

Влияние угольной отрасли на экономику регионов России

И.В. Филимонова^{1, 2}✉, И.В. Проворная³, А.О. Хайкина²

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

³ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация
✉ filimonoivaiv@list.ru

Резюме: С целью оценки экономики регионов России с учетом функционирования угольной промышленности были проанализированы 80 субъектов РФ. На основе иерархического кластерного анализа они были разделены на группы по совокупности энергетических, экологических, социальных и экономических показателей. В ходе исследования подтверждено наличие связи между уровнем заболевания (по классу болезней – болезни органов дыхания, новообразования, нарушения системы кровообращения, врожденные аномалии и пороки развития) и объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, образующихся в результате добычи и потребления угля в регионах. Определена взаимосвязь социальных и экологических, энергетических и экономических показателей. Показано, что чем более развита в регионах угольная отрасль, тем выше показатели ВРП и среднедушевых доходов населения; чем выше объем выбросов, тем выше уровень заболеваемости или нагрузка на специалистов медицинской сферы. При этом наличие самого низкого показателя смертности в регионах-лидерах угольной отрасли можно связать с высоким уровнем доходов населения.

Ключевые слова: угольная отрасль, регионы России, кластерный анализ, экономические, экологические, энергетические социальные факторы

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-28-01803 «Стрессоустойчивость угольной отрасли в условиях энергоперехода и декарбонизации».

Для цитирования: Филимонова И.В., Проворная И.В., Хайкина А.О. Влияние угольной отрасли на экономику регионов России. *Горная промышленность*. 2023;(S2):135–143. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-135-143>

The impact of the coal industry on the economy of Russian regions

I.V. Filimonova^{1, 2}✉, I.V. Provornaya³, A.O. Khaykina²

¹ Institute of Petroleum Geology and Geophysics named after A.A. Trofimuk of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russian Federation

³ Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation
✉ filimonoivaiv@list.ru

Abstract: The article is a study dedicated to assessment of the economy of Russian regions, taking into account operation of the coal industry. Based on the hierarchical cluster analysis, 80 constituent entities of the Russian Federation were divided into groups according to the aggregated energy, environmental, social and economic indicators. The existence of a relationship between the level of the disease (according to the class of diseases – respiratory diseases, neoplasms, circulatory system disorders, congenital anomalies and malformations) and the volume of pollutant emissions into the atmosphere emitted by the coal industry companies operating in the regions was confirmed. The relationship between the social and environmental, energy and economic indicators has been determined. It is shown that the more developed is the coal industry in the regions, the higher the GRP and per capita incomes are; the higher the emissions are, the higher the incidence or burden on healthcare professionals is. At the same time, the presence of the lowest mortality rate in the leading regions of the coal industry can be associated with a high level of income of the population.

Keywords: coal industry, regions of Russia, cluster analysis, economic, environmental, energy social factors

Acknowledgments: The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No.22-28-01803 “Stress resistance of the coal industry in the conditions of energy transition and decarbonization”.

For citation: Filimonova I.V., Provornaya I.V., Khaykina A.O. The impact of the coal industry on the economy of Russian regions. *Russian Mining Industry*. 2023;(S2):135–143. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-135-143>

Введение

Угольная промышленность представляет собой отрасль, которая на протяжении уже трех столетий определяет вектор развития мировой индустриализации. Функционирование многих значимых отраслей напрямую определяется состоянием и работой угольной промышленности: металлургия, теплоэнергетика, железнодорожный транспорт, жилищно-бытовой сектор и многие другие. Более того, уголь для многих стран является важнейшим экспортным товаром, что также способствует экономическому росту. Кроме того, в течение долгих лет угольная отрасль обеспечивает не только энергетическую стабильность и экономическое развитие, но и занятость значительной доли населения страны, а также баланс отечественного и мирового энергетического рынков и возможность международного сотрудничества [1]. Устойчивость работы промышленности также отражается и на параметрах социально-экономического развития регионов и страны в целом.

Однако функционирование угольной отрасли порождает экологические и социальные проблемы, такие как выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и, как следствие, ухудшение здоровья населения. Сжигание угля сопровождается масштабным объемом выбросов веществ, превышение допустимых значений которых способно вызвать ряд заболеваний: болезни органов дыхания, новообразования, врожденные аномалии (пороки развития), болезни системы кровообращения.

Многочисленные исследования и доклады как отечественных, так и зарубежных авторов рассматривают экономику угольной промышленности не только с точки зрения достижений энергетических и экономических показателей, но и влияние отрасли на окружающую среду и здоровье людей. Л.Г. Шутько и Л.Л. Самородова в своем исследовании рассматривают такие факторы, как добыча угля и объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [2]. Авторы оценили влияние угольной отрасли на экономику региона, а именно – воздействие на социальный аспект. О.М. Зиновьева и др. в работе провели комплексное исследование экономики региона под воздействием негативных последствий от добычи угля и выбросов [3]. Кроме того, В.В. Меркурьев и др. определили оценку эколого-экономических потерь вследствие развития отрасли через анализ показателей смертности, рождаемости и ожидаемой продолжительности жизни [4]. Обращаясь к анализу региона с точки зрения экономических показателей, С.В. Балахонцев и др. в своем исследовании провели оценку влияния функционирования угольной промышленности на динамику валового регионального продукта, а также доходы населения [5]. У зарубежных авторов также значительное количество исследований по оценке влияния работы угольной отрасли на показатель экономического роста [6–9]. Однако исследований по оценке влияния угольной отрасли на развитие регионов по совокупности сразу четырех групп факторов (энергетические, экономические, социальные, экологические) нет.

Так, целью исследования является оценка влияния угольной промышленности на экономику регионов России с учётом экологических, социальных и энергетических факторов.

В соответствии с целью исследования авторами поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ методических подходов к оценке влияния угольной промышленности на экономику регионов.
2. Разработка алгоритма кластеризации регионов

по влиянию угольной промышленности на экономику с учётом совокупности экологических, социальных и энергетических показателей.

3. Оценка влияния угольной промышленности на экономику регионов России и обоснование рекомендаций по снижению её негативного влияния.

Методы и материалы

В качестве метода, способного сравнить между собой экономику угольной промышленности регионов России по энергетическим, социально-экономическим и экологическим факторам, был выбран метод кластерного анализа, так как кластерный анализ является одним из самых совершенных методов многомерной классификации.

Начало развития данного метода приходится на конец 1930-х годов: именно тогда стали появляться первые работы, описывающие подход кластерного анализа. Однако популярность среди исследователей метод приобрел в период 1960–1980 гг.

Кластеризацию объектов можно рассматривать в качестве задачи оптимизации, которая направлена на поиск оптимального разбиения объектов на группы. При этом оптимальность определяется как требование минимизации среднеквадратической ошибки разбиения:

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|X_i^{(j)} - C_j\|^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

где C_j – центр масс кластера j ; k – количество кластеров; n – количество объектов в кластере j .

На этапе **формулировки проблемы** исследователь определяет главную идею работы и ее направления, на основе чего выдвигаются гипотезы, требующие подтверждения и обоснования.

Далее необходимо определить **характеристики объекта исследования**, т.е. свойства, которые описывают объекты исследования. Характеристики разделяют на две группы: количественные (рубли, тонны, штуки и пр.) и качественные (цвет, статус, вид и пр.). При этом важно сделать акцент на сокращении размерности пространства характеристических векторов, тем самым определяя наиболее важные с исследовательской точки зрения свойства объектов. Достоинство данной процедуры заключается в ускорении процесса кластеризации, а также упрощении интерпретации и визуализации результатов. После уменьшения размерности характеристических векторов необходимо привести характеристики к единому виду, т.е. нормализовать [10–12].

На этапе **выбора способа измерения расстояния** происходит определение меры сходства объектов в зависимости от двух параметров:

1. пространства, в котором находятся объекты;
2. неявных характеристик кластеров.

Одной из самых часто применяемых мер определения расстояния между двумя точками на плоскости является *евклидова мера*. Необходимо также отметить, что на расстояния оказывают существенное влияние различия в осях. Так, например, если одна ось измерена в сантиметрах, а потом переведена в тонны, то евклидово расстояние сильно изменится, что приведет к значительной разнице между предыдущими результатами метода кластерного анализа.

Наиболее часто при анализе количественных перемен-

ных применяются такие меры близости, как евклидово расстояние и квадрат евклидова расстояния.

Евклидово расстояние – наименьшее расстояние между X и Y (прямая, соединяющая две точки), вычисляемое по формуле корня суммы квадратов разностей между координатами:

$$\text{dist}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}, \quad (2)$$

где $\text{dist}(x, y)$ – расстояние между координатами x и y .

Квадрат евклидова расстояния, как правило, используется для придания больших весов более отдаленным друг от друга объектам и вычисляется по формуле суммы квадратов разностей между координатами:

$$\text{dist}(x, y) = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2. \quad (3)$$

На этапе **выбора метода кластеризации** исследователь выбирает способ, на основе которого объекты будут группироваться. Подходы кластеризации можно разделить на две группы: иерархические и неиерархические. Суть *иерархического подхода* заключается в последовательном объединении меньших кластеров в большие или, наоборот, разделении больших кластеров на меньшие (образование дерева), что позволяет получить некую иерархическую структуру. При анализе большого количества наблюдений используют *неиерархические подходы* кластеризации, которые представляют собой дробление исходного набора данных до тех пор, пока не будет выполнено «правило остановки». Наиболее часто применимыми подходами в кластерном анализе являются именно иерархические.

В качестве **результата работы** иерархических подходов кластеризации выступает *дендрограмма*, представляющая собой иерархию, которая разбивает исходное множество объектов на любое число кластеров. На последнем этапе исследователем также представляется интерпретация полученных результатов.

На подготовительном этапе была собрана база данных для кластеризации субъектов РФ (исключены г. Москва и г. Санкт-Петербург) по основным показателям. На основе обзора литературы было выделено четыре группы факторов: энергетические, экономические, социальные и экологические. Статистическая база данных составлена на основе данных Федеральной службы государственной статистики (сборник 2022 «Регионы России. Социально-экономические показатели»), ЕМИСС (форма 4-ТЭР, сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов).

Энергетические. *Объем отгруженной продукции.* Показатель «объем отгруженной продукции» в категории «добыча угля» представляет собой «объем отгруженных или отпущенных в порядке продажи, а также прямого обмена готовой продукции, товаров, выполненных работ, оказанных услуг, а также отпущенные в порядке продажи основные средства, нематериальные активы и иные ценности за период с начала отчетного года». В рамках данного анализа показатель выступает как составляющая предложения на рынке.

Израсходовано топливно-энергетических ресурсов в качестве котельно-печного топлива и отпущено ресурсов населению. Данные показатели представляют собой количество угля, израсходованного в качестве котельно-печного и количестве топливно-энергетических ресурсов (уголь) из общего объема, отпущенного или проданного населению. В рамках анализа выступают в качестве со-

ставляющей спроса на рынке угольной промышленности.

Социальные. *Заболеваемость на 1000 человек.* Показатель заболеваемости включает в себя заболеваемость болезнями органов дыхания, новообразования, врожденные аномалии (пороки развития), нарушения системы кровообращения и «характеризуется числом заболеваний у пациентов с впервые в жизни установленным диагнозом, выявленных в течение года при обращении в лечебно-профилактическую организацию или при профилактическом осмотре». Показатель заболеваемости, по мнению авторов, по результатам работы может косвенно отражать степень развития деятельности региона по охране окружающей среды.

Нагрузка на работников сферы здравоохранения. Данный показатель рассчитывается как численность населения региона на одного специалиста медицинской сферы. «В общую численность врачей включаются специалисты с высшим медицинским образованием, среднего медицинского персонала – со средним медицинским образованием, занятые в организациях и учитываемые согласно методологии Минздрава России. Показатель нагрузки на медицинских работников может являться отражением степени развития сферы здравоохранения в регионе и достаточности бюджета, распределяемого в эту сферу.

Смертность населения в трудоспособном возрасте. Данный показатель представляет собой число умерших на 100 тысяч человек соответствующего (трудоспособного) возраста и, по мнению автора, может отражать результат недостаточно развитой сферы здравоохранения или отсутствие финансовой возможности населения обеспечить себя своевременной медицинской помощью.

Экономические. *Среднедушевые денежные доходы в месяц.* Показатель доходов населения включает «оплату труда наемных работников; доходы от предпринимательской деятельности и другой производственной деятельности; социальные выплаты (пенсии, пособия, стипендии и другие выплаты); доходы от собственности (дивиденды, проценты, начисленные по денежным средствам на банковских счетах физических лиц в кредитных организациях; выплата доходов по государственным и другим ценным бумагам; инвестиционный доход (доход от собственности держателей полисов); прочие денежные поступления».

Валовой региональный продукт на душу населения. Показатель включает в себя стоимость всех произведенных товаров и услуг в определенном регионе за определенный период времени (в данном случае, за год). ВРП выбран для анализа в качестве показателя, который отражает степень экономического развития региона.

Экологические. *Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников.* Данный показатель представляет собой «поступление в атмосферный воздух загрязняющих веществ, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье населения и окружающую среду и отходящих от стационарных источников выбросов. Учитываются все загрязнители, поступающие в атмосферный воздух как после прохождения пылегазоочистных установок на организованных источниках загрязнения, так и без очистки от организованных и неорганизованных источников загрязнения. Учет выбросов загрязняющих атмосферу веществ ведется как по их агрегатному состоянию (твердые, газообразные, жидкие), так и по отдельным веществам (ингредиентам)».

Расходы на охрану окружающей среды. Показатель расходов на ООС представляет собой «сумму расходов

предприятий, индивидуальных предпринимателей, государства, имеющих целевое природоохранное назначение, осуществляемых за счет всех источников финансирования. В общий объем природоохранных расходов включаются инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, а также текущие расходы на охрану окружающей среды».

Результаты

Результатом деления 80 регионов России на группы методом иерархического кластерного анализа выступают четыре кластера, представленных на выведенной дендрограмме с помощью программы IBM SPSS Statistics (рис. 1). Кластеры были выбраны на уровне 5, поскольку кластеры уровнем выше включают значимо неоднородные объекты. В кластер 1 вошли 23 субъекта РФ, в кластер 2 – 34 региона, в кластер 3 – 11 и в кластер 4 – 12 регионов.

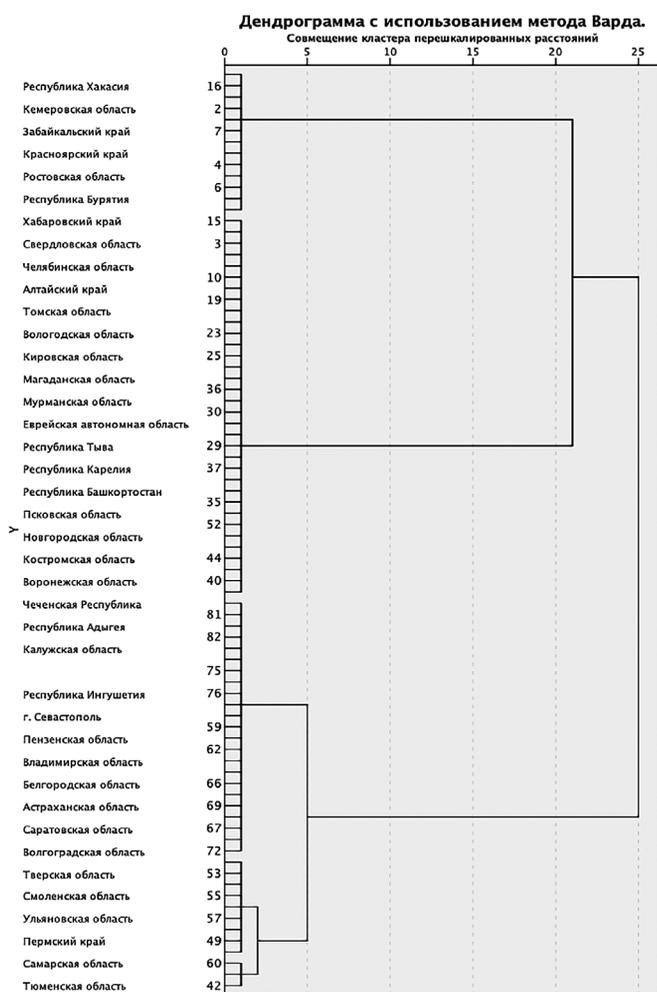


Рис. 1
Результат кластеризации 80 субъектов России по совокупности экологических, энергетических, социальных и экономических показателей

Fig. 1
Result of clustering of 80 subjects of Russia according to the aggregated environmental, energy, social and economic indicators

Результат деления на группы можно представить по основным характеристикам кластеров: лидеры по экологическим показателям, лидеры по потреблению угля среди «неугольных» регионов, «аутсайдеры» отрасли с самыми высокими расходами на ООС и лидеры угольной отрасли (табл. 1).

Таблица 1
Результат деления 80 субъектов РФ на кластеры

Table 1
The result of dividing 80 subjects of the Russian Federation into clusters

№ кластера	Имя кластера	Состав кластера
1	Кластер самой низкой заболеваемости и объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Калужская область, Липецкая область, Орловская область, Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Астраханская область, Волгоградская область, г. Севастополь, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская, Республика Северная Осетия – Алания, Чеченская Республика, Ставропольский край, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Оренбургская область, Пензенская область, Саратовская область
2	Кластер самой высокой смертности населения	Московская область, Рязанская область, Тульская область, Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область, Вологодская область, Калининградская область, Ленинградская область, Мурманская область, Республика Крым, Республика Башкортостан, Удмуртская Республика, Кировская область, Курганская область, Свердловская область, Челябинская область, Республика Тыва, Алтайский край, Омская область, Томская область, Камчатский край, Приморский край, Хабаровский край, Магаданская область, Еврейская автономная область, Воронежская область, Ивановская область, Костромская область, Новгородская область, Псковская область, Республика Марий Эл, Нижегородская область, Республика Алтай
3	Кластер самых высоких расходов на ООС	Курская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тверская область, Ярославская область, Краснодарский край, Пермский край, Ульяновская область, Республика Татарстан, Самарская область, Тюменская область
4	Кластер самой высокой заболеваемости	Ростовская область, Республика Хакасия, Красноярский край, Иркутская область, Кемеровская область, Новосибирская область, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Забайкальский край, Амурская область, Сахалинская область, Чукотский автономный округ

Результат кластеризации определяет единственный лидирующий в угольной отрасли кластер, что подтверждается средними значениями в категории энергетических показателей. Далее предлагается рассмотреть каждый кластер отдельно и выявить основные особенности, преимущества и слабые места угольной промышленности регионов, входящих в состав каждой из групп.

Кластер 1 – Регионы с самыми низкими объемами выбросов в атмосферу и низкой заболеваемостью. Данная группа регионов, состоящая из 23 субъектов РФ, характеризуется самыми низкими энергетическими показателями. Вместе с тем, кластер 1 показывает лучшие результаты в категории экологических показателей, а именно самые низкие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (0,08 млн т против 0,21 млн т в среднем по стране) и самые низкие расходы на ООС (3899 млн руб. против 9905 млн руб. в среднем по стране). Кроме того, данный кластер характеризуется самыми низкими показателями заболеваемости. Однако, если говорить об экономических показателях, для регионов, входящих в состав рассматриваемой группы, характерны самый низкий валовой региональный продукт (2765,5 тыс. руб. против 5180,6 тыс. руб. в среднем по стране) и самые низкие среднедушевые доходы населения (27,8 тыс. руб. против 34 тыс. руб. в среднем по стране).

Кластер 2 – Регионы с самой высокой смертностью. Данный кластер, в состав которого входит 34 региона России, определяется потреблением угля выше среднего по стране. Экологические показатели нельзя назвать низкими – выбросы загрязняющих веществ (0,16 млн т против 0,21 млн т в среднем по стране) и расходы на ООС (8836 млн руб. против 9905 млн руб. в среднем по стране) немногим ниже среднего по России. Однако в сравнении с кластером №1 второй кластер имеет больший объем выбросов в атмосферу, что связано с большим объемом потребления угля.

Важно подчеркнуть, что данная группа регионов характеризуется самыми высокими показателями заболеваемости и смертности в трудоспособном возрасте. Можно предположить, что такой результат объясняется низким уровнем ВРП (4971 тыс. руб. против 5181 тыс. руб. в среднем по стране) и невысокими доходами населения (35 тыс. руб. против 34 тыс. руб. в среднем по стране). Низкий ВРП не позволяет обеспечить в регионах необходимый особый медицинский режим, а невысокие доходы не позволяют населению обращаться за медицинской помощью своевременно, в связи с чем заболеваемость и смертность растут. Высокую смертность можно объяснить на примере двух регионов: так, например, в данный кластер входит Республика Карелия и Курганская область. Ю.В. Ромашкина отмечает в своем исследовании тенденцию Карелии к «старению». Иначе говоря, вследствие миграции молодого населения доля пенсионеров растет с каждым годом [13]. Что касается Курганской области, доходы населения в регионе составляют всего 23 тыс. руб., что определяет невозможность людей получать медицинскую помощь более высокого уровня.

Кластер 3 – Регионы с самыми высокими расходами на ООС. Данный кластер состоит из 11 регионов и характеризуется энергетическими показателями ниже среднего по стране. Кроме того, кластер №3 характеризуется самым высоким уровнем ВРП и доходами населения выше среднего по России. Что касается показателей заболеваемости, данная группа регионов имеет довольно низкую нагрузку на медицинских работников вследствие высокого ВРП,

но при этом заболеваемость и смертность выше среднего в связи с неблагоприятной экологической обстановкой. Данная группа имеет самые высокие расходы на ООС. Предположительно, такой объем расходов на ООС можно связать с довольно высокими сбросами загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты – 182 млн кубических метров против 112 млн кубических метров в среднем по стране.

Кластер 4 – Регионы с самой высокой заболеваемостью. Данный кластер состоит из 12 регионов и имеет самые высокие энергетические показатели (добыча и потребления угля). Довольно очевидным является тот факт, что лидеры отрасли характеризуются самыми высокими объемами выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (0,5 млн т против 0,21 млн т в среднем по стране) и расходами на ООС выше среднего (13615 млн руб. против 9905 млн руб. в среднем по стране). Кроме того, данный кластер имеет самые высокие показатели заболеваемости, что еще раз подтверждает зависимость между заболеваемостью населения и функционированием угольной отрасли в регионе. При этом регионы-лидеры характеризуются не самой высокой смертностью и низкой нагрузкой на медицинских работников, что можно связать с самыми высоким среднедушевыми доходами населения и ВРП выше среднего по стране. Иначе говоря, у данных регионов достаточно средств на обеспечение населения необходимым количеством медицинских учреждений, а также доходы населения позволяют людям обращаться за своевременной медицинской помощью (в том числе в частные клиники), что предотвращает развитие осложнений и снижает уровень смертности. Также была проверена гипотеза о том, что высокая заболеваемость действительно объясняется влиянием угольной отрасли, а не низкой медицинской обеспеченностью региона: в среднем по регионам, вошедшим в кластер №4, показатель койко-места составляет 108 чел. на одну больничную койку на 2021 г., в то время как в среднем по России – 122 чел. Иначе говоря, в «угольных» регионах обеспеченность мед. учреждениями выше, чем в среднем по стране.

Кроме того, на примере Красноярского края можно рассмотреть ситуацию заболеваемости в данном кластере. В Красноярском крае, согласно докладу о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения региона, 42% в структуре заболеваемости занимают болезни органов дыхания. Важно отметить, что среди детей данный класс болезней занимает целых 65% в структуре, а среди взрослых – 30%. При этом в регионе выделены территории, наиболее подверженные риску заболеваемости болезнями органов дыхания – Ачинский и Таймырский районы, где расположены крупнейшие угольные бассейны региона.

Таким образом, кластеризация 80 регионов России позволяет определить и подтвердить необходимые взаимосвязи, которые являются полезными для дальнейшего анализа угольной промышленности страны:

- Подтверждается взаимосвязь между заболеваемостью и функционированием угольной промышленности в регионах;
- Определена взаимосвязь между валовым региональным продуктом, среднедушевыми доходами населения и смертностью в трудоспособном возрасте, нагрузкой на медицину.

Кластеризация регионов России, занятых в угольной отрасли. В ходе работы было принято решение провести дополнительное деление кластера 4 (лидеры угольной

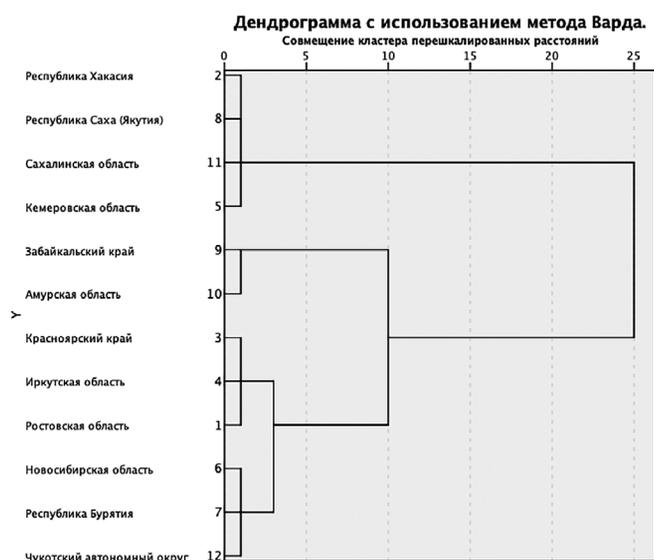


Рис. 2
Результат кластеризации регионов, занятых в угольной отрасли

Fig. 2
Result of clustering of regions engaged in the coal mining

отрасли) на группы. Результатом деления 12 регионов России методом иерархического кластерного анализа выступают три кластера. Кластеры были выбраны также на уровне 5, поскольку кластеры уровнем выше включают значимо неоднородные объекты (рис. 2).

В кластер 1 вошли 6 субъектов РФ, в кластер 2 – 4 и в кластер 3 – 2 региона. Результат деления на группы можно представить по основным характеристикам кластеров (табл. 2). Несмотря на то что в кластер №2 вошла Кемеровская область, было принято решение рассмотреть ее как отдельный кластер, поскольку данный регион можно назвать некоторым выбросом вследствие крайне высокого показателя добычи угля в сравнении с остальными регионами, занятыми в отрасли, – показатель «отгружено продукции» в категории «добыча угля» по Кемеровской области составляет 1 116 106 млн руб. против 22 329 млн руб. в остальных 11 регионах.

Таблица 2
Результат деления 12 «угольных» регионов России на кластеры

Table 2
The result of dividing the 12 “coal” regions of Russia into clusters

№ кластера	Имя кластера	Состав кластера
1	Кластер самой высокой заболеваемости населения	Ростовская область, Красноярский край, Иркутская область, Чукотский автономный округ, Республика Бурятия, Новосибирская область
2	Кластер заболеваемости населения выше среднего	Республика Саха (Якутия), Сахалинская область, Республика Хакасия
3	Кластер самой высокой смертности населения	Забайкальский край, Амурская область
Исключение	Лидер добычи угля	Кемеровская область

Кластер 1 – Регионы с самой высокой заболеваемостью. В данный кластер вошли 6 субъектов РФ, которые характеризуются самыми высокими показателями потребления угля: израсходовано угля в качестве котельно-печного топлива (8,62 млн т против 6,27 млн т в среднем по регионам, занятым в отрасли) и отпущено угля населению (0,15 млн т против 0,09 млн т в среднем по регионам). Данная группа регионов также имеет самый высокий показатель расходов на ООС и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Действительно, многочисленные исследования отечественных авторов (например, работы Л.С. Плакиткиной и Ю.А. Плакиткина) подтверждают тот факт, что большая часть выбросов достигается именно за счет потребления угля и в частности – крупными предприятиями. Кроме того, кластер 1 характеризуется самой высокой заболеваемостью болезнями органов дыхания, новообразованиями, врожденными аномалиями и патологиями, а также нагрузкой на медицинских работников. Однако смертность в рассматриваемых регионах самая низкая. Возможно, это объясняется высокими доходами населения (44 тыс. руб. против 43 тыс. руб. в среднем по регионам, занятым в отрасли). Иначе говоря, у населения достаточно средств для получения своевременной медицинской помощи в частных клиниках. Кроме того, данные регионы характеризуются самым высоким валовым региональным продуктом (7147 тыс. руб. против 5554 тыс. руб. в среднем).

Кластер 2 – Регионы с заболеваемостью выше среднего. Данная группа состоит из 3 регионов и имеет самые высокие показатели по добыче угля: 36434 млн руб. против 22329 млн руб. в среднем по регионам. Также данный кластер занимает второе место по объему выбросов в атмосферу и расходам на охрану окружающей среды после лидеров по потреблению угля (кластер 1). Кроме того, лидеры по добыче угля характеризуются заболеваемостью выше среднего, при этом нагрузка на медицинских работников и смертность в трудоспособном возрасте ниже среднего по регионам. Данный результат можно объяснить самыми высокими доходами населения среди всех кластеров (47 тыс. руб. против 43 тыс. руб. в среднем по регионам).

Кластер 3 – Регионы с самой высокой смертностью. Кластер, состоящий из двух регионов, характеризуется низкими энергетическими показателями: добыча угля, потребление угля населением и предприятиями ниже среднего по регионам, занятым в отрасли. Это объясняет самые лучшие экологические показатели: выбросы в атмосферу и расходы на охрану окружающей среды ниже среднего. Также данный кластер имеет самые низкие показатели заболеваемости и нагрузки на медицинских работников, однако самую высокую смертность (755 чел. против 659 чел. в среднем по регионам). Такой результат можно объяснить самыми низкими экономическими показателями: кластер 3 характеризуется низким валовым региональным продуктом (2349 тыс. руб. против 5554 тыс. руб. в среднем по регионам) и низкими доходами населения (35 тыс. руб. против 43 тыс. руб. в среднем по регионам). Несмотря на низкую заболеваемость, смертность в регионах довольно высокая вследствие низких доходов населения и ВРП.

Обсуждение результатов

В ходе проведения кластерного анализа методом Уорда были получены следующие результаты:

- 80 субъектов России разделены на 4 группы по совокупности экологических, энергетических, социальных и экономических показателей: в кластер 1

вошли 23 субъекта РФ, в кластер 2 – 34, в кластер 3 – 11 и в кластер 4 – 12 регионов;

- кластер 4 (регионы, занятые в отрасли) был разделен также на 3 группы: в кластер 1 вошли 6 субъектов РФ, в кластер 2 – 4 и в кластер 3 – 2 региона;
- подтверждается зависимость между уровнем заболеваемости, потреблением, добычей угля и выбросами загрязняющих веществ в атмосферу;
- была проверена гипотеза об определении уровня заболеваемости недостаточностью медицинской обеспеченности в регионах, занятых в угольной отрасли. Результат анализа показал, что медицинская обеспеченность данных субъектов РФ выше, чем в среднем по России, что позволяет говорить о высокой степени влияния на здоровье населения именно функционирования угольной промышленности посредством добычи и сжигания угля;
- наблюдается зависимость между экономическими показателями (валовой региональный продукт и среднедушевые доходы населения) и показателями смертности в трудоспособном возрасте, нагрузки на медицинских работников.

Рекомендации по снижению негативного влияния угольной промышленности на экономику регионов России. С целью повышения эффективности функционирования угольной промышленности регионов необходимо определить основные слабые места кластеров, на которые регионам стоит обратить особое внимание. Представлена краткая характеристика недостатков отрасли по кластерам 12 регионов, занятых в угольной промышленности (отдельно рассмотрена Кемеровская область) (табл. 3). Следуя предложенным рекомендациям в рамках экономических и экологических аспектов, регионам представится возможным улучшить некоторые социальные показатели, а именно заболеваемость и смертность в трудоспособном возрасте.

Таблица 3
Слабые места кластеров, на которые стоит обратить особое внимание

Table 3
Cluster weaknesses that are worth paying special attention to

Кластер	Состав	Слабые места
1	Ростовская область, Красноярский край, Иркутская область, Чукотский автономный округ, Республика Бурятия, Новосибирская область	Высокая нагрузка на медицинских работников, высокая заболеваемость, высокий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
2	Республика Саха (Якутия), Сахалинская область, Республика Хакасия	ВРП ниже среднего, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу выше среднего
3	Забайкальский край, Амурская область	Высокая смертность, ВРП и доходы населения значительно ниже среднего
Исключение	Кемеровская область	Высокая смертность, высокие объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, низкие доходы населения

Кластер 1 – лидеры по потреблению угля. Данная группа регионов характеризуется высоким объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, отходящих от стационарных источников, вследствие чего имеет также высокую заболеваемость болезнями органов дыхания, новообразованиями, врожденными патологиями и аномалиями и нагрузку на медицинских работников. В качестве рекомендаций данному кластеру предлагается увеличить объем улавливания и обезвреживания загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников. Кроме того, несмотря на высокий ВРП в данных регионах наблюдается высокая нагрузка на медицинские учреждения, в связи с чем целесообразно установить на территориях особый медицинский режим и увеличить количество медицинских учреждений.

Кластер 2 – лидеры по добыче угля. Слабыми местами данного кластера являются ВРП ниже среднего и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу выше среднего. Данной группе регионов следует обратить особое внимание на показатель ВРП, увеличение которого позволит улучшить социальные показатели. Кроме того, кластеру 2 целесообразно также обратить внимание на объем улавливания и обезвреживания загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников. В противном случае, заболеваемость и смертность будут расти и вскоре превысят среднее значение.

Кластер 3 – лидеры по экологическим показателям. Несмотря на хорошие экологические показатели, данные регионы характеризуются высокой смертностью населения в трудоспособном возрасте. Регионам, входящим в состав кластера 3, рекомендуется обратить внимание на показатели ВРП и среднедушевых доходов населения. При увеличении данных показателей, предположительно, сократится смертность. Примером тому являются кластеры 1 и 2, где высокие экономические показатели сочетаются с низким уровнем смертности.

Кемеровская область. Данный регион характеризуется крайне высокими объемами выбросов загрязняющих веществ, в связи с чем в качестве рекомендаций региону предлагается обратить особое внимание на объемы улавливания и обезвреживания. Кроме того, увеличение показателя среднедушевых доходов населения вместе с улучшением экологической обстановки в совокупности помогут снизить смертность в Кузбассе.

Таким образом, предложенные в рамках исследования рекомендации, основанные на результатах анализа регионов России с помощью метода иерархической кластеризации, помогут избежать высоких показателей смертности и заболеваемости в регионах, вызванных в том числе функционированием угольной отрасли.

Заключение

Результаты исследования подтвердили наличие связи между уровнем заболевания (по классу болезней – болезни органов дыхания, новообразования, нарушения системы кровообращения, врожденные аномалии и пороки развития) и объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, отходящих за счет функционирования угольной отрасли в регионах. Кроме того, результат кластеризации регионов России определяет взаимосвязь социальных и экологических, энергетических и экономических показателей. Действительно, чем более развита в регионах угольная отрасль, тем выше показатели ВРП и среднедушевых доходов населения; чем выше объем выбросов, тем выше

уровень заболеваемости или нагрузка на специалистов медицинской сферы.

В ходе работы 80 субъектов РФ были разделены на группы по совокупности энергетических, экологических, социальных и экономических показателей. Кроме того, к группе 4, состоящей из «угольных» регионов, был дополнительно применен метод кластеризации с целью классифицировать регионы, занятые в рассматриваемой отрасли. Также были сделаны следующие важные выводы:

- наличие самых высоких показателей заболеваемости наряду с высоким уровнем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в регионах-лидерах подтверждает наличие негативного воздействия функционирования угольной отрасли на здоровье населения;
- регионы, занятые в угольной отрасли, также характеризуются самыми высокими экономическими показателями: ВРП на душу населения и среднедушевыми доходами населения, что говорит о значительном влиянии развития угольной промышленности на экономику региона;

- наличие самого низкого показателя смертности в регионах-лидерах отрасли можно связать с высоким уровнем доходов населения. Высокие доходы позволяют обращаться к высококвалифицированным медицинским работникам и частные клиники, что, предположительно, как результат дает низкий процент смертности.

Практическая значимость исследования заключается в оценке влияния угольной промышленности на экономику регионов России, а также в формулировании специальных рекомендаций регионам-лидерам угольной отрасли, следуя которым станет возможным улучшить социальные показатели, связанные с заболеваемостью населения вследствие негативного воздействия работы угольной промышленности.

Список литературы

1. Филимонова И.В., Никитенко С.М., Рожков А.А., Проворная И.В., Гоосен Е.В., Вострова Д.С. Вопросы моделирования финансовой устойчивости угледобывающих компаний в условиях неопределенности внешней среды. *Уголь*. 2022;(5):18–25. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-5-18-25>
2. Шутько Л.Г., Самородова Л.Л. Влияние угледобывающей промышленности Кузбасса на здоровье населения региона. *Уголь*. 2021;(9):46–50. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-9-46-50>
3. Зиновьева О.М., Колесникова Л.А., Меркулова А.М., Смирнова Н.А. Анализ экологических проблем в угледобывающих регионах. *Уголь*. 2020;(10):62–67. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-10-62-67>
4. Меркурьев В.В., Косинский П.Д., Томилин К.В., Колесникова Е.Г. Экономические последствия развития угледобывающей отрасли региона: оценка эколого-экономических потерь. *Уголь*. 2021;(11):19–24. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-11-19-24>
5. Балахонцев С.В., Бумагина М.Д., Федорова Н.С., Хохлов С.П., Бельчик Т.А. Зависимость ВРП Кузбасса от добывающей промышленности. В кн.: Миронова М.В., Андреева Т.Н. (ред.) *Молодежь и наука: материалы междунар. науч.-практ. конф. старшеклассников, студентов и аспирантов, г. Нижний Тагил, 27 мая 2022 г.* Нижний Тагил: УрФУ; 2022. Т. 2. С. 380–382.
6. Apergis N., Payne J.E. The causal dynamics between coal consumption and growth: Evidence from emerging market economies. *Applied Energy*. 2010;87(6):1972–1977. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.11.035>
7. Magazzino C., Toma P., Fusco G., Valente D., Petrosillo I. Renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth: the greener the richer? *Ecological Indicators*. 2022;139:108912. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108912>
8. Wang F., Zhang Z.X. Decoupling economic growth from energy consumption in top five energy consumer economies: A technological and urbanization perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2022;357:131890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131890>
9. Goswami S. Impact of coal mining on environment. *European Researcher*. 2015;92(3):185–196. <https://doi.org/10.13187/er.2015.92.185>
10. Черезов Д.С., Тюкачев Н.А. Обзор основных методов классификации и кластеризации данных. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии*. 2009;(2):25–29. Режим доступа: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2009/02/2009-02-05.pdf>
11. Кузнецов Д.Ю., Трошина Т. Л. Кластерный анализ и его применение. *Ярославский педагогический вестник*. 2006;(4):103–107. Режим доступа: http://vestnik.yspu.org/releases/uchenie_praktikum/33_4/
12. Суслов С.А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки. *Вестник НГИЭИ*. 2010;1(1):51–57.
13. Ромашкина Ю.В. Асимметрии рынка труда в Республике Карелия: влияние миграции и демографического кризиса. *Экономика труда*. 2017;4(3):243–256. <https://doi.org/10.18334/et.4.3.38237>

References

1. Filimonova I.V., Nikitenko S.M., Rozhkov A.A., Provornaya I.V., Goosen E.V., Vostrova D.S. Issues of modeling the financial stability of coal mining companies in conditions of uncertainty of the external environment. *Ugol*. 2022;(5):18–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-5-18-25>

2. Shutko L.G., Samorodova L.L. The impact of the Kuzbass coal mining industry on the health of the region's population. *Ugol'*. 2021;(9):46–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-9-46-50>
3. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M., Smirnova N.A. Environmental analysis in coal mining regions. *Ugol'*. 2020;(10):62–67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-10-62-67>
4. Merkuruyev V.V., Kosinsky P.D., Tomilin K.V., Kolesnikova E.G. Economic impact of the coal industry in the region: Assessment of environmental and economic losses. *Ugol'*. 2021;(11):19–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-11-19-24>
5. Balakhontsev S.V., Bumagina M.D., Fedorova N.S., Khokhlov S.P., Belchik T.A. Dependence of the Kuzbass GRP on the extractive industry. In: Mironova M.V., Andreeva T.N. (eds) *Youth and Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Senior School, Undergraduate and Postgraduate Students, Nizhniy Tagil, May 27 2022*. Nizhniy Tagil: Ural Federal University; 2022. Vol. 2, pp. 380–382. (In Russ.)
6. Apergis N., Payne J.E. The causal dynamics between coal consumption and growth: Evidence from emerging market economies. *Applied Energy*. 2010;87(6):1972–1977. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.11.035>
7. Magazzino C., Toma P., Fusco G., Valente D., Petrosillo I. Renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth: the greener the richer? *Ecological Indicators*. 2022;139:108912. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108912>
8. Wang F., Zhang Z.X. Decoupling economic growth from energy consumption in top five energy consumer economies: A technological and urbanization perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2022;357:131890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131890>
9. Goswami S. Impact of coal mining on environment. *European Researcher*. 2015;92(3):185–196. <https://doi.org/10.13187/er.2015.92.185>
10. Cherezov D.S., Tukachev N.A. Classification and clasterization base methods review. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*. 2009;(2):25–29. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2009/02/2009-02-05.pdf>
11. Kuznetsov D.Yu., Troshina T.L. Cluster analysis and its application. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2006;(4):103–107. (In Russ.). Available at: http://vestnik.yspu.org/releases/uchenuye_praktikam/33_4/
12. Suslov S.A. The cluster analysis: the issue, advantages and disadvantages. *Bulletin NGIEI*. 2010;1(1):51–57. (In Russ.).
13. Romashkina Yu.V. Asymmetries of the labor market in the Republic of Karelia: the impact of migration and the demographic crisis. *Ekonomika Truda*. 2017;4(3):243–256. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/et.4.3.38237>

Информация об авторах

Филимонова Ирина Викторовна – доктор экономических наук, профессор, заведующая Центром экономики недропользования нефти и газа, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук; заведующая кафедрой политэкономии экономического факультета, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация; e-mail: FilimonovaIV@list.ru

Проворная Ирина Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, Кемерово, Российская Федерация; e-mail: provornayaiv@gmail.com

Хайкина Алиса Олеговна – студент экономического факультета, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация; e-mail: a.khaikina@g.nsu.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 26.07.2023

Поступила после рецензирования: 14.08.2023

Принята к публикации: 16.08.2023

Information about the authors

Irina V. Filimonova – Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head, laboratory of Economics of Subsoil Use of Oil and Gas, Institute of Petroleum Geology and Geophysics named after A.A. Trofimuk of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Head of the Political Economy Chair, Department of Economics, Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russian Federation; e-mail: FilimonovaIV@list.ru

Irina V. Provornaya – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Researcher, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: provornayaiv@gmail.com

Alisa O. Khaykina – Student of the Faculty of Economics, Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russian Federation; e-mail: a.khaikina@g.nsu.ru

Article info

Received: 26.07.2023

Revised: 14.08.2023

Accepted: 16.08.2023