

УДК 338.2

JEL Q58, C67

DOI: 10.17213/2312-6469-2020-2-176-186

ВОПРОСЫ СОГЛАСОВАНИЯ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ВИЭ В КОНТЕКСТЕ НОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ¹

© *В.В. Иосифов, П.Д. Ратнер* 2020

*Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар, Россия
CyberHULL, Москва, Россия*

В настоящее время новая климатическая политика России проходит стадию активного формирования. Выбор оптимального баланса между поддержкой конкурирующих путей технологического развития (углеродных и безуглеродных транспортно-энергетических технологий) представляет собой сложную научно-практическую проблему. Поэтому актуальными становятся исследования, направленные на поиск возможностей для максимизации положительных и экономических эффектов развития безуглеродных технологий, в частности за счет их синергетического развития. Одним из ярких примеров такой синергии является со-направленное развитие электромобилей и возобновляемой энергетики. Целью настоящей работы является разработка подхода для согласования стратегий развития электромобилей и ВИЭ, позволяющего максимизировать положительные экологические и экономические эффекты за счет выбора оптимального уровня со-направленности. Результатом исследования является разработка программного модуля, позволяющего прогнозировать ожидаемые экологические и экономические эффекты от диффузии новых автомобильных технологий в транспортной системе в зависимости от коэффициента со-направленности развития инновационных транспортных технологий и технологий ВИЭ.

***Ключевые слова:** климатическая политика, электромобили, возобновляемая энергетика, анализ жизненного цикла продукции, экономическая эффективность.*

THE ISSUES OF CONCURRENT DEVELOPMENT OF EV AND RES IN THE CONTEXT OF RUSSIAN NEW CLIMATE POLICY

© *V.V. Iosifov, P.D. Ratner* 2020

*Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
CyberHULL, Moscow, Russia*

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России»

Currently, the new climate policy in Russia is undergoing a stage of active formation. Choosing the optimal balance between supporting competing paths of technological development (carbon and carbon-free transport and energy technologies) is a difficult scientific and practical problem. Therefore, studies aimed at finding opportunities to maximize the positive and economic effects of developing carbon-free technologies, in particular due to their synergistic development, are becoming relevant. One striking example of such synergy is the co-directional development of electric vehicles and renewable energy. The aim of this study is to develop an approach of balancing the strategies of introduction of electric vehicles and renewable energy sources, which allows to maximize positive environmental and economic effects by choosing the optimal level of focus. The result of the study is the development of a software module that allows predicting the expected environmental and economic effects of the diffusion of new automotive technologies in the transport system, depending on the coefficient of development of innovative transport technologies and renewable energy technologies.

Keywords: *climate policy, electric cars, renewable energy, product life cycle analysis, economic efficiency.*

Введение

В настоящее время новая климатическая политика России проходит стадию активного формирования. Ее новизна обусловлена необходимостью реагирования на вызовы Парижского соглашения по климату, достигнутого в 2015 году и вступившему в силу 4 ноября 2016 года. Ключевым элементом Парижского соглашения являются национально определяемые вклады каждой участвующей стороны по снижению выбросов парниковых газов (ВПГ) и адаптации к изменениям климата начиная с 2020 года. Стороны предоставляют информацию о вкладах для регистрации в секретариат РКИК ООН. Запланировано регулярное предоставление информации о реализации климатической политики и периодическое усиление национальных планов. Сторонам рекомендовано разработать долгосрочные стратегии низкоуглеродного развития и планы по адаптации к изменению климата. Создан Зеленый климатический фонд ООН для содействия климатической политике в развивающихся странах со стороны развитых стран.

Одной из реактивных мер новой климатической политики России, принимаемых в ответ на ужесточение климатических ограничений на внешних рынках, может быть введение какого-либо вида пигувианского налога на выбросы ПГ. Введение такой меры в настоящее время представляется маловероятным, однако с учетом того, что на протяжении последних 10-15 лет существенных снижений выбросов в масштабах страны не наблюдается (рис. 1), в будущем такая мера, как наиболее эффективный способ снижения ВПГ, представляется возможной. Плата за ВПГ (углеродный налог) приведет к увеличению издержек компаний ТЭК (за исключением безуглеродной энергетики), росту себестоимости их продукции и тарифов на услуги естественных монополий [1]. Она несет риски снижения конкурентоспособности традиционных сегментов российского ТЭК, падения инвестиций, замедления темпов экономического роста и сокращения бюджетных доходов [2].

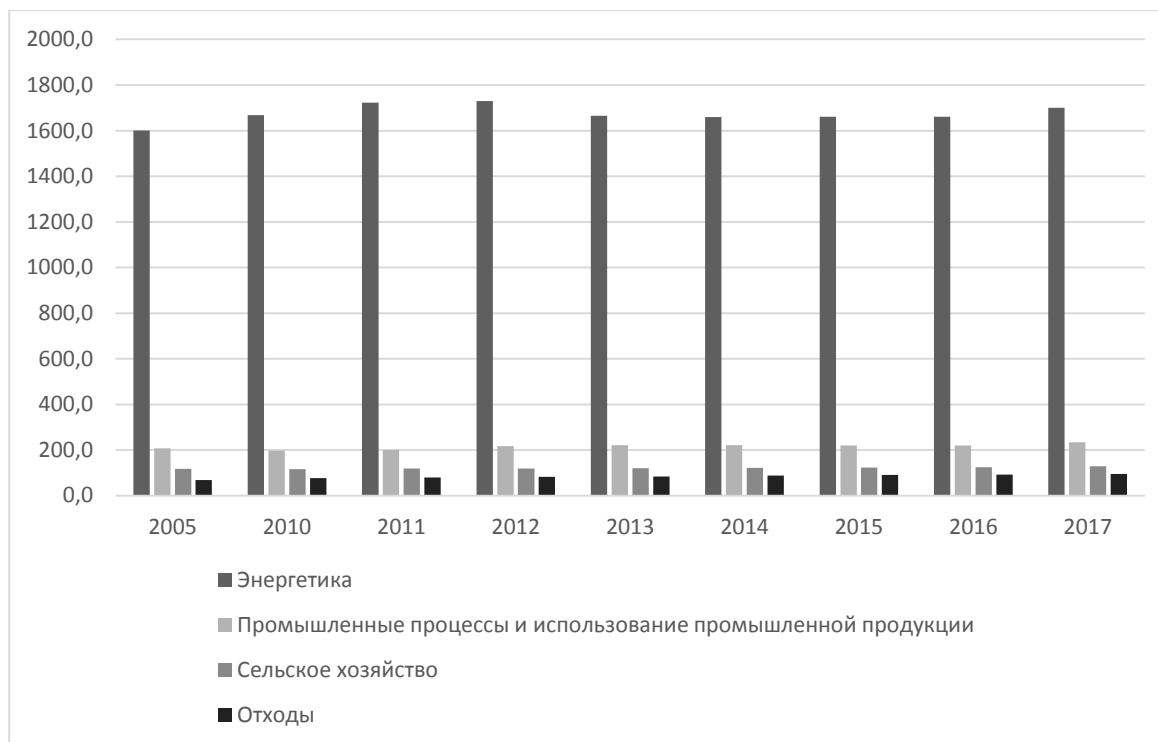


Рис. 1. Выбросы парниковых газов по секторам (млн. тонн CO₂ – экв.)

В то же время, плата за ВПГ будет создавать стимулы для инвестиций в «чистое» производство (включая альтернативную энергетику) и устойчивое развитие [3]. Таким образом создается экономическая «развилка», а выбор оптимального баланса между поддержкой конкурирующих путей технологического развития представляет собой сложную научно-практическую проблему.

В свете вышесказанного актуальными становятся исследования, направленные на поиск возможностей для максимизации положительных экономических эффектов развития безуглеродных технологий, в частности, за счет их синергетического развития. Под синергетическим (или со-направленным развитием) двух технологий мы понимаем такую ситуацию в социально-технической системе, когда развитие одной технологии создает технические, инфраструктурные, экономические и/или социальные условия, благоприятствующие развитию другой технологии [4]. В таких ситуациях государственная поддержка развития первой технологии косвенным образом стимулирует развитие и другой, со-направленной технологии, что существенным образом может снизить необходимые объемы финансирования, направляемые на развитие безуглеродных технологий в целом.

Одним из ярких примеров такой синергии является со-направленное развитие электромобилей и возобновляемой энергетики [5]. Из литературы известно, что величина положительного экологического эффекта от внедрения

ния электромобиля будет существенно зависеть от того, по каким технологиям генерируется электроэнергия, используемая электромобилем в виде топлива. Если электроэнергия генерируется на основе ВИЭ или других низкоуглеродных источников, то экологическая эффективность перевода транспортной системы на электротягу будет значительно выше, нежели в том случае, если электроэнергия генерируется из углеводородных источников, особенно угля. Поэтому расширенное внедрение электромобилей может рассматриваться как стимул к дальнейшему росту доли ВИЭ в энергобалансе.

С другой стороны, интеграция большой доли ВИЭ в энергосистему приводит к снижению ее общей стабильности из-за слабой предсказуемости динамики генерации электроэнергии из ВИЭ. Одним из способов преодоления данной проблемы является использование систем накопления и хранения энергии (СХЭ). В настоящее время расширенное использование СХЭ сдерживается чисто экономическими факторами, а именно – их дороговизной. Использование электромобильных аккумуляторов в качестве СХЭ является перспективным направлением решения данной проблемы. Таким образом, развитие технологий ВИЭ и развитие электромобилей являются сонаправленными процессами, которые оказывают взаимное положительное влияние друг на друга, обеспечивают проявление эффекта синергии [6-7].

Целью настоящей работы является разработка подхода для согласования стратегий развития электромобилей и ВИЭ, позволяющего максимизировать положительные экологические и экономические эффекты за счет выбора оптимального уровня со-направленности.

Методология

Для описания и формализации взаимного влияния технологий ВИЭ и электромобилей друг на друга в данной работе введено определение *коэффициента со-направленности* развития электромобилей и ВИЭ. Согласно введенному нами определению, его значение лежит в интервале от 0 до 1. Значение 0 соответствует ситуации, когда электромобили и ВИЭ развиваются абсолютно независимо, т.е. растущий спрос на электроэнергию со стороны электромобилей обеспечивается за счет традиционной электрогенерации со средними значениями экологических эффектов. В этом случае средние значения экологических эффектов рассчитываются на основе текущей структуры электрогенерации, в которой некоторую часть (варьируемую в зависимости от региона) занимают ВИЭ. Значение коэффициента со-направленности 1 означает, что весь спрос электромобилей на электроэнергию удовлетворяется только за счет ВИЭ. С практической точки зрения это означает, что вся избыточная электроэнергия, которая генерируется ВИЭ в периоды максимальной производительности и не может быть отдана непосредственно в сеть, используется для зарядки электромобилей. Т.е. электромобили в данном случае играют роль систем накопления энергии (СНЭ), что

соответствует функционалу технологии управления спросом на электроэнергию V2G (Vehicle-to-grid).

Результаты

Предложенный подход был апробирован на практической задаче разработки стратегии развития ВИЭ и электромобилей в Краснодарском крае. Краснодарский край был выбран в качестве модельного региона по нескольким причинам: 1) в период до 2022 в регионе планируется введение 10 крупных ветровых электростанций общей мощностью 405 МВт [8]; 2) класс ветров на территориях размещения ветровых электростанций позволяет обеспечить коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ветровых парков более 50%, тогда как стандартное (среднемировое) значение КИУМ для ветровых генераторов составляет 30% [9], что говорит о большом потенциале избыточной электрогенерации, который может быть использован только при внедрении СХЭ, или технологии V2G; 3) в регионе существует острая необходимость внедрения инновационных транспортных технологий, способных снизить выбросы загрязняющих веществ от автомобильного транспорта [10]; 4) в регионе существует дефицит электроэнергии, что актуализирует проблему обеспечения со-направленности развития ВИЭ и электротранспорта [11].

Оптимальное значение коэффициента со-направленности определялось по критерию максимизации положительных экологических эффектов, возникающих при замещении традиционных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) электромобилями. Несмотря на то, что нас, в первую очередь, интересовали экологические эффекты в разрезе сокращения ВПП, мы рассматривали их по 6 категориям воздействия на окружающую среду, чтобы исключить ситуации, когда снижение воздействия на окружающую среду по одному показателю приводит к одновременному увеличению воздействия по другому показателю [12]. Все значения экологических эффектов рассчитывались по полному жизненному циклу на основе данных EcoInvent (табл. 1-2) [8].

Под положительным экологическим эффектом понималась положительная разница между объемом негативного воздействия на окружающую среду (по полному жизненному циклу, включая топливо т.е. «от скважины до колеса») по каждой отдельно взятой категории от автомобиля с ДВС и объемом негативного воздействия на окружающую среду электромобиля. Полный жизненный цикл электромобиля рассматривался в нескольких вариантах в зависимости от способа генерации потребляемой электромобилем энергии: 1) посредством фотовольтаических установок EV (PV); 2) посредством ветровых генераторов EV (Wind); 3) посредством тепловой генерации с использованием природного газа в виде топлива EV (trad) (табл. 3).

Под экономическим эффектом от со-направленного развития ВИЭ и электромобилей в данном исследовании понимается как объем дополни-

тельной электрогенерации EE_{add} (кВт·час), который возникает за счет повышения КИУМ установки ВИЭ и определяется следующим способом:

$$EE_{add} = k \cdot EE,$$

где k – коэффициент со-направленности;

$EE = C \cdot \Delta(\text{КИУМ})$ – максимальный потенциальный объем дополнительной генерации;

Таблица 1

Экологические эффекты производства 1 кВт*час электроэнергии из различных источников (по данным EcoInvent, средние значения по миру)

Категории воздействия на окружающую среду	Единицы измерения	Традиционная газовая генерация	Фотовольтаика	Ветровая энергия
acidification potential (average European)	kg SO ₂ -Eq	0,0023538	0,000623091	0,000142628
climate change (GWP 100a)	kg CO ₂ -Eq	1,5416	0,092017842	0,01966025
eutrophication potential (average European)	kg NO _x -Eq	0,0016775	0,000287123	7,33795E-05
freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP 100a)	kg 1,4-DCB-Eq	0,026561	0,216223526	0,14459025
freshwater sediment ecotoxicity (FSETP 100a)	kg 1,4-DCB-Eq	0,056004	0,506376842	0,35196525
human toxicity (HTP 100a)	kg 1,4-DCB-Eq	0,16715	0,144610526	0,07398975
land use	m ² a	0,002541	0,008583074	0,001729053

Таблица 2

Экологические эффекты использования традиционного автомобиля (дизель), производства типового автомобиля и производства аккумуляторов для электромобиля

	Производство, 1 kg passenger car (1314 total)	Эксплуатация, 1 км	Производство, Li-ion, 1 kg
acidification potential (average European)	0,0411800	0,0011267	0,1311
climate change (GWP 100a)	6,8600000	0,33199	5,6515
eutrophication potential (average European)	0,023943	0,0009742	0,039083
freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP 100a)	22,309	0,25796	97,569
freshwater sediment ecotoxicity (FSETP 100a)	53,399	0,61447	228,01
human toxicity (HTP 100a)	22,916	0,32137	66,076
land use	0,36714	0,012835	5,6515

Таблица 3

Экологические эффекты годовой эксплуатации различных видов транспортных средств в предположении о величине пробега 17000 км, энергопотреблении электромобиля 20 кВт*час/100 км и средней массе аккумулятора 350 кг

Категория воздействия	EV (PV)	EV (Wind)	Disel	EV (trad)
acidification potential (average European)	6,708057789	5,07448605	19,15071703	12,59247
climate change (GWP 100a)	510,6631632	264,64735	5643,299762	5439,2425
eutrophication potential (average European)	2,344123737	1,6173953	16,55954935	7,071405
freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP 100a)	4150,074989	3906,52185	4383,595646	3505,2224
freshwater sediment ecotoxicity (FSETP 100a)	9702,031263	9177,03185	10441,86257	8170,7636
human toxicity (HTP 100a)	2804,335789	2564,22515	5461,518728	2880,97
land use	49,80515053	26,5014785	218,1666222	29,2621

C – установленная мощность объектов ВИЭ;

Δ (КИУМ) – разница между потенциальным КИУМ, достижение которого возможно в конкретных природно-климатических условиях региона и среднестатистическим КИУМ, полагаемым равным 20% для фотовольтаических установок и 30% для ветровых турбин (обоснование см. подробнее в работе [8]).

Также экономический эффект может быть определен в денежных единицах (как производство объема дополнительной генерации на тариф) или как повышение показателей коммерческой эффективности проектов ВИЭ (сокращение срока окупаемости, повышение рентабельности, повышение внутренней нормы доходности, рост NPV).

Для Краснодарского края по итогам метеорологических наблюдений было установлено, что ветровая турбина в выбранных локациях для ветровых парков (Таманский полуостров, ст. Гиагинская и др.) с высоким классом ветров потенциально может работать в среднем 15 часов в день [8]. Это означает, что потенциальный КИУМ ветровой генерации может составить 60% вместо среднестатистических 30%. Однако подключение ветровых объектов в общей сети не позволяет отобрать полностью всю генерируемую электроэнергию. Использование для отбора «избыточной» электроэнергии электромобильных аккумуляторов может теоретически повысить КИУМ ветровой турбины на 30%. Однако в нашем исследовании мы взяли более низкую оценку потенциального роста КИУМ, предполагая, что он может быть повышен на 20%.

Тогда при общей мощности ветровых установок в 405 МВт, получим следующую ежедневную дополнительную генерацию:

$405 \text{ MВт} \cdot 24 \text{ час} \cdot 0.2 = 1,944 \text{ MВт} \cdot \text{час}$ или $1944 \text{ 000 кВт} \cdot \text{час}$.

Для сохранения таких объемов электроэнергии понадобится около 15552000 кг Li-ion аккумуляторов (в предположении, что энергетическая плотность аккумулятора составляет 100-150 Вт·час на 1 кг) [8]. При максимальном потреблении электроэнергии электромобилем 10 кВт·час в день (что достаточно для проезда 50 км), такие объемы дополнительной генерации позволят обеспечить энергией при полностью со-направленном развитии технологий ВИЭ и электромобилей 194 400 электромобилей.

Результаты проведенных нами расчетов величины экологических эффектов за год от замещения такого количества автомобилей на ДВС электромобилями по исследуемым категориям воздействия на окружающую среду представлены в табл. 4.

Как видно из полученных результатов расчета, в случае полной со-направленности развития ВИЭ и электромобилей, в Краснодарском крае достигается сокращение выбросов оксидов серы почти в 2 раза больше, чем в случае не со-направленного развития, более значимое сокращение выбросов парниковых газов, сокращение выбросов оксида азота более чем в 2,7 раза, сокращение экотоксичности для человека более чем в 9 раз и сокращение землепользования более чем в 69 раз. По категориям экотоксичности пресной воды и пресноводного осадка не со-направленное развитие электромобильного транспорта вообще может ухудшить показатели воздействия на окружающую среду, что в основном объясняется экологическими рисками производства литий-ионных аккумуляторов. Показателей, по которым со-направленное развитие было бы хуже не со-направленного, нет. Это говорит о том, что оптимальным уровнем со-направленности является полная со-направленность.

Таблица 4

Экологические эффекты за год от замещения 194400 автомобилей на ДВС электромобилями

Категория воздействия	Единицы измерения	Полная со-направленность	Полная не со-направленность
acidification potential (average European)	kg SO ₂ -Eq	2 736 419,302	1 461 496,08
climate change (GWP 100a)	kg CO ₂ -Eq	1 045 610 029	1 005 941 297
eutrophication potential (average European)	kg NO _x -Eq	2 904 754,747	1 060 259,486
freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP 100a)	kg 1,4-DCB-Eq	92 743 145,85	-78 012 613,1
freshwater sediment ecotoxicity (FSETP 100a)	kg 1,4-DCB-Eq	245 883 092,2	-195 618 548
human toxicity (HTP 100a)	kg 1,4-DCB-Eq	563 233 871,6	61 575 198,84
land use	m ² a	37 259 703,94	536 664,8196

По результатам успешной апробации разработанного методического подхода к измерению уровня со-направленности развития ВИЭ и электромобилей и к измерению экологических и экономических эффектов от повышения уровня со-направленности, был разработан программный модуль (реализован на Python 3.8), позволяющий решать аналогичные задачи для любого региона РФ.

В разработанном программном модуле коэффициент со-направленности развития электромобильного транспорта и ВИЭ является экзогенным параметром, задаваемым извне. Также пользователь задает планируемый объем инвестиций V в проекты ВИЭ (в тысячах рублей), тип ВИЭ (фотовольтаика или ветровая энергетика) и потенциально возможный КИУМ для данного региона (рис. 2).

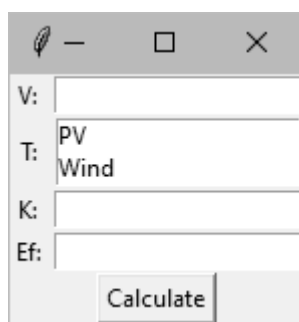


Рис. 2. Окно ввода экзогенных параметров для расчета потенциальных экологических и экономических эффектов со-направленного развития электротранспорта и ВИЭ

Потенциальный объем инвестиций пересчитывается в показатель C – установленная мощность объектов ВИЭ (в кВт) по следующим формулам:

$$C = V/50 \text{ в случае фотовольтаики,}$$

$$C = V/65 \text{ в случае ветровой энергетики,}$$

где значения 50 (тыс. руб.) и 65 (тыс. руб.) определяются на основе последних данных результата конкурсного отбора проектов ВИЭ, осуществляемом ежегодно в рамках выполнения постановления Правительства Российской Федерации от 28 мая 2013 года № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности».

На основании введенных данных и с учетом выявленных в проекте закономерностей развития ВИЭ, построенных древовидных моделей полного жизненного цикла транспортных средств, а также данных об экологической эффективности различных видов ВИЭ, традиционных автомобилей и электромобилей, программный модуль производит расчет ожидаемых экологических и экономических эффектов и выводит их в отчетный файл Excel. Расчет ожидаемых экологических эффектов производится по формулам:

$$EF_i = R_Number_EV \cdot [EF_i_Disel - (k \cdot EF_i_EV(PV/WIND) + (1 - k) \cdot EF_i_EV(Trad))],$$

где EF_i – годовой экологический эффект по i -той категории воздействия на окружающую среду;

EF_i_Disel – годовой экологический эффект одного автомобиля на ДВС по i -той категории воздействия на окружающую среду;

$EF_i_EV(PV/WIND)$ – годовой экологический эффект одного электро-мобиля, работающего на возобновляемой электроэнергии, генерируемой объектом фотовольтаики/ветровым парком по i -той категории воздействия на окружающую среду;

$EF_i_EV(Trad)$ – годовой экологический эффект одного электро-мобиля, работающего на обычной электроэнергии, генерируемой тепловой электростанцией по i -той категории воздействия на окружающую среду;

R_Number_EV – реальное количество электромобилей, которые могут заместить автомобили на ДВС.

$$R_Number_EV = k \cdot P_Number_EV,$$

где P_Number_EV – потенциальное количество электромобилей, которое, в свою очередь определяется как $EE/10$.

Область применения полученных результатов

Использование разработанного программного модуля позволит значительно упростить процесс разработки стратегий развития региональных транспортно-энергетических систем, повысит вероятность принятия более взвешенных решений в области развития электромобилей, в том числе и в контексте новой климатической политики России.

Ограничением предложенного подхода является предположение о том, что весь жизненный цикл транспортного средства (как обычного автомобиля на ДВС, так и электро-мобиля), а также весь жизненный цикл электрогенерирующего объекта (обычная газовая электростанция или ветровой парк) реализуется на территории одного региона. В действительности, производственные цепочки создания данных продуктов распределены на большой территории, включающей несколько регионов или даже несколько стран. Поэтому на результаты проведенных расчетов можно ориентироваться как на первое приближение необходимой оценки, которое далее должно уточняться в зависимости от интересующей территории.

Литература

1. Ратнер С.В., Михайлов В.О. Управление развитием энергетических компаний в ситуации технологического разрыва // Управление большими системами. 2012. № 37. – С. 180-207.
2. Ратнер С.В., Михайлов В.О. Стратегическая конкурентоспособность нефтегазовых кластеров в ситуации технологического разрыва // Экономический анализ: теория и практика. 2011. № 34 (241). – С. 2-10.

3. Ратнер С.В., Ушнов В.В. Анализ возможностей реализации концепции открытых инноваций на базе существующих институциональных систем // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2009. Т. 5. № 2 (35). – С. 80-84.
4. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Формирование рынков энергетического машиностроения в Китае и Индии // Вестник УРФУ. Серия «Экономика и управление». 2013. № 3. – С. 52-62.
5. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Моделирование эффектов со-направленного развития автотранспортных технологий и технологий электрогенерации // Друкерровский Вестник. 2017. № 3. – С. 49-59.
6. Chaouachi, A., Bompard, E., Fulli, G., Masera, M., De Gennaro, M., & Paffumi, E. Assessment framework for EV and PV synergies in emerging distribution systems// Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 55. P. 719-728.
7. Hoarau, Q., & Perez, Y. Interactions between electric mobility and photovoltaic generation: A review// Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 94. P. 510-522.
8. Чувыврова А.Е., Иосифов В.В. Интеграция оценки жизненного цикла продукции в методологию управления развитием энергосистемы региона // Друкерровский Вестник. 2019. № 3. – С. 292-303.
9. Global Wind Report 2018. Global Wind Energy Council. Belgium <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf>.
10. Иосифов В.В., Диброва С.С., Подворок И.И. Регулирование негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду с помощью стандартов моторного топлива (на примере Краснодарского края) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11. № 39 (324). – С. 48-60.
11. Зубко Д.В. Характеристика электроэнергетической отрасли Краснодарского края // Бюллетень науки и практики. 2017. № 12 (25). – С. 300-306.
12. Ратнер С.В. Динамические задачи оценки эколого-экономической эффективности регионов на основе базовых моделей анализа среды функционирования // Управление большими системами: сборник трудов. 2017. № 67. – С. 81-106.

Поступила в редакцию

26.02.2020

Иосифов Валерий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры наземного транспорта и механики, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия.

Iosifov Valeriy V. – Candidate of Engineering, Associate Professor, Department of ground transportation and mechanics, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia.

Ратнер Павел Дмитриевич – программист CyberHULL, г. Москва, Россия.
Ratner Pavel D. – programmer, CyberHULL, Moscow, Russia.

Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2
2, Moskovskaya str., Krasnodar, 350072, Russia
e-mail: iosifov_v@mail.ru
e-mail: ratner_p.d@gmail.com