

К.Г. Муратова^{1*} , Б.А. Капсаямов¹ ,
М.Т. Кожиков¹ , О.М. Досжанов² 

¹Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

²Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: muratovak351@gmail.com

ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В СИСТЕМУ ТОРГОВЛИ ВЫБРОСАМИ

В эпоху глобальных климатических вызовов, Казахстан, подобно многим государствам мира, стоит перед необходимостью переосмысления своего подхода к экологической политике. В рамках международных обязательств, в частности Парижского соглашения, наша страна использует различные инструменты регуляции, направленные на сокращение выбросов парниковых газов, ставя перед собой амбициозные, но в то же время реалистичные цели. В контексте этих глобальных усилий Казахстан определил на законодательном уровне ключевые отрасли экономики, которые подлежат регулированию в пределах системы торговли выбросами. В свою очередь, в рамках данного рыночного механизма среди приоритетных сфер, требующих особого внимания и регулирования, выделены лишь энергетика и промышленность. Однако также не менее важными с точки зрения воздействия на изменение климата является сектор транспорта, где потенциал сокращения выбросов также значителен. В связи с этим, учитывая значительный вклад выбросов от мобильных источников в общий объем страновых выбросов парниковых газов и растущей необходимостью достижения глобальных климатических целей, существует насущная потребность в интеграции транспортного сектора в действующие механизмы регулирования выбросов парниковых газов. В данной статье рассмотрены потенциал и перспективы включения транспортного сектора Республики Казахстан в систему торговли выбросами, а именно приведены возможности регулирования выбросов от мобильных источников, представлен подход к оценке, а также выстроена предполагаемая модель их измерения.

Ключевые слова: парниковые газы, диоксид углерода, транспортный сектор, мобильные источники, система торговли выбросами, углеродный рынок.

K.G. Muratova^{1,*}, B.A. Kapsalyamov¹, M.T. Kozhikov¹, O.M. Doszhanov²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National university, Astana, Kazakhstan

²Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: muratovak351@gmail.com

Potential and prospects for integration of the transport sector of the Republic of Kazakhstan into the emissions trading system

In the era of global climate challenges, Kazakhstan, like many countries around the world, faces the necessity of rethinking its approach to environmental policy. As part of international commitments, particularly the Paris Agreement, our country employs various regulatory tools aimed at reducing greenhouse gas emissions, setting ambitious yet realistic goals. In the context of these global efforts, Kazakhstan has identified key economic sectors for regulation within the emissions trading system at the legislative level. Within this market mechanism, priority areas requiring special attention and regulation include only energy and industry. However, the transport sector is also significant in terms of its impact on climate change, where the potential for emission reduction is also considerable. Given the substantial contribution of emissions from mobile sources to the total volume of national greenhouse gas emissions and the growing necessity to achieve global climate goals, there is an urgent need to integrate the transport sector into existing greenhouse gas emission regulatory mechanisms. This article explores the potential and prospects for including the transport sector of the Republic of Kazakhstan in the emissions trading system, specifically presenting the possibilities for regulating emissions from mobile sources, introducing an assessment approach, and constructing a proposed model for their measurement

Key words: greenhouse gases, carbon dioxide, transport sector, mobile sources, emissions trading system, carbon market.

К.Г. Муратова^{1*}, Б.А. Капсалямов¹, М.Т. Кожиков¹, О.М. Досжанов²

¹ А.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

² Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: muratovak351@gmail.com

Қазақстан Республикасының көлік секторын шығарындыларды сату жүйесіне интеграциялаудың әлеуеті мен перспективалары

Жаһандық климаттық сын-тегеуріндер дәуірінде Қазақстан әлемнің көптеген мемлекеттері сияқты, экологиялық саясатқа өзінің көзқарасын қайта қарастыру қажеттілігінің алдында тұр. Халықаралық міндеттемелердің, атап айтқанда Париж келісімінің бөлігі ретінде біздің еліміз парниктік газдар шығарындыларын азайтуға бағытталған әртүрлі реттеу құралдарын пайдаланады. Олардың алдына өршіл, бірақ сонымен бірге нақты мақсаттар қояды. Осы жаһандық күш-жігердің контекстінде Қазақстан заңнамалық деңгейде шығарындыларды сату жүйесі шегінде реттелуге жататын экономиканың негізгі салаларын айқындады. Өз кезегінде, осы нарықтық тетік шеңберінде ерекше назар аударуды және реттеуді қажет ететін басым салалар арасында тек энергетика мен өнеркәсіп бөлінді. Дегенмен, шығарындыларды азайту әлеуеті де маңызды көлік секторы климаттың өзгеруіне әсер ету тұрғысынан бірдей маңызды. Осыған байланысты елдегі парниктік газдар шығарындыларының жалпы көлеміне мобильді көздер шығарындыларының елеулі үлесін және жаһандық климаттық мақсаттарға қол жеткізу қажеттілігінің артуын ескере отырып, көлік секторын қолданыстағы парниктік газдар шығарындыларын реттеу тетіктеріне біріктірудің шұғыл қажеттілігі бар. Бұл мақалада Қазақстан Республикасының көлік секторын шығарындыларды сату жүйесіне енгізудің әлеуеті мен перспективалары қарастырылған, атап айтқанда, мобильді көздерден шығарындыларды реттеу мүмкіндіктері келтірілген, бағалауға көзқарас ұсынылып, сондай-ақ оларды өлшеудің болжамды моделі құрылған

Түйін сөздер: парниктік газдар, көмірқышқыл газы, көлік секторы, мобильді көздер, шығарындыларды сату жүйесі, көміртегі нарығы.

Введение

На сегодняшний день регулирование выбросов парниковых газов (далее – ПГ) является важным шагом в усилиях по сокращению общего объема выбросов и борьбе с изменениями климата, в частности смягчению воздействий, усиливающих глобальное потепление в мире. основополагающим в реализации данного принципа являются рыночные механизмы Киотского протокола, один из которых представляет собой систему торговли выбросами (далее – СТВ) [1]. Данный механизм неизменно рассматривается как наиболее перспективный инструмент для снижения глобальных выбросов ПГ благодаря своим преимуществам – гибкости, экономии средств и эффективности [2].

Проанализируем нормативно-правовые основы, направленные на увеличения сокращений выбросов ПГ. Казахстан, обладая экономикой, которая находится на стадии развития, пока не разработал четкую стратегию в области транспортного сектора. В связи с этим, рассмотрение в рамках данной статьи потенциала и возможностей интеграции транспортного сектора в СТВ является весьма актуальной. Исходя из этого, определена основная цель статьи, заключающаяся в анализе регуляторных возможностей и

оценки выбросов ПГ транспортного сектора на основе предложенного подхода.

СТВ является одним из инструментов регулирования выбросов ПГ, который применяется в различных странах, включая Республику Казахстан (далее – РК). В нашей стране СТВ была введена с целью постепенного снижения воздействия промышленности на климат и стимулирования перехода страны к низкоуглеродной экономике в соответствии с международными обязательствами по борьбе с изменениями климата. Эта система направлена на сокращение общего объема выбросов ПГ на национальном уровне через установление и распределение экономических стимулов для предприятий и организаций, а также куплю и продажу лимитов, то есть квот на общий объем выбросов ПГ участниками системы. Таким образом, СТВ стимулирует компании к сокращению выбросов. Следовательно, это должно привести к развитию зеленых технологий и постепенному переходу к более устойчивым моделям ведения бизнеса.

На сегодняшний день рамках СТВ РК определен перечень видов ПГ, подлежащих регулированию. Это диоксид углерода (CO₂), метан (CH₄), закись азота (N₂O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ) и гидроксид серы (SF₆) [3]. В свою очередь, среди всех видов

ПГ квотированию подлежат диоксид углерода, то есть на данный вид газа устанавливаются соответствующие лимиты выбросов [4], а первые три вида ПГ напрямую регулируются Монреальским соглашением [5].

Стоит отметить, что по действующему на сегодняшний день законодательству в перечень секторов экономической деятельности, подлежащих регулированию выбросов ПГ, отнесены исключительно следующие сектора, такие как, энергетика и промышленность. В сектор промышленности включены нефтегазовая, металлургическая, горнодобывающая, химическая и обрабатывающая отрасли. В свою очередь, согласно Киотскому протоколу в данный перечень секторов, потенциально подлежащих регулированию, также входят обращение с отходами, автотранспорт, сельское и лесное хозяйство, что в рамках СТВ РК является непредусмотренным. Однозначно отсутствие обязательного регулирования выбросов ПГ в прочих секторах, не охваченных законодательством РК в системе может привести к ряду негативных последствий. Исходя из этого необходимость усовершенствования системы является обусловленной. Поэтому, в статье рассмотрены возможности регулирования, представлен подход к оценке, а также предложена модель измерения выбросов ПГ в рамках поставленных задач для определения потенциала и возможностей интеграции транспортного сектора в СТВ РК. Включение выбросов от источников транспортного сектора страны в эту систему позволит установить верхний предел на выбросы и создать экономические стимулы для инноваций и перехода к более экологичным видам транспорта.

Однако следует учесть, что внедрение транспортного сектора в СТВ представляет собой сложный процесс, который требует комплексного подхода и учета множества факторов, связанных с особенностями этой отрасли. Для успешного запуска и функционирования СТВ в транспортной сфере необходимо учитывать следующие аспекты. Во-первых, транспортный сектор включает в себя различные виды транспорта. Каждый из этих подсекторов имеет свои особенности по выбросам ПГ и требует индивидуального подхода к регулированию. Во-вторых, в отличие от стационарных источников, таких как заводы и электростанции, транспортные средства постоянно перемещаются, что создает дополнительные трудности для мониторинга и учета выбросов. Следовательно, необходимо брать во внимание всё вышечисленное.

Раскрывая информацию более детальнее, а именно говоря о мобильных источниках выбросов ПГ, то они включают в себя все передвижные виды транспортных средств. Согласно информации, в разбивке по видам транспорта в данной инфраструктуре, предположено, что в РК значительная доля выбросов ПГ приходится на автомобильный транспорт (81%), включая автобусы, легковые и грузовые автомобили, оставшаяся часть выбросов распределяется между внедорожным (7%), трубопроводным (7%), железнодорожным (4%), авиатранспортом (менее 1%) и водными транспортными средствами (менее 1%) [6].

Как было отмечено, автомобильный транспорт является одним из основных источников выбросов ПГ, а именно диоксида углерода. Это связано с использованием углеродосодержащих видов топлива, в частности бензина, дизельного топлива и сжиженных нефтяных газов (пропана и бутана), которые при сгорании выделяют большое количество CO_2 . Кроме того, автомобили также выделяют метан и закись азота, которые также являются одними из основных видов ПГ. Авиация также является значительным источником выбросов, особенно углекислого газа. Это связано с использованием авиационного керосина, который при сгорании выделяет эти газы. Железнодорожный транспорт, особенно тот, который работает на дизельном топливе, также вносит свой вклад в выбросы ПГ. Водный транспорт, включая суда, работающие на тяжелом топливе, также является источником выбросов двуокиси углерода и других газов. Внедорожные транспортные средства часто работают на дизельном топливе и из-за своих рабочих условий и характеристик могут производить значительные выбросы ПГ, особенно углекислого газа, закиси азота и метана. В свою очередь, трубопроводный транспорт считается одним из наиболее эффективных и экологически чистых способов перевозки энергоносителей на большие расстояния, так как он минимизирует потери в процессе транспортировки и снижает риск случайных разливов. Тем не менее, данный вид транспорта также может приводить к выбросам ПГ, особенно при утечках, а также в процессе эксплуатации компрессорных станций, которые используются для поддержания давления в газопроводах.

Следовательно, изучив воздействие транспортной отрасли с точки зрения усиления парникового эффекта, обоснована потребность в нормативном регулировании транспортного

сектора. Однако стоит отметить, что решение о включении той или иной отрасли в систему регулирования не принимаются абстрактно. Оно базируется на тщательном анализе, который учитывает не только экологические, но и экономические аспекты, стремясь найти баланс между устойчивым развитием и сохранением конкурентоспособности национальной экономики. В результате это наводит к поставленному вопросу исследования в рамках данной статьи, заключающийся в определении ключевых возможностей и условий, необходимых для успешной интеграции транспортного сектора страны в СТВ РК.

При всём этом следует не забывать следующее – ключевая задача СТВ состоит в сокращении выбросов ПГ через применение различных инструментов управления и подходов. В данный момент трудно точно оценить, насколько можно уменьшить выбросы в этой сфере, но ясно, что потенциал для сокращений существует. Это может быть достигнуто путем оптимизации процессов в определенных подсекторах, улучшения логистических систем. Это включает в себя переход на менее углеродоёмкие виды топлива, стимулирование использования электромобилей, которые не выделяют ПГ в случае использования ими при эксплуатации электроэнергии, выработанной за счет возобновляемых источников энергии. Поэтому, процесс интеграции транспортного сектора в СТВ РК расширит спектр возможностей по сокращению выбросов ПГ, что в первую очередь положительно скажется на экологической обстановке в мире.

Материалы и методы

В рамках данной статьи поставлены три основные задачи, первая из которых предусматривает рассмотрение экологически и экономически рентабельных возможностей регулирования выбросов посредством включения транспортного сектора в СТВ РК.

Возможности регулирования выбросов ПГ в стране базируется на определяемом на национальном уровне вкладами РК в глобальное реагирование на изменение климата. В рамках поставленной перед собой страновой безусловной цели в снижении выбросов ПГ на 15% к концу 2030 года относительно уровня выбросов базового 1990 года [7], страной предусмотрены различные инструменты управления в масштабах всей экономики, не исключая транспортный сектор. В свою очередь, достижение данного

целевого показателя возможно через рыночный механизм – СТВ.

Как было отмечено, система квотирования и торговли выбросами – это механизм, который используется для регулирования уровня выбросов ПГ. В рамках такой системы, правительство или другой регулирующий орган устанавливает общий лимит или квоту на количество газов, которые могут быть выброшены за определенный период времени. Этот лимит затем разделяется на индивидуальные «права на выбросы», которые могут быть выданы или проданы компаниям-эмитентам. Компании, которые способны снизить свои выбросы ниже уровня, установленного их квотой, могут продать свой профицит квот другим компаниям, которые не имеют возможности сокращать свои выбросы [8]. Это создает финансовый стимул для снижения выбросов, поскольку компании могут зарабатывать на продаже своих излишков.

В контексте мобильных источников выбросов ПГ, такой подход может быть применён к лицам, эксплуатирующим безэмиссионные транспортные средства, являющимися участниками системы. В свою очередь, предполагается, что участниками системы будут признаны лица, чьи общие годовые выбросы ПГ будут превышать установленный порог, который определится на основе среднего уровня выбросов эмитентов транспортного сектора в стране. Этот порог послужит критерием для включения в систему торговли квотами на выбросы. Предполагается, что данная система будет распространяться, в частности, на ведущие структуры среди транспортного сектора.

На основе этого владельцы безэмиссионных транспортных средств в рамках вспомогательного инструмента регулирования выбросов смогут получать единицы сокращения, соответствующие количеству ПГ, которые их транспортные средства могли бы произвести, если бы они использовали традиционные виды топлива. Таким образом, эти участники будут способны получить офсетные единицы за предотвращение потенциальных выбросов. В данном случае под углеродным офсетом подразумевается сокращение выбросов или увеличение их поглощения [9]. Такой подход будет поощрять использование безэмиссионных транспортных средств и поддерживать развитие чистых технологий, в то же время предоставляя гибкий механизм для регулирования выбросов ПГ от транспортного сектора. Это также создаст экономические стимулы для снижения выбросов и

способствует переходу к более устойчивым моделям транспорта.

Следует обратить внимание, что законодательством РК предусмотрена аналогичная система для выбросов ПГ от стационарных источников, которая реализуется через проекты углеродных офсетов [9]. Главная задача проектов углеродных офсетов – компенсация выбросов углекислого газа путем финансирования или реализации проектов, которые снижают или удаляют эти газы из атмосферы в другом месте. Однако важно отметить, что эффективность такой системы зависит от многих факторов, включая уровень установленного лимита, правил распределения квот, возможностей мониторинга и проверки уровня выбросов, а также от наличия достаточного количества участников для создания конкурентного рынка.

В свою очередь, для обеспечения справедливого подхода к регулированию выбросов, в рамках СТВ РК предлагается внедрение инструмента, предусматривающего установление углеродного налога. Этот налог будет применяться к операторам, чьи выбросы не достигают порога, установленного для обязательного участия в СТВ, но все же вносят вклад в общий объем выбросов ПГ. Углеродный налог будет направлен на стимулирование всех участников транспортного сектора к снижению своих выбросов, вне зависимости от их текущего уровня. Это позволит создать экономический стимул для внедрения более чистых технологий и практик даже для тех, кто не подпадает под обязательные требования, предусмотренные СТВ РК.

Функционирование углеродного налогообложения будет предусмотрено процессом декларирования. Учитывая, что задача регулирования выбросов ПГ в транспортной отрасли, неохваченной системой будет являться особенно сложной из-за многообразия транспортных средств, их технических особенностей, различных условий эксплуатации и широкого спектра используемых видов топлива, декларирование представится как целесообразный инструмент. Этот подход позволит обеспечить более гибкое и адаптированное регулирование, способствуя эффективному контролю и снижению воздействия транспортного сектора на климат.

Для упрощения процесса регулирования и повышения его эффективности декларирование выбросов ПГ может быть организовано на основе разработанной базы данных по видам транспорта, используемому топливу и соответствующим коэффициентам выбросов. Это позволит

стандартизировать процесс и сделать его более управляемым. Тем самым, в рамках этого инструмента регулирования ключевая идея будет заключаться в создании системы, которая позволит контролировать выбросы парниковых газов на уровне конечного потребителя. Наряду с этим стимулируя потребителей к использованию более экологически чистых видов транспорта. Таким образом, углеродный налог дополнит СТВ, расширяя воздействие политики в области климата на более широкий круг участников и поддерживая общие усилия по сокращению выбросов ПГ на национальном уровне.

В целом, в ходе рассмотрения возможностей регулирования выбросов ПГ необходимо учитывать общую глобальную цель, которая предусматривает собой ограничение глобального потепления в рамках 1,5 градусов Цельсия [10]. Соответственно, в ходе принятия на себя обязательств на уровне развитых стран РК объявила о своем намерении внести положительный вклад в содействие мерам, способствующим предотвращению негативного воздействия на климат [11]. То есть, являясь участником Рамочной Конвенции по изменению климата, Казахстаном, как и всеми заинтересованными странами необходимо реализовывать меры для достижения общемировой цели в пределах доступных возможностей [12]. Одной из них является система торговли выбросами [13]. А усовершенствование данной системы однозначно способствует повышению потенциала минимизации воздействий на климат.

В свою очередь, рассматриваемое в данной статье предложение предусматривает собой комплексный подход, а именно шаги, требующие тщательной подготовки. Давайте же рассмотрим их более детально. Первое, эффективная интеграция мобильных источников в СТВ начинается с создания надежной методологии учета выбросов от транспортного сектора. Это включает в себя определение методологии измерения, согласованной с международными стандартами в рамках специфики Казахстана. Второй важной составляющей внедрения рассматриваемого сектора в СТВ РК является разработка и интеграция надежной системы мониторинга, отчетности и верификации (MRV), которая позволит точно отслеживать выбросы от мобильных источников и гарантировать соблюдение установленных критериев соответствия. Третьим шагом является включение мобильных источников в уже существующую инфраструктуру СТВ, что может потребовать изменений в

законодательстве и адаптации рыночных механизмов. На финальном этапе необходимо непосредственное установление квот на выбросы от мобильных источников.

В рамках второй рассматриваемой задачи данной статьи подход к оценке выбросов ПГ представляет собой метод, основанный на измерениях, то есть расчетный метод.

Методология, которая была выбрана для оценки выбросов, основывается на руководящих принципах национальных инвентаризаций [14]. Данный подход предусматривает собой наличие следующих показателей, необходимых для оценки, а именно удельный расход потребления того или иного вида топлива подкатегориями дорожного транспорта, а также коэффициенты низшей теплоты сгорания, окисления топлива и удельные коэффициенты выбросов по виду ПГ.

Разберём же каждый показатель более детально. Объем потребления топлива предусматривает собой удельные данные о количестве потребленного топлива по каждому виду (в рамках данной статьи – бензин, дизельное, сжиженные нефтяные газы, включая пропан и бутан) за определенный период времени. Стандартные коэффициенты выбросов для каждого типа топлива показывают количество выбросов ПГ на единицу потребленного топлива. В рамках построения данной модели расчетов использованы усредненные значения, а именно тонны CO_2 на тонну топлива в связи с применением подхода к оценке в рамках международной методологии. Также данные об энергетической ценности каждого типа топлива, использованы для пересчета объемов топлива в энергию и дальнейшего расчета выбросов. В качестве учета возможных дополнительных факторов необходимо отметить сведения по окислению топлива, но в рамках данной модели эти значения принято условным.

В целом, оценить объемы выбросов ПГ можно на трех различных уровнях детализации, исходя из доступности и полноты информации. Чем больше данных доступно о технологиях сжигания используемого топлива, тем более точной и высокой может быть оценка выбросов. Ввиду того, что оценка основана на усредненных данных, определенных методическими указаниями, данный подход к оценке предусматривается первым уровнем. Это означает, что принятые показатели являются значениями «по умолчанию» [15, 16].

Расчет выбросов CO_2 по топливному подходу включает в себя последующие этапы. Первым является определение общего количества

потребленного топлива каждого типа за год. Далее следует умножение объема потребленного топлива на соответствующие показатели коэффициентов для каждого типа топлива согласно применяемой методологии расчета. На финальном этапе оценка включает в себя суммирование полученных значений выбросов от всех видов топлива для получения общего количества выбросов ПГ по транспортному сектору (в данном случае – подкатегории дорожного транспорта).

В рассматриваемой модели расчеты выбросов CO_2 произведены следующим образом:

$$M_{\text{CO}_2} = m * k_{\text{нтс}} * k_{\text{окис.}} * k_{\text{эм}}, \quad (1)$$

где:

M_{CO_2} – выбросы диоксида углерода, тCO_2 в год;

m – количество потребленного топлива, тонн в год;

$k_{\text{нтс}}$ – низшая теплота сгорания (НТС) топлива, ТДж/тонн . Значения НТС приняты «по умолчанию», для бензина – $0,0443 \text{ ТДж/тонн}$, дизельного топлива – $0,043 \text{ ТДж/тонн}$, пропана и бутана (нефтяных сжиженных газов) – $0,0473 \text{ ТДж/тонн}$;

$k_{\text{окис.}}$ – коэффициент окисления топлива. Значения коэффициента окисления топлива приняты «по умолчанию», равным 1;

$k_{\text{эм}}$ – коэффициент выбросов диоксида углерода, тонн/ТДж . Значения коэффициентов выбросов CO_2 приняты «по умолчанию», для бензина – $69,3 \text{ тонн/ТДж}$, дизельного топлива – $74,1 \text{ тонн/ТДж}$, пропана и бутана (нефтяных сжиженных газов) – $63,1 \text{ тонн/ТДж}$.

В соответствии с предложенным подходом к оценке в границах данной статьи предложена следующая модель измерения выбросов ПГ от мобильных источников, а именно от дорожных транспортных средств, общий вклад которых находится в пределах высоких показателей. Временные границы, подлежащие оценке – 2023 год.

В ходе проведения оценки выбросов учтены следующие виды транспортных средств, входящие в категорию дорожного транспорта, а именно легковые, грузовые автомобили и автобусы. Доля распределения видов дорожных транспортных средств между собой представлена следующими показателями – $87,9\%$, $9,9\%$ и $2,07\%$ соответственно [17], из которых общая доля электромобилей составляет $0,021\%$ [18]. Согласно представленной существенности между подкатегориями в категории дорожных транс-

портных средств проведены расчеты выбросов двуокиси углерода согласно подходу, который предусматривает оценку выбросов ПГ на основе данных общего количества потребленного топлива по каждому используемому виду. Важно подчеркнуть, что учет выбросов ПГ осуществлен преимущественно для двуокиси углерода, при этом квотирование в РК применяется именно к этому газу.

В качестве данных по показателям общего объема потребления топлива были приняты значения из статистических данных РК. В соответствии с этим определено, что для функционирования мобильного транспорта, наиболее часто используемым видом топлива является – бензин. Также помимо бензина транспортными средствами расходуются дизельное топливо и сжиженные нефтяные газы (пропан и бутан). На долю автопарка, использующих природный газ и смешанные виды топлива приходится около 2% от общего объема [19].

Результаты и обсуждение

В соответствии с третьей поставленной в рамках данной статьи задачей с учетом потенциала использования того или иного вида топлива в стране проведена оценка выбросов и выстроена модель их измерения. Потенциал использования представлен следующими показателями. Годовой топливо-энергетический баланс, выраженный в натуральном эквиваленте равен 7,855 тыс. тонн. Потребление бензина дорожными транспортными средствами составляет 5,172 тыс. тонн (65,84%), дизельного топлива – 2,25 тыс. тонн (28,6%) и сжиженного нефтяного газа – 275 тыс. тонн (3,5%), что в общей сложности является 98% от общего количества всего сожженного топлива в данной подкатегории транспортного сектора [19].

Показатели по выбросам, определенные расчетным методом представлены ниже. Стоит отметить, что выбросы парниковых газов от сжигания топлива в процессе эксплуатации транспортных средств, в частности автодорожным транспортом представлены по наиболее существенным видам топлива с точки зрения их применения.

Расчет выбросов CO₂ от сжигания бензина:

$$M_{\text{ПГ,CO}_2} = 5\,172\,100 \text{ т} * 0,0443 \text{ ТДж/т} * 1 * 69,3 \text{ тCO}_2/\text{ТДж} = 15\,878\,295,3 \text{ тCO}_2 \quad (2)$$

Расчет выбросов CO₂ от сжигания дизельного топлива:

$$M_{\text{ПГ,CO}_2} = 2\,349\,900 \text{ ТДж} * 0,043 \text{ ТДж/т} * 1 * 74,1 \text{ тCO}_2/\text{ТДж} = 7\,487\,486,4 \text{ тCO}_2 \quad (3)$$

Расчет выбросов CO₂ от сжигания пропана и бутана:

$$M_{\text{ПГ,CO}_2} = 274\,500 \text{ ТДж} * 0,0473 \text{ ТДж/т} * 1 * 63,1 \text{ тCO}_2/\text{ТДж} = 819\,280,9 \text{ тCO}_2 \quad (4)$$

В таблице 1 приведены соответствующие значения на основе представленных показателей по полученным выбросам CO₂.

На основе определенных показателей по выбросам можно сделать следующие выводы (Рисунок 1).

Выбросы CO₂ в категории дорожного автотранспорта в разрезе по видам используемого топлива:

1. Выбросы CO₂ от сжигания бензина составляют 15 878 295,3 тонн. Это наибольший объем выбросов среди рассмотренных видов топлива;

2. Выбросы CO₂ от сжигания дизельного топлива составляют 7 487 486,4 тонн. Это второй по величине источник выбросов среди рассмотренных;

3. Выбросы CO₂ от сжигания пропана и бутана составляют 819 280,9 тонн. Это наименьший объем выбросов среди приведенных видов топлива.

В общей сложности выбросы CO₂ от сжигания этих трех наиболее материальных видов топлива составляют примерно 24 185 062,6 тонн CO₂.

На основе анализа общего объема выбросов ПГ от транспортного сектора страны, предложена модель для сравнения удельных выбросов от транспортных средств. Согласно приведенным расчетам, в среднем на каждую единицу транспорта приходится 3,1 тонны выбросов CO₂ на год за счет сжигания одной тонны соответствующего вида топлива. Это означает, что при полном сгорании одной тонны топлива, транспортное средство в среднем генерирует 3,1 тонны углекислого газа, внося свой отрицательный вклад в общий объем ПГ, выбрасываемых в атмосферу. Данная модель предоставляет ценную информацию для оценки воздействия транспортного сектора на климат и подчеркивает важность включения данного сектора в СТВ РК.

Таблица 1 – Количественные показатели, основанные на измерениях выбросов CO₂

Категория транспортного сектора	Подкатегории транспортного сектора	Вид потребленного топлива	Количество потребленного топлива, тонн в год	Выбросы парниковых газов входе эксплуатации транспортных средств, тонн CO ₂ в год	Удельные показатели выбросов на тонну сожжённого топлива, тонн, тонн CO ₂ в год на единицу
Дорожный транспорт	Легковые автомобили	Бензин	4 548 599,5	13 964 155	3,1
		Дизельное топливо	2 066 617,8	6 584 864,3	3,2
		Сжиженные нефтяные газы (пропан и бутан)	241 408,8	720 516	3
	Грузовые автомобили	Бензин	516 197,3	1 584 720,6	3,1
		Дизельное топливо	234 529,9	747 282,6	3,2
		Сжиженные нефтяные газы (пропан и бутан)	27 396,3	81 767,7	3
	Автобусы	Бензин	107 303,2	329 419,6	3,1
		Дизельное топливо	48 752,3	155 339,4	3,2
		Сжиженные нефтяные газы (пропан и бутан)	5 694,9	16 997,2	3

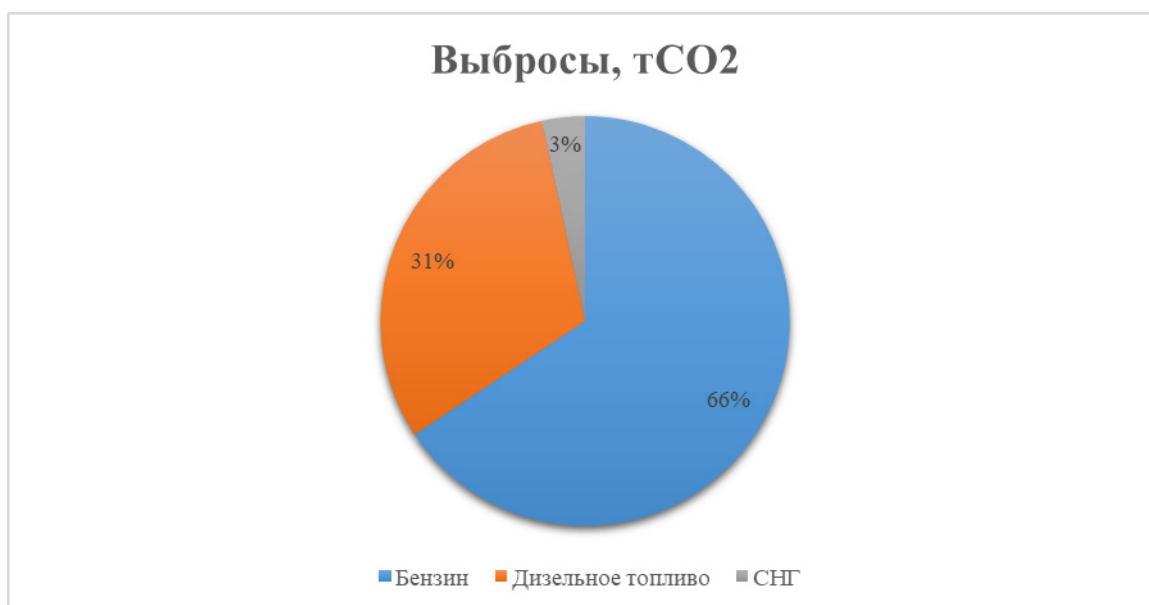


Рисунок 1 – Соотношение выбросов CO₂ по видам потребленного топлива

К тому же, необходимо отметить, что выбросы диоксида углерода от сжигания бензина, дизельного топлива и сжиженных нефтяных газов составляют 98% всех выбросов дорожного

транспорта. Это связано с тем, что эти виды топлива являются наиболее часто используемыми значительной долей всего транспорта в данной категории. В то же время, выбросы дорожного

транспорта составляют 81% от всех выбросов мобильных источников в стране согласно вышеприведенным сведениям по составу транспортного парка страны. Это подчеркивает ключевую роль дорожного транспорта в общем объеме выбросов ПГ от мобильных источников.

В контексте включения этих выбросов в СТВ РК эти данные подчеркивают значительный потенциал для регулирования и снижения выбросов ПГ. В случае, если интеграция транспортного сектора в СТВ РК успешно реализуется, это поспособствует стимулированию усилий по снижению выбросов ПГ от дорожного транспорта, поскольку участники рынка будут мотивированы снижать свои выбросы ввиду экономических выгод. В то же время, это сможет поспособствовать повышению эффективности использования топлива и внедрению более чистых технологий в транспортном секторе. В общем, включение этих выбросов в СТВ РК сыграет важную роль в стратегии страны по снижению общего объема выбросов ПГ в целях достижения углеродной нейтральности до 2060 года [20].

Заключение

В заключение важно отметить, что включение транспортного сектора РК в СТВ имеет значительный потенциал и перспективы для стимулирования сокращения выбросов ПГ и устойчивого развития транспортной инфраструктуры. Это также сможет поспособствовать укреплению экономической конкурентоспособности страны за счет инвестиций в экологически чистые технологии и развитие зеленых инноваций.

В рамках рассмотрения потенциала и перспектив интеграции транспортного сектора в существующую СТВ РК можно сделать следующие заключения.

Прежде всего, с точки зрения борьбы с изменением климата, данная мера позволит снизить отрицательное влияние ПГ на окружающую среду, в частности, на глобальное потепление, через применение различных инструментов управления, направленных на сокращение выбросов за счёт регулирования транспортного сектора. В рамках данного исследования, помимо установления лимитов для участников системы, предложено внедрение системы углеродного декларирования и реализации проектов сокращения, также известных как проекты углеродных офсетов. Эти меры представляют собой эффективные

инструменты для снижения выбросов ПГ и борьбы с изменением климата. Углеродное декларирование позволит каждому участнику экономики осознавать и контролировать свой углеродный след, что поспособствует более ответственному потреблению, поскольку участники станут более осведомлёнными о своём влиянии на окружающую среду. В то же время, углеродные офсеты предлагают возможность компенсации выбросов путём инвестирования в проекты, которые снижают или удаляют двуокись углерода из атмосферы. Вместе эти инструменты, а также интеграция транспортного сектора в СТВ РК, сыграют ключевую роль в переходе к более устойчивой и низкоуглеродной экономике. Они также поспособствуют достижению целей Парижского соглашения и усилий по сокращению выбросов ПГ на глобальном уровне. Однако для их успешного внедрения потребуются сотрудничество всех заинтересованных сторон, включая государственные органы, бизнес и гражданское общество.

Кроме того, в рамках данной статьи предложен подход к оценке выбросов ПГ транспортного сектора, который является важным шагом на пути к пониманию и управлению экологическим воздействием транспорта в стране. Таким образом, хотя предложенный подход к оценке выбросов ПГ транспортного сектора является значительным вкладом в управление климатическими возможностями и рисками, его реализация потребует дальнейших корректировок, уточнений, продолжающейся оценки, адаптации и улучшений, чтобы отвечать текущим особенностям и будущим потребностям. Но тем не менее, предполагается, что предложенный подход поспособствует проведению дальнейшей подлежащей оценке выбросов ПГ транспортного сектора нашей страны. В свою очередь, такая оценка позволит сформировать реестр показателей, необходимых для функционирования инструментов углеродного регулирования, предусмотренных в рамках СТВ РК.

К тому же, в данной статье на основе предложенного подхода к оценке выстроена модель измерения и приведены соответствующие показатели по выбросам ПГ в границах наиболее существенной категории транспортного сектора. Приведенные показатели по выбросам ПГ наиболее материальной категории транспортной отрасли могут быть применены для проведения общей оценки потенциала снижения воздействия выбросов ПГ на изменение климата, а именно на глобальное потепление.

В совокупности статья предлагает стратегический подход к адаптации транспортного сектора в существующую СТВ РК путём оценки и управления, который поспособствует сокращению влияния выбросов ПГ на климат. Подход и соответствующая модель измерения потребует дальнейшей модификации, но уже сейчас предоставляет основу для измерения и контроля ключевых категорий выбросов, что является важным шагом в переходе к устойчивому развитию транспортного сектора страны.

В итоге путь Республики Казахстан к экологически устойчивому будущему будет требовать не только технологических инноваций,

но и политической воли, а также готовности общества к изменениям. Взяв на вооружение лучшие практики мирового сообщества и адаптировав их к своим уникальным условиям, Казахстан может стать примером успешной интеграции транспортного сектора в общенациональные усилия по борьбе с климатическими изменениями.

Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов, а также любой формы финансирования и поддержки.

Литература

1. Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change // UN. – 1998.
2. Naohan Wang, Ling Li, Kaitong Yang, Zhifu Mi. Quantitative models in emission trading system research: A literature review Author links open overlay panel // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Volume 132 (October). – P. 2. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110052>
3. Кодекс № 400-VI ЗРК Республики Казахстан. Экологический кодекс Республики Казахстан // 2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
4. Приказ № 91 Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Об утверждении Правил государственного регулирования в сфере выбросов и поглощений парниковых газов // 2022. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200027301>
5. The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer // UNDP. – 1987.
6. Национальный доклад Республики Казахстан о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. – Астана, 2024. – С. 118.
7. Постановление № 313 Правительства Республики Казахстан. Об утверждении обновленного национального вклада Республики Казахстан в глобальное реагирование на изменение климата // 2023. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000313>
8. Приказ № 221 и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Об утверждении Правил торговли углеродными единицами // 2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023719>
9. Приказ № 455 и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики. Об утверждении Правил одобрения углеродного офсета и предоставления офсетных единиц // 2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025074>
10. Закон № 20-VI ЗРК Республики Казахстан. О ратификации Парижского соглашения // 2016. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000020>
11. Report of the Conference of the Parties on the second part of its sixth session, held at Bonn from 16 to 27 July 2001 // UNDP. – 2001.
12. Указ № 2260 Президента Республики Казахстан. О ратификации Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // 1995. https://adilet.zan.kz/rus/docs/U950002260_
13. Система торговли выбросами: международный опыт и Казахстан. – Астана, 2014. – С. 58.
14. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories // 2006. – Vol.2 Energy, Chapter 3 «Mobile Combustion».
15. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories // 2006. – Vol.2 Energy, Chapter 1 «Introduction».
16. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories // 2006. – Vol.2 Energy, Chapter 2 «Stationary Combustion».
17. Данные о доли распределения различных видов транспортных средств в категории дорожного автотранспорта // 2023. (дата обращения: 16.10.2023) – URL: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/kolichestvo-avtomobiley-podschitali-v-kazahstane-513633/
18. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, Состав парка дорожных механических транспортных средств в разбивке по видам используемого топлива // 2024. – URL: https://stat.gov.kz/ru/ecologic-indicators/28433/composition_of_road_motor_vehicle_fleet_by_fuel_type/
19. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан // 2024. (дата обращения: 01.08.2024) – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-energy/publications/183439/>
20. Указ № 121 Президента Республики Казахстан. Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года // 2023. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>

References

1. Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change UN, (1998).
2. Haohan Wang, Ling Li, Kaitong Yang, Zhifu Mi. "Quantitative models in emission trading system research: A literature review Author links open overlay panel." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 132 (2), (2020): 1-32. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110052>.
3. Kodeks Respubliki Kazahstan № 400-VI ZRK ot 2 janvarja 2021 goda "Jekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan" [The Code of the Republic of Kazakhstan No. 400-VI ZRK dated January 2, 2021 "Ecological code of the Republic of Kazakhstan"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K210000400> (accessed 02.01.2021). (In Russian)
4. Prikaz Ministra jekologii, geologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan № 91 ot 28 marta 2022 goda "Ob utverzhdenii Pravil gosudarstvennogo regulirovanija v sfere vybrosov i pogloshhenij parnikovyh gazov" [Order of the Acting Minister of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan No.91 dated March 28, 2022 "On approval of the Rules of State Regulation in the field of greenhouse gas emissions and removals"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200027301> (accessed 28.03.2022). (In Russian)
5. The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer UNDP, (1987).
6. Ministerstvo jekologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan, Zhasy Damu "Nacional'nyj doklad Respubliki Kazahstan o kadastre antropogennyh vybrosov iz istochnikov i absorbcii poglotiteljami parnikovyh gazov, ne reguliruemyh Monreal'skim protokolom" [Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, Zhasy Damu "National report of the Republic of Kazakhstan on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not regulated by the Montreal Protocol"]. Astana, (2024): 118 (In Russian)
7. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan № 313 ot 19 aprelja 2023 goda "Ob utverzhdenii obnovlennogo nacional'nogo vklada Respubliki Kazahstan v global'noe reagirovanie na izmenenie klimata" [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 313 dated April 19, 2023 "On approval of the updated national contribution of the Republic of Kazakhstan to the global response to climate change"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000313> (accessed 19.04.2023). (In Russian)
8. Prikaz i.o. Ministra jekologii, geologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan № 221 ot 29 ijunja 2021 goda "Ob utverzhdenii Pravil trgovli uglernodnymi edinicami" [Order of the Acting Minister of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan No. 221 dated June 29, 2021 "On the approval of the Rules of Trade in carbon units"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023719> (accessed 29.06.2021). (In Russian)
9. Prikaz i.o. Ministra jekologii, geologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan № 455 ot 5 nojabrja 2021 goda "Ob utverzhdenii Pravil odobrenija uglernodnogo ofseta i predostavlenija ofsetnyh edinic" [Order of the Acting Minister of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan No. 455 dated November 5, 2021 "On the approval of the Rules for the approval of Carbon offset and the provision of offset units"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025074> (accessed 05.11.2021). (In Russian)
10. Zakon Respubliki Kazahstan № 20-VI ZRK ot 4 nojabrja 2016 goda "O ratifikacii Parizhskogo soglashenija" [Law of the Republic of Kazakhstan No. 20-VI ZRK dated November 4, 2016 "On the ratification of the Paris Agreement"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z160000020> (accessed 04.11.2016). (In Russian)
11. Report of the Conference of the Parties on the second part of its sixth session, held at Bonn from 16 to 27 July 2001 UNDP, (2001).
12. Ukaz Ppezidenta Respubliki Kazahstan ot 4 maja 1995 g. № 2260 "O ratifikacii ramochnoj Konvencii Opganizacii Obedinennyh Nacij ob izmenenii klimata" [Decree of the President of the Republic of Kazakhstan No. 2260 dated May 4, 1995 "On the ratification of the United Nations Framework Convention on Climate Change"], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U950002260> (accessed 04.05.1995). (In Russian)
13. Green Academy "Sistema trgovli vybrosami: mezhdunarodnyj opyt i Kazahstan" [Green Academy "Emissions trading system: international experience and Kazakhstan"]. Astana, (2014): 58 (In Russian)
14. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, Vol.2 Energy, Chapter 3 « Mobile Combustion», (2006).
15. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, Vol.2 Energy, Chapter 1 « Introduction», (2006).
16. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, Vol.2 Energy, Chapter 2 «Stationary Combustion», (2006).
17. Dannye o doli raspredelenija razlichnyh vidov transportnyh sredstv v kategorii dorozhnogo avtotransporta [Data on the share of distribution of different types of vehicles in the category of road vehicles] (2023). URL: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/kolichestvo-avtomobiley-podschitali-v-kazahstane-513633/ (accessed 16.10.2023). (In Russian)
18. Bjuro nacional'noj statistiki Agentstva po strategicheskemu planirovaniju i reformam Respubliki Kazahstan, Sostav parka dorozhnyh mehanicheskijh transportnyh sredstv v razbivke po vidam ispol'zuemogo topliva [Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan, Composition of the fleet of road motor vehicles by type of fuel used] (2024). URL: https://stat.gov.kz/ru/ecologic-indicators/28433/composition_of_road_motor_vehicle_fleet_by_fuel_type/ (In Russian)
19. Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan, Fuel and Energy Balance of the Republic of Kazakhstan [Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan, Fuel and Energy Balance of the Republic of Kazakhstan] (2024). URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-energy/publications/183439/> (accessed 01.08.2024) (In Russian)

20. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazahstan № 121 ot 2 fevralja 2023 goda “Ob utverzhenii Strategii dostizhenija uglerodnoj nejtral’nosti Respubliki Kazahstan do 2060 goda” [Decree of the President of the Republic of Kazakhstan No. 121 dated February 2, 2023 “On approval of the Strategy for achieving Carbon Neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060”], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> (accessed 02.02.2023). (In Russian)

Информация об авторах:

Муратова Карина Гиниятовна (корреспондент-автор) – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің жаратылыстану ғылымдары факультеті “Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг” кафедрасының магистранты (Астана, Қазақстан, e-mail: muratovak351@gmail.com)

Капсәліямов Бауыржан Ауесханович – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің жаратылыстану ғылымдары факультеті “Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг” кафедрасының техника ғылымдарының докторы, профессор (Астана, Қазақстан, e-mail: kapsalyamov_ba@enu.kz)

Кожиков Марат Талғатович – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің жаратылыстану ғылымдары факультеті “Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг” кафедрасының докторанты (Астана, Қазақстан, e-mail: new.kozhikov@gmail.com)

Досжанов Оспан Маткаримович – Алматы Технологиялық университетінің инжиниринг және ақпараттық технологиялар факультеті “Автоматизация және робототехника” кафедрасының техника ғылымдарының кандидаты, доцент (Алматы, Қазақстан, e-mail: ospan.doszhanov@mail.ru)

Information about the authors:

Muratova Karina Giniyatovna, postgraduate student of the department “Environmental Management and Engineering” faculty of natural sciences of the Eurasian National university named after L.N. Gumilyov (Astana, Kazakhstan, e-mail: muratovak351@gmail.com)

Kapsalyamov Bauyrzhan Aueskhanovich, doctor of technical sciences, professor of the department “Environmental Management and Engineering” faculty of natural sciences of the Eurasian National university named after L.N. Gumilyov (Astana, Kazakhstan, e-mail: kapsalyamov_ba@enu.kz)

Kozhikov Marat Talgatovich, PhD student of the department “Environmental Management and Engineering” faculty of natural sciences of the Eurasian National university named after L.N. Gumilyov (Astana, Kazakhstan, e-mail: new.kozhikov@gmail.com)

Doszhanov Ospan Matkarimovich, candidate of technical sciences, associate Professor of the department of automation and robotics, faculty of engineering and information technology, Almaty Technological university (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ospan.doszhanov@mail.ru)

Поступила 15 сентября 2024 года

Принята 26 декабря 2024 года