

УДК 334.7  
JEL C69, L25

**Г. М. Мкртчян, Д. В. Крицкий**

*Новосибирский государственный университет  
ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия*

*gagusharus@gmail.com, dr.Kritskiy@gmail.com*

## **ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КЛАСТЕРА В СЫРЬЕВОМ РЕГИОНЕ**

Рассматривается концептуальная совокупность экономико-математических задач, решение которых позволяет оценивать оптимизированную предполагаемую эффективность инновационного территориального кластера объединяющего добывающие и перерабатывающие сырье производства, в трех ее проявлениях – для региональной экономики, для самого кластера как интеграционной структуры, создающей системный и синергетический эффект для его участников; для каждого из участников кластера, ожидающих проявление эффекта от диверсификации их деятельности. Иначе говоря, речь идет о триединой эффективности создаваемого или действующего кластера. В качестве примера рассматривается пилотный инновационный территориальный кластер «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» в Кемеровской области.

*Ключевые слова:* инновационный территориальный кластер, оценка возможностей кластеризации, региональная экономика, экономико-математические задачи, триединая эффективность.

Проблемы эффективного использования природных ресурсов в настоящее время все более приобретают остроту, особенно в регионах с преобладающей сырьевой составляющей их экономик. Более всего эти проблемы касаются эффективного использования угольных природных ресурсов: как в мире, так и в России сокращается потребление угля как топлива. Являясь источником загрязнения окружающей среды, уголь становится топливом бедных стран. В мире проявляются тенденции использования угля как сырья для производства широкой гаммы инновационных продуктов. На базе современных технологий можно производить из угля более 130 видов химических полупродуктов, из которых можно получать свыше 5 тысяч видов продукции.

В России пока процессы переработки углей развиты слабо. Основные причины: отсутствие отечественных технологий, высокая капиталоемкость (по оценкам специалистов, в настоящее время стоимость переработки 1 млн тонн угля в жидкие углеводороды составляет почти 1 млрд евро), низкие цены на нефть и природный газ. Тем не менее, в таких регионах, как Красноярский край, Кемеровская область (за последние годы практически по всем основным экономическим параметрам отмечается существенное усиление роли угольной промышленности в экономике этого региона), стали назревать социально-экономические проблемы, вынуждающие властные структуры и региональных предпринимателей искать возможные пути спасения угольной промышленности и снижения ресурсной зависимости

*Мкртчян Г. М., Крицкий Д. В. Об одном подходе к оценке эффективности инновационного территориального кластера в сырьевом регионе // Мир экономики и управления. 2016. Т. 16, № 2. С. 70–77.*

экономик этих регионов. Как указывается в Программе развития угольной промышленности России до 2030 г., утвержденной Правительством России в 2014 г., одним из наиболее вероятных путей является «постепенный переход старых угольных бассейнов к использованию угля в месте производства»<sup>1</sup>. Реализация этого пути должна быть основана на кластерной организации добычи и переработки углей, ориентирована на производство продуктов глубокой переработки угля с высокой добавленной стоимостью. В Кемеровской области такой путь связывают с коренным изменением технологической платформы добычи и переработки угля.

В Кемеровской области (Кузбассе) в настоящее время действует Программа развития пилотного инновационного территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов»<sup>2</sup>. Указанный кластер вошел в число 25 кластеров, перечень которых утвержден Правительством РФ в 2012 г.<sup>3</sup> Предполагается, что кластеризация, по существу новый вид экономической деятельности отрасли в экономике Кузбасса, даст толчок развитию малого и среднего инновационного предпринимательства в регионе, а монетизация угольных ресурсов, понимаемая как способ извлечения максимально возможного денежного дохода из добываемого и перерабатываемого сырья, должна составить в итоге существенную долю в бюджете региона и в целом в валовом региональном продукте.

Территориальный кластер, таким образом, должен выступить как инструмент согласования трех уровней интересов: региона, властные органы которого являются инициаторами его создания и обеспечивают необходимые условия для этого; самого кластера как интеграционной структуры, создающей системный и синергетический эффект для его участников; каждого из участников кластера, ожидающих проявление эффекта от диверсификации их деятельности. Учет этих интересов, по нашему мнению, обуславливает необходимость расчета триединой эффективности создаваемого или действующего кластера.

Проблемы эффективности и моделирования территориальных кластеров в отечественной литературе исследуются весьма активно. Отметим, в частности, интересную работу О. В. Несмачных, О. В. Назаровой «Методология оценки эффективности стратегии функционирования промышленного кластера» [1], в которой оценка эффективности кластера определяется по ключевым показателям, включающим показатели оценки результативности кластера как на уровне участника кластера, так и на уровне региона и отражающим эффективность в производственно-экономической, инновационной и социальной сферах функционирования кластера.

С. Г. Авдоница [2] предлагает оценивать синергетический эффект кластера затратным методом оценки стоимости компаний, входящих в кластер, т. е. разницу между суммарной рыночной стоимостью собственного капитала предприятия и после интеграции в кластер.

А. Н. Дырдонова [3] для расчета эффекта кластера предлагает метод сравнительного анализа нескольких показателей эффективности деятельности участников территориального кластера: индекса рентабельности и индекса прибыльности до и после вхождения в кластер.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что производственная интеграция в виде кластера позволяет получить синергетический эффект, при котором доходы от совместного использования ресурсов превышают сумму доходов от использования тех же ресурсов по отдельности.

К сожалению, при наличии значительного количества публикаций по различным направлениям кластерной проблематики все утвержденные Правительством РФ кластеры, в том числе и Кемеровский, не имеют количественных показателей экономической эффективности.

---

<sup>1</sup> Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года. URL: [http://www.rosugol.ru/programme/index\\_1.php](http://www.rosugol.ru/programme/index_1.php).

<sup>2</sup> Об утверждении Программы развития пилотного инновационного территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» в Кемеровской области на 2014–2020 годы. Коллегия администрации Кемеровской области. Распоряжение от 20 октября 2014 г. № 676-р // Официальный сайт администрации Кемеровской области. URL: <http://www.ako.ru/default.asp>.

<sup>3</sup> Об утверждении перечня инновационных территориальных кластеров // Официальный сайт Министерства экономического развития РФ. URL: [http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/politic/doc20120907\\_02](http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/politic/doc20120907_02).

По нашему мнению, необходимость расчета прогнозной или предполагаемой эффективности создаваемого кластера связана, прежде всего, с заинтересованностью бизнеса во вхождении в кластер. Предприниматели должны представлять себе выгодность их интеграции в кластер, иначе никакие властные постановления и программы с незначительными бюджетными расходами не заставят бизнес встраиваться в неизвестные структуры.

В поисках эффективных моделей развития региональные промышленники сталкиваются с недостаточным уровнем методической и практической разработанности кластерных подходов на региональном уровне и часто возлагают на них решение проблем, несвойственных этому инструменту. Поэтому представляются весьма актуальными проблемы обоснования необходимости и возможности создания территориальных промышленных инновационных кластеров с точки зрения оценки триединой эффективности кластеризации.

По нашему мнению, для реализации поставленной цели можно использовать приведенную ниже концептуальную совокупность экономико-математических расчетов триединой эффективности инновационного территориального кластера (см. рисунок).



Концептуальная совокупность экономико-математических расчетов триединой эффективности инновационного территориального кластера ресурсодобывающих и перерабатывающих производств

Экономическая постановка задачи 1 состоит в следующем: найти такую структуру использования добытого угля на угольных предприятиях Кузбасса, объединяющихся в кластер, которая удовлетворяла бы заданным ограничениям (по мощности, по прогнозным объемам добычи и переработки угля, по минимально-необходимым эксплуатационным затратам на добычу, например предусмотренным в Программе развития пилотного инновационного

территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» на 2020 г.) и при которой достигался бы минимум суммарных затрат или максимум выручки или прибыли (внутренний эффект кластеризации) и максимальный вклад кластера в экономику региона (внешний эффект кластеризации). Формализовано задача описывается следующим образом.

Введем следующие обозначения:

- $k$  – количество видов угля, добываемых в области;
- $i$  – индекс вида угля,  $i = 1, \dots, k$  ;
- $l$  – количество видов переработанной из угля продукции;
- $j$  – индекс вида переработанной из угля продукции,  $j = 1, \dots, l$  ;
- $x_{ij}$  – искомый объем  $j$ -го вида переработанной продукции из угля  $i$ -го вида.

Задаваемые показатели:

- $O_i$  – прогнозный объем добычи  $i$ -го вида угля;
- $H_{ij}$  – прогнозный объем  $j$ -го вида переработанной продукции из  $i$ -го вида угля;
- $r_{ij}$  – объем  $i$ -го вида угля, потребляемый при производстве единицы  $j$ -го вида переработанной из угля продукции;
- $c_i$  – отпускная цена тонны  $i$ -го вида угля;
- $a_i^{prod}$  – капиталоемкость добычи (на 1 т)  $i$ -го вида угля;
- $A^{prod}$  – прогнозная величина инвестиций в добычу угля в области;
- $p_{ij}$  – отпускная цена тонны  $j$ -го вида переработанной продукции из  $i$ -го вида угля;
- $a_{ij}^{proc}$  – капиталоемкость производства (на 1 т)  $j$ -го вида переработанной продукции из  $i$ -го вида угля;
- $A^{proc}$  – прогнозная величина инвестиций в переработку угля в области;
- $w_{ij}$  – удельные затраты труда (зарплатоемкость) на производство (на 1 т)  $j$ -го вида переработанной продукции из  $i$ -го вида угля;
- $v_{ij}$  – удельные эксплуатационные затраты на производство (на 1 т)  $j$ -го вида переработанной продукции из  $i$ -го вида угля;
- $d$  – коэффициент амортизации основного капитала (инвестиций) переработки угля.

Требуется найти такие  $x_{ij}$ , при которых выполняются следующие условия:

$$\sum_{j=1}^l r_{ij} \cdot x_{ij} \leq O_i \quad (i = 1, \dots, k) \quad (1)$$

суммарные искомые объемы по всем видам переработанной из угля продукции не должны превышать прогнозные объемы добычи угля  $i$ -го вида

$$0 \leq x_{ij} \leq H_{ij} \quad (i = 1, \dots, k; \quad j = 1, \dots, l) \quad (2)$$

искомые переменные не должны превышать прогнозные объемы  $j$ -го вида переработанной продукции из  $i$ -го вида угля;

$$I = \sum_{i=1}^k a_i^{prod} \cdot O_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l a_j^{proc} x_{ij} \leq (A^{prod} + A^{proc}) \quad (3)$$

инвестиции в добычу угля всех видов и в производство переработанной из угля продукции всех видов не должны превышать прогнозную величину общих инвестиций в кластер (на-

пример, из Программы). Первое слагаемое в принципе задается, но включено на случай введения в модель объемов добычи угля также в виде искомым переменных.

В рамках ограничений (1)–(3) максимизируется суммарный объем добычи и переработки  $S$  (выручка), выбранный как показатель эффективности углехимического кластера:

$$\sum_{i=1}^k \left( O_i - \sum_{j=1}^l r_{ij} \cdot x_{ij} \right) \cdot c_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l x_{ij} \cdot p_{ij} = S \rightarrow \max. \quad (4)$$

Если суммарные инвестиции представляются в модели как критериальный показатель, минимизируемый в процессе решения задачи, тогда выражение (3) запишется в следующем виде:

$$I = \sum_{i=1}^k a_i^{prod} \cdot O_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l a_{ij}^{proc} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Тогда условие (4) примет вид

$$\sum_{i=1}^k \left( O_i - \sum_{j=1}^l r_{ij} \cdot x_{ij} \right) \cdot c_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l x_{ij} \cdot p_{ij} \geq S. \quad (6)$$

Для отражения в модели эффективности углехимического кластера для экономики области можно добавить следующее условие, которое может выступить в качестве критериального показателя:

$$AV = \sum_i^K \sum_j^L (a_{ij}^{proc} x_{ij}) d + \sum_i^K \sum_j^L w_{ij} x_{ij} + \left( S - \sum_i^K \sum_j^L v_{ij} x_{ij} \right) \rightarrow \max. \quad (7)$$

$$\boxed{\text{Амортизация}} + \boxed{\text{затраты труда}} + \boxed{\text{прибыль}} = \text{добавленная стоимость кластера.}$$

Добавленная стоимость, созданная в перерабатывающей составляющей кластера, должна принимать либо максимальное, либо фиксированное заданное значение.

Задачу 2 можно сформулировать как чистую задачу диверсификации угледобывающего предприятия (превращение в углехимическое – как в виде единого предприятия, так и в виде отдельных производств). Сумма отдельных производств будет составлять химическую составляющую кластера. Естественно, что задача диверсификации производства может быть формализованно описана различными моделями (см., например, [4. С. 24]). Для соблюдения принятой конфигурации оптимизационных моделей в задаче 1 мы предлагаем следующую конструкцию.

Добавим обозначение:

$s_i$  – текущие затраты на добычу тонны угля  $i$ -го вида.

Найти такие  $x_{ij}$  – объемы  $j$ -го вида переработанной продукции из угля  $i$ -го вида на предприятии, при которых выполнялись бы условия, аналогичные условиям (1)–(3) задачи 1. При соблюдении этих условий максимизируется прибыль предприятия  $S$ , как показатель эффективности диверсификации производства на предприятии:

$$\sum_{i=1}^k \left( \left( O_i - \sum_{j=1}^l r_{ij} \cdot x_{ij} \right) \cdot c_i \cdot s_i \right) + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l (x_{ij} \cdot p_{ij} - v_{ij}) = S \rightarrow \max. \quad (8)$$

Если инвестиции в переработку сырья представляются в задаче как критериальный показатель, минимизируемый в процессе решения задачи, тогда условие для инвестиций запишется в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l a_j^{proc} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (9)$$

При этом условие (8) примет вид

$$\sum_{i=1}^k \left( \left( O_i - \sum_{j=1}^L r_{ij} \cdot x_{ij} \right) \cdot c_i - O_i \cdot s_i \right) + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l (x_{ij} \cdot p_j - v_{ij}) \geq S. \quad (10)$$

Описанная задача решается для каждого промышленного участника кластера по отдельности. Особенностью задачи 2 являются фиксированные значения эксплуатационных затрат на производство единицы переработанной продукции. Результаты решений задач (граничные показатели) передаются в задачу 3.

Экономическая постановка задачи 3 формулируется следующим образом: найти такие эксплуатационные затраты на производство каждого вида переработанной из угля продукции для каждого угледобывающего предприятия Кузбасса – участника кластера (т. е. удельные эксплуатационные затраты являются искомыми переменными задачи), которые удовлетворяли бы заданным ограничениям (по минимально необходимым эксплуатационным затратам на переработку) и при показателях, полученных из решений задач 1 и 2, при которых в зависимости от постановки задачи достигался бы минимум суммарных затрат либо максимум суммарной прибыли кластера. В данной задаче объемы производства переработанной продукции могут быть как переменными, так и известными величинами, полученными из задачи 2.

Введем дополнительные обозначения к имеющимся в постановке задачи 1:

$Q$  – количество предприятий;

$q$  – индекс предприятия,  $q = 1, \dots, Q$ ;

В связи с введением индекса предприятий ко всем обозначениям постановки 1, используемым в постановке 3, добавляется индекс  $q$ .

$s_{iq}$  – текущие затраты на добычу тонны угля  $i$ -го вида на  $q$ -м предприятии.

Найти такие  $v_{ijq}$  – эксплуатационные затраты на производство единицы  $j$ -го вида переработанной из  $i$ -го вида угля продукции на  $q$ -м предприятии (и  $x_{ijq}$  в случае переменных), при которых выполнялось бы возможное, но не обязательное условие:

$$\sum_q \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^L r_{ij} \cdot x_{ijq} \cdot v_{ijq} \leq V. \quad (11)$$

Суммарные искомые эксплуатационные затраты на производство всех видов переработанной из угля продукции не должны превышать их прогнозную величину.

При этом максимизируется суммарная выручка  $S$ , выбранная как показатель эффективности углехимического кластера в разрезе предприятий:

$$\sum_{q=1}^Q \sum_{i=1}^k \left( \left( O_i - \sum_{j=1}^L r_{ij} \cdot x_{ijq} \right) \cdot c_i - O_{iq} \cdot s_{iq} \right) + \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^K (x_{ijq} \cdot p_j - x_{ijq} \cdot v_{ijq}) = S \rightarrow \max. \quad (12)$$

При добавлении в задачу условия добавленной стоимости она может рассматриваться как задача, в которой определяются триединные интересы в кластеризации одновременно в рамках единых условий и ограничений определяются экстремальные значения интересов региона, кластера в целом и каждого участника-предприятия:

$$\sum_i^K \sum_j^L \sum_q^Q (a_{ijq}^{proc} x_{ijq}) d + \sum_i^K \sum_j^L \sum_q^Q x_{ijq} w_{ijq} + \left( S - \sum_i^K \sum_j^L \sum_q^Q x_{ijq} v_{ijq} \right) = AV \rightarrow \max. \quad (13)$$

Особенностью задачи 3 является то, что эффективность кластеризации для каждого участника (промышленного предприятия) при реализации задач 2 и 3 определяется в виде разницы между показателями эксплуатационных затрат на производство перерабатываемой продукции по каждому предприятию. Предполагается, что желаемое уменьшение этих затрат в решениях задачи 3 по сравнению с решениями задачи 2 будет связано с гипотетическим проявлением синергетического эффекта кластеризации.

Для определения триединой эффективности кластера задачи 1 и 3, на наш взгляд, удобно представлять в виде задач многокритериальной оптимизации. В этих задачах, по существу, определяются как эффективность самого кластера – суммарный финансовый результат при минимальных инвестиционных затратах, так и его эффективность для экономики региона – увеличение валового регионального продукта (максимум добавленной стоимости, создаваемой предприятиями-участниками кластера).

Изображенную на приведенном выше рисунке схему необходимо рассматривать как один из возможных вариантов концептуального представления совокупности оптимизационных расчетов в общем процессе определения эффективности кластера в региональной экономике. В принципе предлагаемую нами общую схему анализа и оптимизации можно рассматривать, по нашему мнению, и как принципиальную схему тактического и стратегического анализа и планирования развития в целом экономики региона в условиях активизации кластерной политики для властных структур региона, занимающихся данной проблематикой.

В экспериментальных расчетах, иллюстрирующих работоспособность задачи 1 из предложенной совокупности оптимизационных задач, на базе экспертных данных и параметров утвержденной администрацией Кемеровской области Программы развития пилотного инновационного территориального кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» на 2014–2020 гг., были получены примерные оценки эффективности этого кластера на 2020 г. По решению двухкритериальной задачи объемы производства продуктов углехимии и коксохимии увеличились относительно исходных программных величин, что привело к увеличению инвестиций и выручки. По величинам выручки, эффективности инвестиций и валовой добавленной стоимости был оценен общий гипотетический эффект кластеризации, развивающейся в Кемеровской области отрасли переработки добываемого угля.

### Список литературы

1. Несмачных О. В., Назарова О. В. Методология оценки эффективности стратегии функционирования промышленного кластера // Учен. зап. КнАГТУ. 2015. № 11-2 (22).
2. Авдонина С. Г. Количественные методы оценки синергетического эффекта инновационного кластера // Науч. вестн. Южного ин-та менеджмента. 2013. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/>
3. Дырдонова А. Н. Оценка эффективности кластерных образований в регионе // Регионология. 2010. № 4. URL: <http://regionsar.ru/node/598?page=0,1>
4. Мительман С. А. Математическая модель анализа и оценки финансовых потоков компании в условиях диверсификации: Моногр. Челябинск: Книга, 2001.

**G. M. Mkrтчian, D. V. Kritskii**

*Novosibirsk State University  
1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

*gagusharus@gmail.com, d.v.kritskiy@gmail.com*

**AN APPROACH TO THE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS  
OF INNOVATIVE TERRITORIAL CLUSTER IN THE FEED REGION**

The article discusses the conceptual set of economic-mathematical problems, the solution of which allows to evaluate the optimized estimated efficiency of innovative regional clusters, bringing together mining and processing raw materials production, in its three forms – for the regional economy, for the cluster itself as an integration structure that creates a systematic and synergetic effect for its participants; for each of the cluster members, pending the manifestation of the effect of the diversification of their activities, that is, in an article talking about the triune efficiency created or existing cluster. As an example, the article is considered a pilot innovative territorial clusters «Complex processing of coal and industrial waste» in Kemerovo region

*Keywords:* innovative territorial cluster evaluation clustering capabilities, regional economics, economic-mathematical problems, triune efficiency.

**References**

1. Nesmachniy O. V., Nazarova O. V. Methodology for evaluating the effectiveness of the strategy of industrial cluster operation. *Scientific notes KnAGTU*, 2015, № 11 (22).
2. Avdonina S. G. Quantitative methods for evaluating synergies innovation cluster. *Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*, 2013, № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/>
3. Dyrdonova A. N. Evaluating the effectiveness of cluster formations in the region. *Regionology*, 2010, № 4. URL: <http://regionsar.ru/node/598?page=0,1>
4. Mitelman S. A. Mathematical model of the analysis and assessment of financial streams of the company in the conditions of diversification. Chelyabinsk, Kniga, 2001.