


# ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНАХ РОССИИ



Татьяна Геннадьевна Зорина <sup>1</sup>, Ангелина Дмитриевна Матюшенко <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт энергетики НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Кафедра аналитической экономики и эконометрики экономического факультета БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь

# Содержание

- + Введение
- + Сбор базы данных
- + Анализ базы данных
- + Интерпретация результатов
- + Выводы

# Введение



# Введение


- + Рост энергопотребления и проблемы сохранения окружающей среды ставят вопрос о перспективах развития углеводородных и возобновляемых источников энергии. По мере роста энергопотребления в ведущих странах мира происходит постепенный переход от традиционных видов углеводородного топлива к "зеленой" энергетике. Возобновляемые источники энергии все чаще используются для выработки тепла и электричества, чтобы защитить окружающую среду от выбросов отходов, связанных с использованием углеводородного топлива. Борьба за улучшение экологии, чистоту воздуха и борьбу с глобальным изменением климата ведется во всем мире.
- + Мир вступил в четвертый энергетический переход к возобновляемым источникам энергии и другим формам устойчивой энергетике. Попытки ускорить переход к возобновляемым источникам энергии связаны с рисками, обусловленными нестабильностью их генерацией и необходимостью увеличения добычи, что само по себе ведет к ухудшению состояния окружающей среды.
- + Помимо экологического, немаловажен и экономический фактор: для стран, не обладающих собственными природными ресурсами, стоимость выработки электроэнергии в разы выше за счет покупки природных ресурсов у стран, обладающих недрами.

# Введение

- + Ранее, авторы проводили исследование 39 европейских стран и предположили, что существуют группы стран со схожим уровнем развития отдельных факторов, для которых наиболее характерно использование определенных видов генерации.
- + Анализ показал, что только 66,7 % европейских стран правильно определяют концепцию развития ВИЭ и используют виды генерации, характерные для их группы стран со схожими характеристиками, то есть направления, соответствующие уровню экономического развития страны, учитывающие объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и уровень запасов энергии.

# Сбор базы данных





## Объект и субъект исследования



Предметом исследования  
является разработка  
применения  
возобновляемых  
источников энергии.



Объектом исследования  
являются 85 регионов  
Российской Федерации.

Как отмечалось ранее, авторы предположили, что существуют группы регионов со схожим уровнем развития определенных факторов, для которых наиболее характерно использование определенных видов генерации.

К числу факторов, которые предопределяют возможность использования того или иного вида генерации электроэнергии, можно отнести следующие:

- 1) уровень экономического развития (показатель – Валовой региональный продукт на душу населения в тыс. руб.);
- 2) размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (показатель – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников на душу населения в тоннах);
- 3) уровень запасов энергоресурсов (показатель – запасы угля, природного газа и нефти на душу населения в тыс. условного топлива).

Для анализа указанных показателей была собрана информация по 85 регионам за 2021 г. Источниками послужили статистические данные Федеральной службы государственной статистики, Федеральное агентство по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.



# Распределение запасов нефти по территории Российской Федерации (млрд т) и ее основные месторождения



Источник: Федеральное агентство по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации

# Распределение запасов свободного газа по территории Российской Федерации (млрд куб. м)



Источник: Федеральное агентство по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации

# Распределение запасов угля между субъектами Российской Федерации (млрд т)



Источник: Федеральное агентство по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации

# Анализ базы данных



# Кластерный анализ

- + Иерархический кластерный анализ был использован для выявления групп регионов со схожим уровнем развития по вышеуказанным факторам. В качестве меры сходства было выбрано квадратное евклидово расстояние. Квадрат евклидова расстояния представляет собой сумму квадратов разностей значений каждой переменной. Это наиболее часто используемая мера сходства. По результатам анализа этапа кластеризации было определено, что 6 кластеров являются оптимальными для классификации данной популяции. Для разделения регионов на кластеры использовался программный пакет SPSS.
- + Для упрощения интерпретации результатов количественные показатели факторов, использованных в анализе, были разделены на 4 категории, представляющие собой низкие, средние, высокие и очень высокие значения. Диапазон для каждой категории определялся экспертным методом.

# Классификационные признаки регионов

Характеристика	Уровень экономического развития (ВРП на душу населения, тыс. руб)	Размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на душу населения, т)	Уровень запасов энергоресурсов (запасы угля, природного газа и нефти на душу населения, тыс. у.т.)
Низкий	Менее 562,583	Менее 100,075	Менее 112,625
Средний	562,583 – 1200,389	100,075 – 201,442	112,625 – 1155,704
Высокий	1200,389 – 3326,076	201,442 – 846,52	1155,704 – 5691,32
Очень высокий	Более 3326,076	Более 846,52	Более 5691,32

# Характеристики кластеров

Кластер	Характеристики			Количество наблюдений	Регионы
	Уровень экономического развития	Размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	Уровень запасов энергоресурсов		
1	<b>очень высокий</b>	<b>очень высокий</b>	<b>очень высокий</b>	1	<b>Северо-Западный федеральный округ:</b> Ненецкий авт. округ
2	средний либо высокий	средний либо высокий	низкий либо средний либо высокий	11	<b>Центральный федеральный округ:</b> Липецкая область; <b>Северо-Западный федеральный округ:</b> Республика Карелия, Вологодская область, Мурманская область; <b>Приволжский федеральный округ:</b> Оренбургская область; <b>Уральский федеральный округ:</b> Свердловская область; <b>Сибирский федеральный округ:</b> Республика Хакасия, Иркутская область, Томская область; <b>Дальневосточный федеральный округ:</b> Республика Саха (Якутия), Магаданская область
3	средний либо высокий	высокий	высокий	2	<b>Уральский федеральный округ:</b> Ханты-Мансийский автономный округ-Югра; <b>Сибирский федеральный округ:</b> Красноярский край

Кластер	Характеристики			Количество наблюдений	Регионы
	Уровень экономического развития	Размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	Уровень запасов энергоресурсов		
4	низкий либо средний либо высокий	низкий либо средний	низкий либо средний либо высокий	67	<p><b>Центральный федеральный округ:</b> Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Ивановская область, Калужская область, Костромская область, Курская область, Московская область, Орловская область, Рязанская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тверская область, Тульская область, Ярославская область, г.Москва;</p> <p><b>Северо-Западный федеральный округ:</b> Архангельская область без Ненецкого авт.округа, Калининградская область, Ленинградская область, Новгородская область, Псковская область, г.Санкт-Петербург;</p> <p><b>Южный федеральный округ:</b> Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Республика Крым, Краснодарский край, Астраханская область, Волгоградская область, Ростовская область, г.Севастополь;</p> <p><b>Северо-Кавказский федеральный округ:</b> Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия-Алания, Чеченская Республика, Ставропольский край;</p> <p><b>Приволжский федеральный округ:</b> Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Кировская область, Нижегородская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область;</p> <p><b>Уральский федеральный округ:</b> Курганская область, Тюменская область (без Ханты-Мансийского авт.округа-Югра и Ямало-Ненецкого авт.округа), Челябинская область;</p> <p><b>Сибирский федеральный округ:</b> Республика Алтай, Республика Тыва, Алтайский край, Новосибирская область, Омская область;</p> <p><b>Дальневосточный федеральный округ:</b> Республика Бурятия, Забайкальский край, Камчатский край, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ</p>



Кластер	Характеристики			Количество наблюдений	Регионы
	Уровень экономического развития	Размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	Уровень запасов энергоресурсов		
5	средний либо очень высокий	высокий	низкий либо высокий	3	<b>Сибирский федеральный округ:</b> Кемеровская область-Кузбасс; <b>Северо-Западный федеральный округ:</b> Республика Коми; <b>Дальневосточный федеральный округ:</b> Сахалинская область
6	очень высокий	очень высокий	очень высокий	1	<b>Уральский федеральный округ:</b> Ямало-Ненецкий автономный округ

- + **1 кластер** состоит из 1 региона – Ненецкий автономный округ, который характеризуется очень высокими показателем уровня экономического развития, размера выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и уровнем запасов энергоресурсов.
- + **2 кластер** включает в себя 11 регионов различных федеральных округов России, у которых средний либо высокий уровень экономического развития и размера выбросов загрязняющих веществ, и низкий, средний либо высокий уровень запасов энергоресурсов.
- + 2 региона Российской Федерации вошли в **3 кластер**: Мансийский автономный округ-Югра и Красноярский край, в котором средний либо высокий уровень экономического развития и высокий размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
- + **4 кластер** охватывает 67 субъектов Российской Федерации, из которых 11 регионов Центрального федерального округа, 6 – Северо-Западного федерального округа, 11 – Южного федерального округа, 7 – Северо-Кавказского федерального округа, 13 – Приволжского федерального округа, 4 – Уральского федерального округа, 5 – Сибирского федерального округа, 8 – Дальневосточного федерального округа, которому присуще низкий либо средний либо высокий уровень экономического развития и уровень запасов энергоресурсов, низкий либо средний размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

- + Кемеровская область-Кузбасс, Республика Коми, Сахалинская область вошли в **5 кластер** со средним либо очень высоким уровнем экономического развития, высоким размером выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и низким либо высоким уровнем запасов энергоресурсов.
- + В **6 кластер** входит 1 регион – Ямало-Ненецкий автономный округ с очень высокими показателями экономического развития, размеров выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и уровнем запасов энергоресурсов.
- + Стоит отметить, что 1 и 6 кластер имеет схожие кластерные характеристики, однако уровень запасов энергоресурсов в Ямало-Ненецком автономном округе в 2 раза больше, чем в Ненецком автономном округе.
- + Использование возобновляемых источников энергии в регионах РФ по кластерам сведено в таблицу 4 для анализа соответствия характерного использования конкретных видов генерации электроэнергии в каждом кластере (плюс означает, что в регионе есть тот или иной вид электростанции, минус – нет).

# Использование возобновляемых источников энергии в регионах Российской Федерации по кластерам

Кластер	Виды генерации электроэнергии					Количество наблюдений	Регионы
	Гидроэнергетика	Ветроэнергетика	Солнечная энергетика	Биоэнергетика	Геотермальная энергетика		
1	-	-	-	-	-	1	Северо-Западный федеральный округ: Ненецкий авт. округ
2	+ или -	+	+ или -	-	-	11	Центральный федеральный округ: Липецкая область; Северо-Западный федеральный округ: Республика Карелия, Вологодская область, Мурманская область; Приволжский федеральный округ: Оренбургская область; Уральский федеральный округ: Свердловская область; Сибирский федеральный округ: Республика Хакасия, Иркутская область, Томская область; Дальневосточный федеральный округ: Республика Саха (Якутия), Магаданская область
3	+ или -	-	-	-	-	2	Уральский федеральный округ: Ханты-Мансийский автономный округ-Югра; Сибирский федеральный округ: Красноярский край

Кластер	Виды генерации электроэнергии					Количество наблюдений	Регионы
	Гидроэнергетика	Ветроэнергетика	Солнечная энергетика	Биоэнергетика	Геотермальная энергетика		
4	+ или –	+ или –	+ или –	+ или –	+ или –	67	<p><b>Центральный федеральный округ:</b> Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Ивановская область, Калужская область, Костромская область, Курская область, Московская область, Орловская область, Рязанская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тверская область, Тульская область, Ярославская область, г.Москва;</p> <p><b>Северо-Западный федеральный округ:</b> Архангельская область без Ненецкого авт.округа, Калининградская область, Ленинградская область, Новгородская область, Псковская область, г.Санкт-Петербург;</p> <p><b>Южный федеральный округ:</b> Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Республика Крым, Краснодарский край, Астраханская область, Волгоградская область, Ростовская область, г.Севастополь;</p> <p><b>Северо-Кавказский федеральный округ:</b> Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия-Алания, Чеченская Республика, Ставропольский край;</p> <p><b>Приволжский федеральный округ:</b> Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Кировская область, Нижегородская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область;</p> <p><b>Уральский федеральный округ:</b> Курганская область, Тюменская область (без Ханты-Мансийского авт.округа-Югра и Ямало-Ненецкого авт.округа), Челябинская область;</p> <p><b>Сибирский федеральный округ:</b> Республика Алтай, Республика Тыва, Алтайский край, Новосибирская область, Омская область;</p> <p><b>Дальневосточный федеральный округ:</b> Республика Бурятия, Забайкальский край, Камчатский край, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ.</p>

Кластер	Виды генерации электроэнергии					Количество наблюдений	Регионы
	Гидроэнергетика	Ветроэнергетика	Солнечная энергетика	Биоэнергетика	Геотермальная энергетика		
5	+ or –	+ or –	–	–	+ or –	3	<b>Siberian Federal District:</b> Kemerovo Oblast-Kuzbass; <b>North-Western Federal District:</b> Komi Republic; <b>Far Eastern Federal District:</b> Sakhalin Oblast
6	–	+	–	–	–	1	<b>Urals Federal District:</b> Yamalo-Nenets Autonomous District



# Интерпретация результатов

## Интерпретация результатов

- + Согласно таблицам 2 и 3, результаты кластерного анализа и типов возобновляемых источников энергии, используемых в регионах, показали, что в кластере 2 Липецкая область не использует ни один из возобновляемых видов выработки электроэнергии, при этом запасы энергии в регионе низкие, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу высокие, а уровень экономического развития средний.
- + Республика Хакасия, Оренбургская область и Республика Саха (Якутия) используют солнечную энергетику, однако значения признаков кластера разнятся: уровень экономической развития в Хакасии и Оренбургской области средний, а в Якутии высокий; запасы энергоресурсов низкие в Хакасии, средние в Оренбургской области и высокие в Якутии. Выбросы загрязняющих веществ во всех трех регионах высокие.
- + 3 региона 2 кластера применяют ветроэнергетику: Мурманская область, Оренбургская область и Республика Саха (Якутия), при этом в Мурманской области и Якутии все перечисленные ранее факторы высокие, а Оренбургская область имеет средние показатели по уровню экономического развития и высокие выбросы загрязняющих веществ.



+ 8 регионов 2 кластера используют гидроэнергетику, ВРП в Томской, Свердловской, Оренбургской, Иркутской, Вологодской областях и Карелии средний, а в Якутии, Мурманской и Магаданской областях показатель высокий. Во всех перечисленных регионах высокий уровень загрязняющих выбросов, кроме Томской и Свердловской областей, в которых это значение среднее. Запасы энергоресурсов распределены неоднородно: низкий уровень – Свердловская область, Республика Хакасия, Республика Карелия, Липецкая область, Магаданская область, Вологодская область; средний – Оренбургская область; высокий – Томская, Мурманская, Иркутская области и Республика Саха (Якутия).

+ В 3 кластер входят Ханты-Мансийский автономный округ-Югра и Красноярский край, которые характеризуются высоким уровнем выбросов загрязняющих веществ и запасов энергоресурсов, при этом в первом регионе уровень экономического развития высокий, а во втором средний. Ханты-Мансийский автономный округ-Югра не использует ни один из видов возобновляемой установок генерации электроэнергии, Красноярский край использует только гидроэнергетику.

+ Самый многочисленный 4 кластер, представленный 67 странами, имеет различные вариации применения возобновляемой энергетики и характеристики кластеров. Так экономическое развитие 40 регионов – низкое, 25 – среднее и 2 регионов высокое. В 16 регионах уровень выбросов загрязняющих веществ в атмосферу низкий и 51 регионе высокий. 56 стран имеет низкий показатель уровня запасов энергоресурсов, 8 регионов – средний и 3 региона – высокий.

+ 31 регион, не использующий возобновляемую энергетику: Кабардино-Балкарская Республика, г.Севастополь, Республика Северная Осетия-Алания, Республика Тыва, Чувашская Республика, Ивановская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Курганская область, Республика Марий Эл, Смоленская область, Республика Мордовия, Тамбовская область, Костромская область, Ярославская область, Рязанская область, располагает низким уровнем запасов энергоресурсов, выбросов загрязняющих веществ и экономического развития.

+ При низком уровне запасов энергоресурсов, среднем уровне выбросов загрязняющих веществ, Амурская, Ленинградская, Челябинская области и Пермский край используют гидроэнергетику для генерации электроэнергии, Забайкальский край и Республика Бурятия используют солнечную энергетику, Чукотский автономный округ – ветроэнергетику. В Республике Башкортостан представлены установки солнечной и ветроэнергетики, а в Белгородской, помимо предыдущих, еще и установки на биогазе.

+ 5 кластер представлен тремя регионами: Сахалинская область, Республика Коми, Кемеровская область-Кузбасс, при том, что уровень выбросов загрязняющих веществ высокий, а ВРП средний в Республике Коми и Кемеровской области, в Сахалинской – очень высокий; запасы энергоресурсов в Сахалинской области и Республике Коми высокие, а в Кемеровской – низкие. Кемеровская область-Кузбасс и Республика Коми не использует ни один из видов возобновляемой энергии, в Сахалинской области распространена гидроэнергетика, ветроэнергетика и геотермальная энергетика.

+ Анализ характеристик кластеров не выявил четкой закономерности использования возобновляемых источников энергии.

+ Для проверки гипотезы о существовании групп регионов со схожим уровнем экономического развития, величиной выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, уровнем запасов энергоресурсов, для которых наиболее характерно использование конкретных видов возобновляемой генерации электроэнергии, данные анализировались с помощью статистического критерия согласия Пирсона (хи-квадрат тест) в программном пакете SPSS.

+ В качестве первой переменной был выбран показатель – использование возобновляемых источников энергии в регионах России (1 – ВИЭ не используют, 2 – ВИЭ используют), в качестве второй поочередно – уровень экономического развития, выбросы загрязняющих веществ, запасы энергоресурсов (1 – низкий показатель, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – очень высокий). Таким образом, нулевая гипотеза  $H_0$  – отсутствуют взаимосвязи между ВРП, выбросы загрязняющих веществ и доступность энергоресурсов и использованием возобновляемых источников энергии в регионах Российской Федерации.

+ В ходе анализа было получено наблюдаемое значение Хи-квадрата Пирсона наличие взаимосвязи между использованием ВИЭ и уровнем экономического развития – 1,832; размером выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – 2,665; уровнем запасов энергоресурсов – 1,201.

+ При уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и количества степеней свободы – 3, Хи-квадрат с критическим значением будет равен 7,815. Следовательно, наблюдаемое значение статистики Хи-квадрата всех проверенных зависимостей в разы меньше критического, что говорит о невозможности отвергнуть или подтвердить нулевую гипотезу  $H_0$ .

# Заключение



# Заключение

- + Таким образом, регионы Российской Федерации при разработке стратегии развития возобновляемых источников энергии, ориентируются не на общемировые тенденции, а учитывают совокупность различных факторов: погодных, технических, законодательных, политических, финансовых, экологических, квалификационных, факторы конкуренции, надежности и стоимости энергоресурсов.
- + Это можно объяснить, с одной стороны, тем, что Российская Федерация является одним из крупнейших в мире экспортеров топливно-энергетических ресурсов; с другой стороны, наличием единой федеральной энергетической стратегии.
- + Вместе с тем, для ряда регионов Российской Федерации является целесообразным использование возобновляемых источников энергии, что обуславливает необходимость учета индивидуальных особенностей региона и необходимостью проведения исследований в этом направлении.



**Спасибо за внимание!**

Зорина Татьяна Геннадьевна

+375 29 667 85 07

[tanyazorina@tut.by](mailto:tanyazorina@tut.by)