

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктора философии» (PhD) по специальности 6D070300 – «Информационные системы (по отраслям)»

АДИКАНОВА САЛТАНАТ

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ АВТОТРАНСПОРТОМ

По направлению государственной программы «Цифровой Казахстан», утвержденной Правительством Республики Казахстан (РК) №827 от 12 декабря 2017 года, происходит ускорение темпов развития экономики республики и улучшение качества жизни населения за счет использования цифровых технологий в среднесрочной перспективе, а также создаются условия для перехода экономики Казахстана на принципиально новую траекторию развития. Это позволит обеспечить создание цифровой экономики будущего в долгосрочной перспективе, важным элементом которой становятся автоматизированные средства осуществления мониторинга загрязнения атмосферы.

Актуальность данной проблемы обусловлена действием Экологического кодекса Республики Казахстан (от 9 января 2007 года № 212), который определяет государственные меры по устойчивому экологическому развитию страны. Кодекс предполагает мониторинг как комплексную систему наблюдений за состоянием окружающей среды, природных ресурсов, в целях оценки, прогноза и контроля изменений их состояния под воздействием природных и антропогенных факторов.

В статье 141 предполагается осуществление наблюдений за состоянием загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах Республики Казахстан уполномоченными органом в области охраны окружающей среды.

Ежегодный объем атмосферных загрязнений, производимых в Казахстане, колеблется в пределах 5-7 миллионов тонн, из которых на долю транспортного сектора (в основном, автомобильного транспорта) приходится более трети. По данным национальных природоохранных органов, практически все областные и крупные промышленные центры республики имеют повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха.

Примеси вредных веществ в атмосфере и особенности их пространственно-временного распределения являются основой для объективной оценки состояния и тенденций изменения загрязнения воздушного бассейна. В связи с этим необходима разработка мероприятий, предусматривающих обеспечение чистоты атмосферы с целью нормирования

вредных выбросов в атмосфере. Результаты исследований должны учитываться при проектировании размещения предприятий и жилых массивов и при установлении предельно допустимых выбросов в атмосферу.

В городах наблюдается высокий уровень загрязнения воздуха, что, безусловно, связано с выбросами углекислого газа от сжигания топлива в транспортном секторе. На сегодняшний день в городах Алматы, Караганда, Усть-Каменогорск и Шымкент наблюдается сильное загрязнение воздушной среды, причем около 80-90% вредных выбросов в атмосферу приходится на долю автомобильного транспорта. Появляется необходимость принятия кардинальных мер по контролю и снижению выбросов в атмосферу вредных веществ автотранспортных средств.

В связи с вводом норм на выбросы вредных веществ автотранспортом и переходом на стандарты Евро-4 и Евро-5 согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», ожидается ужесточение методов контроля за выбросами вредных веществ от автомобильного транспорта.

Научные исследования в области охраны окружающей среды в Республике Казахстан являются одним из элементов эффективности деятельности государства по определению путей устойчивого развития страны, которое подразумевает проведение разработок экологического мониторинга, а также развитие информационных технологий в целях государственного управления в области охраны окружающей среды. *(Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года был утвержден Указом Президента Республики Казахстан № 636 от 15 февраля 2018 года).*

В современной науке прослеживается тенденция давать характеристику загрязнения атмосферы с позиции метеорологических величин. Безусловно, создание программных приложений по мониторингу загрязнения атмосферы, интерпретирующих результаты численного анализа расчетов количества выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств, непосредственно связано с метеорологическими задачами. Проведение мероприятий, улучшающих экологическую обстановку и нормирующих количество вредных выбросов в атмосферу, установление предельно допустимых норм выброса, в обязательном порядке должно учитывать условия рассеивания вредных выбросов в атмосфере, что является важным фактором при планировании размещения предприятий и жилых массивов.

Отделы градостроительных предприятий, которые имеют большое количество автотранспортных средств, автоматизируют деятельность автотранспорта, целью которой является мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В основе данного мониторинга лежит расчет количества загрязняющих веществ, прогнозирование выбросов и разработка рекомендаций по проведению мероприятий по улучшению экологической среды. Автомобилизация страны затрагивает научно-технические, экономические, социальные и экологические проблемы.

Современная автомобилизация общества обладает рядом положительных и отрицательных явлений. Так, негативная сторона автомобилизации проявляется в нанесении ущерба природе и обществу как непосредственно, так и в виде нерационального расходования ресурсов. Следовательно, необходимо проводить мероприятия по сокращению выбросов вредных веществ в атмосферном воздухе города.

Все выбросы веществ от производственной деятельности человека сосредоточены в пограничном слое атмосферы, где энергия в виде тепла и влаги передается от подстилающей поверхности в атмосферу и обратно. Именно поэтому значение структуры пограничного слоя служит основой для установления способности атмосферы очищаться от вредных примесей.

Структура этого слоя крайне сложная. Разнообразие характеристик подстилающей поверхности (различие в шероховатости, альbedo, форме рельефа) и атмосферных условий приводят к большой изменчивости условий на границах этих сред; большое значение имеет и вращение земли. При математическом моделировании все эти факторы невозможно учесть в рамках одной модели, так как воздушные потоки в граничном слое атмосферы почти всегда турбулентны. Турбулентность оказывается главным источником трудностей при изучении пограничного слоя атмосферы, но она облегчает перенос тепла, количества движения различных примесей, загрязняющих воздух.

Накоплен многолетний опыт по изучению загрязнения атмосферы, проведены серии натурных экспериментов по контролю распространения примесей, получены основные их закономерности переноса и осаждения. Проведение природоохранных мероприятий выдвигает повышенные требования к точности моделей, предназначенных для расчета распространения примесей в атмосфере. Методика расчета рассеяния примеси в основном пригодна для условий термически однородного и ровного рельефа. Однако значительное количество промышленных объектов размещаются на побережье водоемов или в холмистых местностях. В таких случаях использование кинематических моделей, где компоненты скорости ветра и другие метеорологические характеристики предполагаются заданными, приводит к большим погрешностям рассеяния примесей в атмосфере. Поэтому вполне понятен возникающий интерес к изучению процесса переноса и рассеяния примесей с помощью гидродинамических моделей, более детально описывающих физические процессы.

В данной диссертационной работе было предложено использовать вероятностно-статистический подход для моделирования распространения вредных примесей в атмосфере от автотранспортных средств на примере города Усть-Каменогорска.

Использование упрощенной методики вероятностно-стохастического моделирования позволяет построить эффективные численные алгоритмы расчета, существенно сокращающие объем вычислений без потери их точности.

Идея работы – смоделировать воздействие автотранспортных потоков на окружающую среду, учитывая местность, улично–дорожную сеть и количество автотранспортных средств конкретного региона.

Объектом исследования является процесс описания переноса вредных примесей в атмосфере с помощью математического моделирования изменчивости газового и аэрозольного состава атмосферы, а также оценка влияния атмосферных примесей на окружающую среду.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы вероятностно-статистического моделирования для построения эффективного численного алгоритма расчета переноса вредных примесей от линейных источников на горизонтальном сечении.

Основной целью работы является создание компьютерной модели микроклимата воздушного бассейна города для системы мониторинга на базе вероятностно-статистической модели, исследование процессов загрязнения атмосферы и рассеяния загрязняющих примесей.

В основе создания информационных систем процесса рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе лежат исследования по компьютерной графике, экспертным системам и системам цифровой картографии. В последнее время ими занимались Закарин Э.А. и его ученик, Спивак Л.Ф. (1998). Результаты этих исследований используются при разработке информационных систем экологического мониторинга.

Для достижения указанной цели в диссертационной работе поставлены и решены следующие **задачи**:

- 1) Выполнен анализ энерго-экологического воздействия автотранспортных потоков на окружающую среду;
- 2) Адаптированы математические модели переноса примесей вредных выбросов от автотранспорта в атмосфере города;
- 3) Разработаны методы и алгоритмы переноса вредных примесей от автотранспортных средств в атмосфере на основе вероятностно-статистического моделирования;
- 4) Апробирована и внедрена система моделирования процесса рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе города.

Методы исследования. Основу методов исследования составляет использование средств системного анализа, имитационного моделирования, информационных технологий. Разработка программных средств велась методами модульного Web-программирования, применялись технологии объектно-ориентированного программирования с использованием шаблонов проектирования.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в применении вероятностно-статистического моделирования переноса вредных примесей от автотранспортных средств в атмосфере, в разработке системы учета вредных выбросов в атмосферу автотранспортными средствами, позволяющей смоделировать перенос примесей от линейных источников.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1) Методы и алгоритмы расчета количества выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на улично-дорожной сети представлены в виде графа;

2) Вероятностно-статистические модели переноса вредных примесей в атмосфере от автотранспортных средств;

3) Информационные технологии моделирования процесса рассеяния вредных примесей в атмосферном воздухе адаптированы на любой населенный пункт с использованием свободного веб-картографического сервиса OpenStreetMap.

Практическая значимость исследования. Разработанные в диссертационной работе алгоритмы и программные средства предназначены для использования в системах мониторинга загрязнения воздушного бассейна города.

На базе вероятностно-статистической модели исследованы динамические процессы переноса примесей вредных веществ в атмосфере. Создана информационная система, позволяющая произвести подсчет количества выбросов вредных веществ в атмосферу от движущегося транспорта по улично-дорожной сети (УДС).

В атмосферном воздухе частица примеси перемещается с потоками воздуха, под воздействием внешних сил, под воздействием турбулентных пульсаций атмосферы посредством турбулентной диффузии. Исходя из сказанного, траекторию движения частиц можно рассмотреть как сумму случайных путей: любая из ее координат в любой момент времени может быть представлена как сумма детерминированной и случайной составляющих.

Разработанная информационная система мониторинга процесса рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе города моделирует распространение выбросов вредных веществ от автомобильного транспорта в атмосфере города и будет полезна при разработке маршрутов и графиков движения общественного транспорта и их оценки с экологической точки зрения.

Разработанная информационная система мониторинга отвечает всем требованиям, предъявляемым к автоматизированным информационным системам, может эффективно использоваться в проведении мероприятий по охране окружающей среды.

Реализация результатов работы. Созданная система внедрена в августе 2018 года и успешно используется при работе инженеров комплексной лаборатории филиала РГП на ПХВ "Казгидромет" по ВКО.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной научной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании (СiTech-2015)», 24 - 27 сентября 2015г., КазНУ, г.Алматы, Казахстан; 16th Conference on Optical Fibers and Their Applications, 17 December 2015, Lublin and Naleczow, Poland; Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments

2016, 29 May – 6 June, 2016. - Wilga, Poland; Международной конференции GEOMED 2016 4th International Geography Symposium, May 23 - 26, 2016. - Kemer, Antalya, Turkey; Международной конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана», 12 - 13 апреля 2017г., ВКГТУ, г.Усть-Каменогорск, Казахстан; в VI Конгрессе Математического общества тюркского мира (TWMS 2017), 2 - 5 октября 2017г., ЕНУ, г.Астана, Казахстан; на Международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании (CiTech-2018)», 25 - 28 сентября 2018г., ВКГТУ, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 13 научных работ, в том числе 1 статья в журнале, индексируемом в базе данных Thomson Reuters, 1 статья в сборнике материалов конференции, индексируемом в базе данных Thomson Reuters, 1 статья в журнале, индексируемом в базе данных Scopus, 3 статьи в сборнике материалов конференции, индексируемом в базе данных Scopus, 3 работы в изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 4 работы в сборниках международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников, состоящего из 131 наименований, изложенных на 117 страницах компьютерного текста, включая 50 рисунков, 9 таблиц и 5 приложений.