, для повышения устойчивости эколого-экономического состояния необходимо улучшать практически все показатели, особенно показатели антропогенной нагрузки на окружающую среду, средние значения которых в данном кластере в десятки раз превышают средние значения в первом кластере. Однако есть и такие показатели, по которым регионы третьего кластера занимают лидирующие позиции. Так, в данном кластере наблюдаются наименьшее среднее значение показателя X_5 – доля нарушенных земель и наибольшие значения показателей, характеризующих природоохранную деятельность, а именно, X_8 – удельный вес окончательно удаленных отходов, X_9 – удельный вес уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников.

Полученные выводы основаны на используемой авторской системе показателей и интегральном индикаторе, построенном на ее основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шимова, О.С. Устойчивое развитие : учеб. / О.С. Шимова. – Минск : БГЭУ, 2017. – 395 с.
2. О разработке проекта Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года [Электронный ресурс] // Сайт Министерства экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.by/uploads/files/macro-prognoz/PostSM-392-2018.pdf>. – Дата доступа: 20.05.2019.
3. Дорожная карта Национального статистического комитета Республики Беларусь по разработке статистики по Целям устойчивого развития [Электронный ресурс] // Сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/SDG/Road_map_ru.pdf. – Дата доступа: 20.05.2019.
4. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Сайт Министерства экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа: 20.05.2019.
5. Селюжицкая, Т.В. Построение системы экологических индикаторов устойчивого развития на региональном уровне / Т.В. Селюжицкая // Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты [Электронный ресурс] : электр. сб. ст. III Междунар. науч.-практ. online-конф., Новополоцк, 18–19 апреля 2019 г. / Полоц. гос. ун-т. – Новополоцк, 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 174–177.
6. Будько, О.Н. Ранжирование регионов Беларуси на основе разработки системы эколого-экономических показателей / О.Н. Будько, Т.В. Селюжицкая // Экономика. Управление. Инновации. – 2019. – № 1(5). – С. 11–16.
7. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ ; пер. с англ. / Дж.-О. Ким [и др.] ; под ред. И.С. Енюкова. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

Поступила 24.07.2019

DIFFERENTIATION OF REGIONS OF BELARUS ACCORDING TO THE LEVEL OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONDITION

O. BUDKO, T. SELIUZHITSKAYA

In the article, on the basis of the previously constructed integral indicator of ecological and economic condition of the regions of Belarus, the clustering of the regions for 2008-2017 was carried out by the method of k-means cluster analysis. Identified three significantly different clusters of regions on environmental-economic condition, and analyzed their composition, given a meaningful interpretation, and there are analyzed of van distribution of regions by clusters and average values in the clusters and made appropriate conclusions and recommendations. We used the author's system of seventeen indicators characterizing the ecological and economic condition of the regions and grouped into four blocks: indicators of anthropogenic impact on the environment; indicators characterizing the environmental activity in the regions; indicators of economic opportunities for environmental activities; indicators of ecological and economic efficiency. Calculations were carried out using Statistica and MS Excel software.

Keywords: *ecological and economic condition, integral indicator, rating, region, system of indicators, method of principal components, factor analysis.*