

УДК 551.588.3/.7:911.375.62:628.47
DOI 10.17513/use.38285

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА, В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Кутышкин А.В.

Нижегородский государственный университет, Нижегородск, e-mail: avk_200761@mail.ru

Цель работы заключается в получении количественных оценок результативности и эффективности функционирования региональных систем – отраслей, обеспечивающих очистку территорий регионов Арктической зоны Российской Федерации, загрязненных отходами производства, на основе использования статистических методов сравнения многомерных объектов. В работе представлены результаты использования метода таксономического показателя для оценки результативности и эффективности функционирования систем очистки земель, загрязненных отходами производства, в регионах Арктической зоны Российской Федерации. Данные системы являются объединением всех предприятий и организаций региона, занимающихся данным видом экономической деятельности. Непосредственно функционирование этих систем (объектов) представлялось в виде типовой модели «вход – выход», характеризующейся определенным набором показателей – признаков, которые фиксируются действующей системой государственной статистики. В данный набор были включены значения площадей загрязненных и рекультивированных за год земель, прямые затраты на устранение загрязнений, затраты на используемые трудовые ресурсы и амортизационные отчисления на основные производственные фонды. В рамках метода таксономического показателя перечисленные признаки функционирования объектов нормировались, и на их основе формировались виртуальные эталонный и антиэталонный объекты. Далее рассчитывался интегральный показатель как отношение удаленности объекта от объекта антиэталона к расстоянию между эталонным и антиэталонным объектами. Значение интегрального показателя характеризует результативность и эффективность функционирования каждого рассматриваемого объекта. На основании расчетных значений комплексного показателя произведено ранжирование объектов для каждого года интервала с 2020 г. по 2023 г. Значения интегрального показателя характеризуют результативность функционирования объектов и эффективность использования обозначенных видов ресурсов. Выявлены региональные системы – лидеры с высокими значениями комплексного показателя и осуществлена группировка остальных систем в зависимости от значений данного показателя. Значения интегрального показателя в целом формируют в указанный временной интервал понижающие тренды для большинства исследуемых объектов. Коэффициент вариации расчетных значений комплексного показателя использовался как оценка устойчивости функционирования рассматриваемых объектов. Установлено, что только незначительная доля объектов характеризуется устойчивостью функционирования, т.е. минимальными значениями коэффициента вариации.

Ключевые слова: загрязнение земель, отходы производства, очистка земель, таксономический метод, Арктическая зона, регион

STATISTICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONING OF REGIONAL SYSTEMS FOR CLEANING LANDS CONTAMINATED WITH PRODUCTION WASTES IN THE ARCTIC REGIONS OF RUSSIA

Kutyshkin A.V.

Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, e-mail: avk_200761@mail.ru

The purpose of the work is to obtain quantitative assessments of the effectiveness and efficiency of the functioning of regional systems – industries that provide cleanup of the territories of the regions of the Arctic zone of the Russian Federation, contaminated with industrial waste, based on the use of statistical methods for comparing multidimensional objects. The paper presents the results of using the taxonomic indicator method to assess the effectiveness and efficiency of the functioning of land treatment systems contaminated with industrial waste in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation. These systems are an association of all enterprises and organizations in the region engaged in this type of economic activity. The direct functioning of these systems (objects) was presented in the form of a standard «input – output» model, characterized by a certain set of indicators – features that are recorded by the current system of state statistics. This set included the values of the areas of contaminated and reclaimed land during the year, the direct costs of eliminating pollution, the costs of labor resources used and depreciation charges for fixed production assets. Within the framework of the taxonomic indicator method, the listed signs of the functioning of objects were normalized, and on their basis, virtual reference and anti-reference objects were formed. Next, the integral indicator was calculated as the ratio of the distance of the object from the anti-standard object and the distance between the standard and anti-standard objects. The value of the integral indicator characterizes the effectiveness and efficiency of the functioning of each object under consideration. Based on the calculated values of the integrated indicator, objects were ranked for each year of the interval from 2020 to 2023. The values of the integral indicator characterize the effectiveness of the functioning of objects and the efficiency of using the designated types of resources. Regional systems – leaders with high values of the complex indicator – were identified and the remaining systems were grouped depending on the values of this indicator. The values of the integral indicator generally form downward trends in the specified time interval for the majority of the studied objects. The coefficient of variation of the calculated values of the complex indicator was used as an assessment of the stability of the functioning of the objects under consideration. It has been established that only a small proportion of objects are characterized by stable functioning, i.e. minimum values of the coefficient of variation.

Keywords: land pollution, industrial waste, land cleanup, taxonomic method, Arctic zone, region

Введение

Одним из показателей негативного техногенного влияния на природную среду регионов является загрязнение почв (земель) отходами производства. Для арктических и субарктических регионов Российской Федерации данная проблематика, по мнению автора, достаточно актуальна, так как природно-климатические условия этих регионов характеризуются достаточно низкими способностями почв к самовосстановлению. Следует также отметить наличие и довольно значительных загрязненных площадей, накопленных за период интенсивного освоения севера России, когда решению данной проблемы не уделялось должного внимания. Снижение площадей загрязненных земель, а также устранение других типовых загрязнений окружающей среды, регистрируемых системой государственной статистики, реализуются по двум направлениям. Первое направление предполагает замену действующих технологий производства регионом конечного продукта на менее ресурсоемкие в части использования и загрязнения природных ресурсов. Второе же ориентировано на разработку, внедрение и эксплуатацию инновационных технологий непосредственной ликвидации загрязнений окружающей среды, в части загрязнения земель – их рекультивацию. При реализации второго направления актуальна оценка результативности и эффективности функционирования подобного вида технологий, в том числе и технологий рекультивации земель, загрязненных отходами производства.

Целесообразно совокупность предприятий региона, работающих в данной области, рассматривать как агрегированную техническую систему (ТС) или производственный объект (ПО). В настоящее время для решения данной задачи используются индикативные методы/подходы [1–3], статистические методы [4, 5] и непараметрические методы [6–8]. Индикативные методы, как правило, предоставляют информацию о потребляемых природных ресурсах или величинах их загрязнений при выпуске того или иного объема валового регионального продукта. При этом характеристики функционирования ПО, устраняющих загрязнения природных ресурсов региона, не учитываются. Учет влияния характеристик ПО на ликвидацию загрязнений окружающей среды обеспечивает использование непараметрического оболочечного

анализа данных [6, 7] (Data Envelopment Analysis, DEA-метод) о функционировании этих производственных объектов. Данный метод позволяет получать количественные оценки производственной эффективности функционирования ПО по устранению рассматриваемого вида загрязнений окружающей среды региона при принятом перечне используемых ресурсов. Наряду с этим также рассчитываются целевые объемы ресурсов, потребляемых ПО, при достижении которых эффективность его функционирования станет максимальной [6, 7]. Корректная оценка эффективности функционирования ПО DEA-методом возможна, если сумма количества входов и выходов ПО в три раза превосходит количество последних [8]. Частично это ограничение нивелируется за счет использования схемы «временного окна» [6, 7, 9]. Однако получаемые при этом оценки эффективности функционирования объектов являются результатом осреднения значений этого показателя, рассчитанным для каждого момента времени, включенного во «временное окно». У статистических методов, таких как метод таксономического показателя (ТП), модифицированный метод главных компонент и метод расстояний [10–12], используемых для сравнения объектов, характеризующихся большим количеством признаков, указанного ограничения, как у DEA-метода, нет. С помощью этих методов невозможно оценить целевые значения используемых исследуемыми объектами ресурсов, которые бы максимизировали эффективность их функционирования. Достоинством данных методов является то, что они оперируют сверткой исходных признаков анализируемых объектов, а это дает возможность, в первую очередь, решать задачи ранжирования многомерных объектов. Последнее достаточно актуально, так как служит важной процедурой бенчмаркинга – отбора объектов, которые являются носителями «лучших практик» в рассматриваемой предметной области.

Научной новизной выполненного исследования является использование метода таксономического показателя для оценки функционирования в регионах Арктической зоны РФ технических систем по очистке земель, загрязненных отходами производства. Применение данного метода позволяет осуществить ранжирование указанных систем на основе расчетных значений таксономического (интегрального) показателя, характеризующего их результативность. При этом использовался набор разнородных

показателей, которые описывают функционирование данных систем и фиксируются действующей системой государственной статистики.

Целью исследования является получение количественных оценок результативности и эффективности функционирования региональных систем – отраслей, обеспечивающих очистку территорий регионов Арктической зоны РФ, загрязненных отходами производства, на основе использования статистических методов сравнения многомерных объектов.

Материалы и методы исследования

В данной работе использовался метод таксономического показателя [10–12], который позволяет осуществлять сопоставление выделенных разнородных признаков исследуемых объектов путем их агрегирования в величины, являющиеся равнодействующими данных признаков. В рамках этого метода исчисляются расстояния от каждого объекта до выбранных эталонного объекта (эталона) или антиэталонного объекта (антиэталона), которые описываются наилучшими и наихудшими значениями признаков соответственно. Обязательно предварительное нормирование значений признаков, что обеспечивает, с одной стороны, сопоставимость между собой разнородных признаков объектов, а с другой – расчет интегральной оценки – расстояния или метрики (таксономический показатель, ТП) от объекта до выбранного эталона или антиэталона. Признаки объектов в рамках данного метода принято разделять на «стимуляторы» и «дестимуляторы», определяющие направленность влияния каждого признака на таксономический показатель объекта [10–12]. Рост признака «стимулятора» ведет к росту ТП, а рост признака «дестимулятора» приводит к уменьшению значения ТП. Значения признаков эталонного объекта соответствуют максимальным значениям для стимуляторов и минимальным для дестимуляторов. Для антиэталонного объекта ситуация обратная. В общепринятых классическом и модифицированном таксонометрическом методах [11, 12] признаки дестимуляторы преобразуются в стимуляторы, что в определенной степени усложняет оценку ТП. Примем, что для любого момента времени $t \in [t_0, \dots, T]$ функционирование производственного объекта (объекта) $O_j(t)$ ($j = 1, \dots, M$) можно представить типовой процессной моделью системного анализа «вход – выход». Состояние модели в момент времени

« t », характеризующее функционирование любого объекта $O_j(t)$, описывается одинаковым количеством входных $x_{kj}(t)$ ($k = 1, \dots, K_j$) и выходных $y_{ij}(t)$ ($i = 1, \dots, M_j$) признаков. Количество входных и выходных признаков для всех объектов постоянно:

$$K_1 = K_2 = \dots = K_j = \dots = K_N = K = const,$$

$$M_1 = M_2 = \dots = M_i = \dots = M_N = M = const,$$

тогда $L = K + M$. Значения обозначенных признаков формируют матрицу исходных значений признаков $P[L \times N]$. В данной работе применялась достаточно редко используемая методика оценки таксономического показателя [10], не требующая обязательного преобразования всех признаков объектов в стимуляторы. Согласно данной методике, оценка ТП исследуемого объекта осуществлялась по следующему алгоритму [10]:

1. Формируется матрица исходных значений признаков объектов P для момента времени $t \in [t_0, \dots, T]$.

2. Определяются признаки объектов, которые считаются для них стимуляторами (множество S) и дестимуляторами (множество D).

2. На основе матрицы P рассчитываются элементы матрицы Z стандартизированных или нормированных значений признаков объектов $z_{lj}(t)$ ($l = 1, \dots, L$) для момента времени t безотносительно их назначения, обозначенных ранее:

$$z_{kj}(t) = \frac{(x_{kj}(t) - x_{avr.k}(t))}{\sigma_k(t)}, k = 1, \dots, K;$$

$$z_{ij}(t) = \frac{(y_{ij}(t) - y_{avr.i}(t))}{\sigma_i(t)}, i = 1, \dots, M,$$

где $x_{avr.k}(t)$, $y_{avr.i}(t)$ – средние значения k -го входного и i -го выходного показателей для рассматриваемых $O_j(t)$; $\sigma_k(t)$, $\sigma_i(t)$ – среднеквадратические отклонения значений k -го входного и i -го выходного показателей для момента времени t соответственно.

3. Формируются координаты объекта «эталона» $PE(t) = (e_1(t), e_2(t), \dots, e_L(t))$ и объекта «антиэталона» $AE(t) = (a_1(t), a_2(t), \dots, a_L(t))$:

$$e_l(t) = \max_j z_{lj}(t), \text{ если } l \in S$$

$$\text{и } e_l(t) = \min_j z_{lj}(t), \text{ если } l \in D;$$

$$a_l(t) = \min_j z_{lj}(t), \text{ если } l \in S$$

$$\text{и } a_l(t) = \max_j z_{lj}(t), \text{ если } l \in D.$$

4. Рассчитывается расстояние d_{ea} между объектом-эталонном и объектом-антиэталонном.

$$d_{ea}(t) = \sqrt{\sum_{l=1}^L (e_l(t) - a_l(t))^2}.$$

5. Рассчитывается расстояние от каждого объекта O_j до объекта-антиэталона.

$$d_{ja}(t) = \sqrt{\sum_{l=1}^L (z_{lj}(t) - a_l(t))^2}.$$

6. Определяется таксонометрический показатель (интегральный показатель) объекта O_j , характеризующий результативность и эффективность его функционирования:

$$w_j(t) = \frac{d_{ja}(t)}{d_{ea}(t)}, j = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Чем больше значение $w_j(t)$, тем дальше объект $O_j(t)$ отстоит от объекта-антиэталона, а значит, более результативно и эффективно при принятом наборе входных и выходных признаков функционирует соответствующая региональная система устранения загрязнений земли отходами производства.

Было принято, что функционирование рассматриваемых объектов $O_j(t)$ можно описать набором из 4 входных ($K=4$) и одного выходного ($M=1$) признаков. В качестве входных признаков использовались следующие величины [13, 14]:

– $x_{1j}(t)$ – образующаяся в регионе за год площадь земель, загрязненных отходами производства, тыс. га;

– $x_{2j}(t)$ – материальные затраты из состава текущих (эксплуатационных) затрат на защиту и реабилитацию земель, тыс. руб.;

– $x_{3j}(t)$ – затраты на оплату труда и отчисления на социальные нужды из состава текущих (эксплуатационных) затрат на защиту и реабилитацию земель, тыс. руб.;

– $x_{4j}(t)$ – амортизационные отчисления на восстановление основных фондов по защите и реабилитации земель, тыс. руб.

Выходным признаком $y_{1j}(t)$ ($M=1$), характеризующим функционирование объекта $O_j(t)$, является площадь рекультивированных за год загрязненных земель (тыс. га) [14].

Из принятых входных и выходных признаков во множество стимуляторов входят признаки $x_{2j}(t)$, $x_{3j}(t)$, $x_{4j}(t)$, $y_{1j}(t)$, а признак $x_{1j}(t)$ считается дестимулятором. Для процессной модели «вход – выход» в качестве выхода целесообразно также использовать значение показателя валовой добавленной стоимости (ВДС) для вида экономической деятельности (отрасли), связанного

с очисткой земли от загрязнений отходами производства. Однако в отечественной системе государственной статистики ВДС приводится только в агрегированном виде по всем видам экономической деятельности, связанным с ликвидацией загрязнений окружающей среды региона. Аналогичная ситуация отмечается и со значениями стоимости основных производственных фондов (ОПФ) данных отраслей. Поэтому в качестве показателя, опосредованно характеризующего, по мнению авторов, стоимость ОПФ, использовались величины амортизационных отчислений ($x_{4j}(t)$), направляемых $O_j(t)$ на восстановление основных фондов в году t . Значения $x_{4j}(t)$ для всех субъектов Российской Федерации по всем видам экономической деятельности, связанным с ликвидацией загрязнений окружающей среды, в открытых источниках публикуются начиная только с 2020 года. Данные о загрязнении и рекультивации земель начиная с 2020 года публикуются в открытых источниках Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) [14]. В свою очередь, данные о затратах субъектов Федерации на охрану окружающей среды ежегодно публикуются Госкомстатом в Бюллетене об охране окружающей среды «Сведения о текущих затратах на охрану окружающей среды» [13]. Дополнительным показателем, который мог бы использоваться для характеристики стоимости ОПФ рассматриваемой отрасли, является «затраты на капитальный ремонт основных производственных фондов». Однако для половины регионов Арктической зоны РФ значения данного показателя в Бюллетене об охране окружающей среды не приводятся [13]. Для обеспечения сопоставимости между собой состояний объектов $O_j(t)$ исходные значения входных и выходных показателей объектов делились на величину «Наличие нарушенных земель на начало отчетного года, тыс. га» [14]. Значения стоимостных признаков $x_{2j}(t)$, $x_{3j}(t)$, $x_{4j}(t)$ не дефлировались, поскольку использовалась схема «временного среза», т.е. сравнение между годами « t » и « $t+1$ » интервала $[t_0, \dots, T]$ не требовалось.

Результаты исследования и их обсуждение

Перечень регионов, относящихся к Арктической зоне РФ, приведен в Указе Президента Российской Федерации «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» [15]. При оценке функци-

онирования региональных систем очистки земель, загрязненных производственными отходами, авторы заменили Красноярский край (отдельные административные образования) на Ханты-Мансийский автономный округ – Югру (ХМАО – Югра). Это было обусловлено тем, что площадь административных образований Красноярского края, включенных в Арктическую зону РФ, существенно меньше площади самого края. Значения же признаков, характеризующих затраты ($x_{2,j}(t)$, $x_{3,j}(t)$) и амортизационные отчисления ($x_{4,j}(t)$) для соответствующего объекта $O_j(t)$, приводятся в агрегированном виде для всего края без дифференциации по указанным административным образованиям. Из административных образований ХМАО – Югра треть входят в Арктическую зону РФ, а остальные находятся в субарктической зоне. Загрязнение земель производственными отходами добычи углеводородов присутствует в 8 из 9 административных регионов округа, что в целом обосновывает произведенную авторами замену регионов при анализе функционирования региональных систем очистки земель. В таблице приведены расчетные значения интегрального показателя $w_j(t)$ (1), характеризующего результативность и эффективность функционирования рассматриваемых объектов O_j в период с 2020 года по 2023 год. Согласно этим значениям, наиболее результативно и эффективно в течение рассматриваемого временного интервала функционирует система очистки загрязнений земли отходами производства в Республике Саха (Якутия). Остальные региональные системы на основании значений $w_j(t)$ можно условно разделить на следующие группы. Первая группа с $0,25 \leq w_j(t) < 0,55$ и выраженным понижа-

тельным трендом включает Архангельскую область, Мурманскую область и ЯНАО. Вторая группа характеризуется более низкими значениями $w_j(t)$ ($0,08 \leq w_j(t) < 0,20$) и существенной волатильностью этих значений. Отдельно следует выделить региональную систему Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, которая характеризуется стабильным понижательным трендом, и региональную систему Чукотского автономного округа с пиковым положительным ростом значений $w_j(t)$ в 2022 году и последующим почти 30%-ным снижением его значений.

Все региональные системы устранения загрязнения земли отходами производства в интервале 2020–2023 годов характеризуются существенной волатильностью значений $w_j(t)$. Исключение составляют региональные системы Мурманской области и Республики Саха (Якутия), у которых коэффициент вариации $w_j(t)$ ($v_{w_j(t)}$) менее 10%. Самыми большими значениями $v_{w_j(t)}$ характеризуются Чукотский автономный округ – $v_{w_j(t)} = 63,3\%$, а также Республика Карелия ($v_{w_j(t)} = 37,4\%$) и Ханты-Мансийский автономный округ – Югра ($v_{w_j(t)} = 39,2\%$). У остальных регионов значения $v_{w_j(t)}$ лежат в диапазоне от 10 до 20%: Архангельская область ($v_{w_j(t)} = 19,7\%$), Республика Коми ($v_{w_j(t)} = 12,7\%$), Ненецкий автономный округ ($v_{w_j(t)} = 19,9\%$), Ямало-Ненецкий автономный округ ($v_{w_j(t)} = 18,9\%$). Достаточно большие значения $v_{w_j(t)}$ можно рассматривать как индикатор не вполне устойчивого функционирования региональных систем на фоне достаточно низкой результативности и эффективности деятельности у более чем 80% исследуемой группы объектов.

Значения интегрального показателя $w_j(t)$ (1) для арктических и субарктических регионов РФ за период с 2020 года по 2023 год

j	Название региона (объекта O_j)	Год, t			
		2020	2021	2022	2023
1	Архангельская область	0,44	0,34	0,36	0,25
2	Мурманская область	0,52	0,50	0,42	0,44
3	Республика Карелия	0,08	0,10	0,08	0,18
4	Республика Коми	0,15	0,20	0,14	0,17
5	Ненецкий автономный округ	0,10	0,08	0,13	0,12
6	Республика Саха (Якутия)	0,93	0,85	0,76	0,87
7	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	0,67	0,72	0,33	0,28
8	Ямало-Ненецкий автономный округ	0,38	0,38	0,24	0,29
9	Чукотский автономный округ	0,14	0,14	0,67	0,48

Исключением являются Республика Саха (Якутия) и Мурманская область, несмотря на то, что значения $w_j(t)$ у последней находятся вблизи 0,5. Скачкообразное увеличение $w_j(t)$ у Чукотского автономного округа почти в от 5 до 4 раз в 2022–2023 годах показывает активизацию действий со стороны администрации округа по решению проблемы с загрязнением земель отходами производства. Устойчивое снижение $w_j(t)$ присутствует у Ханты-Мансийского автономного округа – Югры с высокими значениями $v_{w_j(t)}$ и иллюстрирует влияние ухудшения как внешнеэкономических условий работы основных нефтедобывающих компаний, так и внутренних, обусловленных влиянием пандемии на привлечение сотрудников, работающих вахтовым методом. Аналогичная ситуация складывается и с ЯНАО на фоне достаточно низких значений $w_j(t)$. Функционирование остальных региональных систем также характеризуется достаточно низкими значениями $w_j(t)$ с общей тенденцией к снижению значений данной величины либо колебаниями $w_j(t)$ в достаточно узком диапазоне значений. В 2023 году рост значений $w_j(t)$ наблюдается только у чуть более 50% региональных систем, что обусловлено влиянием неблагоприятных внешнеэкономических условий и, как следствие, определенными сложностями с финансированием их деятельности.

Заклучение

Использование метода таксономического показателя позволило не учитывать ограничение на соотношение количества объектов анализа и показателей, которые описывают их состояния, и получить расчетные оценки функционирования региональных систем устранения загрязнения земли отходами производства в виде интегрального показателя. Значения последнего позволяют осуществлять ранжирование исследуемых объектов, выделяя наиболее результативно и эффективно функционирующие системы и формируя группы объектов с близкими значениями данного показателя. Коэффициент вариации интегрального показателя оценивает устойчивость функционирования региональных систем, характеризуя, пусть и качественно, степень влияния изменений внутриэкономических и внешнеэкономических условий работы данных систем. Применение метода таксономического показателя в целом расширяет

спектр решения практических задач многофакторного сравнительного анализа функционирования достаточно сложных эколого-экономических систем.

Список литературы

1. Аникина И.Д., Аникин А.А. Оценка эффекта декарпинга на примере регионов ЮФО // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7, № 4. С. 138–147. DOI: 10.15688/re.volsu.2019.4.13.
2. Боброва В.В., Корабейников И.Н., Кирхмеев Л.В. Эффект декарпинга в эколого-социально-экономическом развитии добывающего региона // Региональная экономика: теория и практика. 2020. Т. 18, № 11. С. 2111–2130. DOI: 10.24891/re.18.11.2111.
3. Tapio P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 // Transp. Policy. 2005. № 12. P. 137–151.
4. Чайка Л.В. Эффективность региональной экономики: позиции северных регионов РФ // Регионалистика. 2019. Т. 6, № 6. С. 116–126. DOI: 10.14530/reg.2019.6.116.
5. Гетманцев К.В. Основы использования метода растояний в исследованиях экономического пространства региона // Современная экономика: проблемы и решения. 2020. № 12 (132). С. 174–187. DOI: 10.17308/meps.2020.12/2502.
6. Ратнер С.В. Динамические задачи оценки эколого-экономической эффективности регионов на основе базовых моделей анализа среды функционирования // Управление большими системами. 2017. № 67. С. 81–106.
7. Кутышкин А.В. Оценка эффективности функционирования систем обращения с отходами производства и потребления арктических регионов России на основе обобщенного анализа данных // Вестник Югорского государственного университета. 2023. № 3. С. 26–34. DOI: 10.18822/byusu20230326-34.
8. Cheng G. Data Envelopment Analysis: Methods and MaxDEA Software. Intellectual Property Publishing House Co. Ltd. Beijing. 2014. 275 p.
9. Sueyoshi T. Comparison and analyses of managerial efficiency and returns to scale of telecommunication enterprises by using DEA/WINDOW // Communications of the Operations Research Society of Japan. 1992. № 37. P. 210–219.
10. Смагин Б.И., Неуймин С.К. Освоенность территории региона: теоретические и практические аспекты. Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета, 2007. 124 с.
11. Надтока Т.Б., Виноградов А.Г. Многомерное оценивание уровня социально-экономического развития предприятия // Бизнес Информ. 2014. № 1. С. 184–191.
12. Чайка Л.В. Дифференциация эффективности экономики регионов России // Статистика и экономика. 2020. Т. 17, № 1. С. 54–67. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-1-54-68.
13. Бюллетень об охране окружающей среды. «Сведения о текущих затратах на охрану окружающей среды и экологических платежах». [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13295> (дата обращения: 18.05.2024).
14. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Статистическая отчетность. Информация о рекультивации земель. [Электронный ресурс]. URL: <https://grn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/land-recultivation/> (дата обращения: 12.05.2024).
15. Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 № 296 (ред. от 27.06.2017) «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70647984/?ysclid=l8bjck1k3s715469796> (дата обращения: 12.05.2024).