

ветром, катататические ветры, фены, орографические волны, мезомасштабную структуру метеорологических фронтов, конвекцию, возникающую за счет антропогенных факторов и т.д. Особенности изучаемых процессов являются большие различия в характерных временах и изменчивости метеорологических полей, что предъявляет высокие требования к устойчивости, точности и экономичности используемых численных методов решения системы уравнений.

Для изучения переноса и трансформации антропогенных примесей в водоемах предлагается негидростатическая нестационарная трехмерная нелинейная модель гидротермодинамических процессов стратифицированных водоемов. Модель предназначена для описания полей скоростей течений, температуры и плотности воды в озерах, водохранилищах, реках и других водоемах естественного и искусственного происхождения. Дифференциальные уравнения нестационарной трехмерной нелинейной модели включают уравнения движения, энергии, неразрывности, нелинейное уравнение состояния воды, связывающее давление, температуру, плотность и соленость. Краевые условия на границах задаются в виде потоков количества движения (импульса) и тепла. На твердых границах для скорости движения задано условие "прилипания". Предлагаемая негидростатическая модель с учетом сжимаемости воды и всех составляющих силы Кориолиса позволяет описывать как крупномасштабные процессы (например, действие силы Кориолиса) в озерах, имеющих большие размеры, так и мезомасштабные явления, например, такие как термический бар, формирующий вертикальную циркуляцию весной и осенью вследствие различной стратификации воды прибрежных и центральных частей водоема. Использование полного уравнения состояния с учетом минерализации позволяет моделировать плотностные течения в окрестности геотермальных источников, обнаруженных у дна некоторых озер.

Из-за отсутствия необходимой информации о гидрометеорологических полях начальные условия заменяются значениями, полученными на основе квазистатических моделей, или находятся из решения соответствующих стационарных задач для планетарных пограничных слоев.

Уравнения модели интегрируются численно в декартовой прямоугольной системе координат с применением метода фиктивных областей. Введение таких областей позволяет проводить расчеты с произвольной функцией, описывающей рельеф суши и дна водоемов.

Сложность решения рассматриваемой системы уравнений обусловлена наличием физических процессов с различными характерными временными масштабами. Поэтому численный алгоритм решения уравнений строится на основе метода расщепления по физическим процессам и геометрическим переменным [2].

Решение задачи на каждом временном шаге осуществляется в два основных этапа: 1) перенос субстанций вдоль траекторий и турбулентный обмен; 2) процесс согласования гидрометеорологических полей. Такой подход позволяет в принципе использовать разные шаги по времени на каждом этапе.

Аппроксимация по времени строится на основе двучиклического полного расщепления со схемой Кранка-Николсона на каждом дробном шаге. Заметим, что, несмотря на использование более полного уравнения неразрывности для сжимаемых сред, метод решения задач экономичнее, так как все дифференциальные уравнения являются эволюционными.

По предлагаемым моделям проведены расчеты для реально действующих и планируемых объектов с целью оценки экологического состояния (картирование местности по степени загрязнения различными ингредиентами) региона оз. Байкал, Хабаровского края, Хэйлунцзянской провинции (Китай), для выявления последствий аварийных ситуаций (г. Ангарск, г. Шелехов) и прогнозирования потенциальных аварийных ситуаций (р. Ангара);

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 03-05-64080) и гранта «Университеты России» (ур.08.01.069).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование и управление процессами регионального развития / А.В. Аргучинцева, В.К. Аргучинцев, В.А. Батулин и др. – М.: Наука, Физматлит, 2001. – 432 с.
2. Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии. – М.: Наука, 1992. – 263 с.

#### МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АНТРОПОГЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Аргучинцева А. В.

Иркутский государственный университет,  
*Иркутск*

С каждым десятилетием все более остро поднимаются вопросы загрязнения окружающей среды последствиями человеческой деятельности. Вмешательство человека в природу становится все более масштабным и опасным. Уже нынешнее поколение столкнулось с проблемами ухудшения качества атмосферы, подземных и поверхностных вод, деградации ландшафтов, опустынивания и обезлесивания, возникновения неизвестных болезней и эпидемий, проявления генетических дефектов у потомства. Поэтому необходимо правильно научиться диагностировать и прогнозировать негативные проявления. В качестве убедительного диагноза можно рассматривать различного рода наблюдения, проводимые как на стационарно организованных постах, так и в экспедиционных условиях. Однако необходимо отметить, что все наблюдения имеют пространственные и временные ограничения и не могут обеспечивать надежным прогнозом, особенно в меняющихся условиях или при планировании какого-либо объекта. Поэтому одним из наиболее приемлемых способов управления риском и принятия оптимальных решений является математическое моделирование процессов, которое позволяет проигрывать различные ситуации. Гостированные методики [1-4] в силу грубой параметризации

и большого упрощения входной информации дают скорее всего качественное представление о загрязнении окружающей среды.

В данной работе предлагается пакет авторских так называемых климатических моделей.

**Климатическая модель** расчета характеристик загрязнения на основе использования аналитических решений. Все реальные геосистемы находятся под воздействием внешней среды, состояние которой может меняться случайным образом. Это приводит к тому, что ряд параметров, обуславливающих это состояние, имеет случайные составляющие. Однако, как правило, многие исследователи случайность поведения среды пытаются учесть через осреднение ее параметров. Надо отметить, что такой подход не совсем верен, так как осреднение параметров среды не совпадает с осреднением самого решения. Предлагаемый метод позволяет, кроме общепринятых мгновенных и осредненных характеристик, получать вероятностные оценки наступления интересующего события. На основе известных аналитических решений, полученных для дифференциальных уравнений, описывающих перенос и турбулентную диффузию примесей, разработаны конструктивные методы и модели, позволяющие оценивать частоту превышения допустимых норм загрязнения и накопление твердых частиц на подстилающей поверхности за интересующий интервал времени. Несмотря на то, что все аналитические решения получены при некоторых упрощениях, их возможности в предлагаемых вероятностных моделях значительно расширяются благодаря замыканию их на климатические функции плотности вероятности, построенные для многолетних рядов метеорологических наблюдений.

**Климатические модели** на основе использования второго уравнения Колмогорова. Предложен новый более общий подход к построению комплекса математических моделей для оценки распределения антропогенных примесей, попадающих в окружающую среду путем выбросов промышленных предприятий через трубы, вентиляционные решетки, золоотвалы и пр. Все модели учитывают случайность поведения среды, в которой распространяется примесь, посредством введения функции плотности переходных вероятностей ее состояний. В основу описания случайного процесса берется второе, или прямое, уравнение Колмогорова (Фоккера – Планка – Колмогорова), связывающее скорость изменения плотности вероятности распределения субстанций с расширением ее потока, при условии, что начальные условия, накладываемые на плотность вероятности, удовлетворяют условиям неотрицательности и согласующейся нормировки. Уравнение Колмогорова записывается в фазовой координате, в качестве которой выступает концентрация примеси. Для отыскания входящих в него коэффициентов проводится последовательное замыкание уравнения Колмогорова с использованием уравнения переноса консервативной примеси, обладающей собственной гравитационной скоростью в анизотропной среде. В результате этой операции для одного из коэффициентов выводится дифференциальное уравнение, которое описывает изменение средних концентраций ингредиентов в анизотропной среде с

учетом флуктуаций параметров среды, в которой распространяется примесь, и нестационарности работы источников. Поэтому это уравнение представляет самостоятельный интерес для практических целей. Непрерывное многообразие возможных состояний аппроксимируется на основе многолетних климатических рядов наблюдений на стационарных метеорологических станциях и постах. Трудности, связанные с неэргодичностью природных явлений, преодолеваются путем усреднения не по времени, а по реализациям. Полученные замкнутые уравнения (уравнение Колмогорова и уравнение для одного из его коэффициентов) с записанными для них соответствующими начальными и граничными условиями решаются численно в декартовой прямоугольной системе координат с применением метода фиктивных областей. Для дискретизации по времени используется схема Кранка-Николсона и двучиклический метод многокомпонентного расщепления.

Учет климатических особенностей изучаемых регионов через функцию плотности переходных вероятностей состояний среды позволяет: а) оценить вероятности возникновения опасных концентраций; б) оконтурить области повышенной антропогенной нагрузки; в) рассчитать потоки взвешенных частиц на подстилающую поверхность; г) установить продолжительность пребывания живых организмов в опасных зонах; д) найти средние концентрации ингредиентов с учетом флуктуаций как метеорологических параметров, так и интенсивности загрязняющих источников за рассматриваемый отрезок времени.

Расчеты по перечисленным моделям, картирование местностей по опасности загрязнения демонстрируются многочисленными примерами для различных регионов России и зарубежных стран. Реальные результаты помогли решить ряд насущных проблем, например, таких как

- выявление виновников аварийных ситуаций и оценка последствий;
- перепрофилирование предприятий;
- запрещение строительства нового промышленного объекта в выбранном регионе;
- выбор очистных сооружений, вариантов размещения вновь строящихся объектов, конфигурации пылящих пляжей отвалов горно-рудных предприятий и золоотвалов ТЭЦ;
- рекомендация по улучшению взлетно-посадочных условий и пр.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 03-05-64080) и гранта «Университеты России» (ур.08.01.069).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: Общесоюзный нормативный документ (ОНД-86). - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 93 с.
2. Указания по расчету рассеивания в атмосфере веществ, содержащихся в выбросах предприятий: СН 369-74. - М.: Стройиздат, 1975. - 40 с.
3. Унифицированная программа расчета загряз-

нения атмосферы (.версия 1.1.0): Эколог. НПО Ленинград. По методике ОНД-86. Инструкция пользователя. Иск. 3198/23 от 14.06.90. Л., 1990. - 29 с.

4. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04. 186-89. - М.: Гос. Ком. СССР по гидрометеорологии, 1991. - 16 с.

**ПРОГРАММА КОМПЛЕКСНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
ФУЗАРИОЗА КОЛОСА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И  
КОНТАМИНАЦИИ ФУЗАРИОТОКСИНАМИ  
ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА  
В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ**

Грушко Г.В., Линченко С.Н.

*Кубанский государственный университет,  
Краснодар*

Массовое (периодически достигающее эпифитотийного) распространение грибковых заболеваний злаковых культур, в том числе фузариоза колоса (ФК), создает угрозу широкого заражения микотоксинами разнообразных продуктов питания и косвенно оказывает существенное негативное влияние на здоровье населения [6]. Наряду с этим, снижается урожайность посевов зерновых, что, в свою очередь, влечет за собой значительный экономический ущерб. Учитывая вышеизложенное, представляет интерес изучение на значительном интервале времени (не менее 10 лет) динамики масштабов поражения ФК посевов озимой пшеницы в Краснодарском крае на территории хозяйств, занятых производством зерна и хлебопродуктов, контаминации продуктов зернового производства фузариотоксинами и поиск более совершенных агротехнических приемов сдерживания развития ФК.

Маршрутные обследования посевов озимой пшеницы целесообразно осуществлять согласно действующим рекомендациям по фитосанитарной экспертизе зерновых культур [10, 12, 13]. На посевах визуально выявляются признаки поражения растений ФК (*F.graminearum* Schwabe и другие грибы рода *Fusarium* Link.) – обесцвечивание колосковых чешуй, затем одного или нескольких колосков, налет на колосках мицелия бледно-розового или кроваво-красного цвета, со спороношением гриба либо спородохиями оранжевого цвета, впоследствии с формированием щуплого зерна низкого качества. Учеты ФК на посевах проводятся трехкратно, согласно [12, 13], однако максимальная степень проявления ФК видна в стадии молочно-восковой спелости [10].

Во всех случаях наблюдения маршрутные обследования должны охватывать более 15% [13] общей площади посевов.

В процессе проведения маршрутных обследований определяются площадь зараженных фузариозами посевов и основные показатели, позволяющие объективно характеризовать их фитосанитарное состояние: распространенность (частота встречаемости) и интенсивность развития болезни (поражения растений) по общепринятой в фитопатологии методике, рекомендуемой Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений и ведущими отечест-

венными экспертами, с расчетом средневзвешенных значений и заполнением учетных форм [12, 13] записи результатов фитосанитарной экспертизы посевов зерновых культур. Интенсивность поражения колосьев пшеницы фузариозом определяли количественно, например, согласно международной шкале (% , балл) [2].

Таким образом, выявляются районы края и хозяйства, на полях которых имеет место максимальное поражение озимой пшеницы фузариозами.

Анализ проб озимой пшеницы и изготавливаемых из нее продуктов: муки, отрубей, круп, макаронных и хлебобулочных изделий, отобранных в зерносеющих районах края состоит в следующем. Исследование качества пшеницы: влажность, присутствие фузариозных зерен, а также содержание группы МТ наиболее типичных для озимых зерновых культур региона Северного Кавказа видов фузариума: vomitоксина, зеараленона и Т-2 токсина.

Анализ проб зерна и пищевых продуктов производится с использованием стандартизованного серийно выпускаемого лабораторного испытательного оборудования общепромышленного и отраслевого применения (в частности, аппарат для встряхивания проб АВУ-6е, ротационный испаритель ИР-ИМ2, мельница лабораторная У1-ЕМП, диагностическая лампа ОЛД-11, микрошприцы МШ-10, пластинки для ТСХ “Силуфол”, весы технические ВЛКТ-500, хроматограф “Цвет-100”, фотоколориметр КФК-2, лабораторная посуда, химические реактивы), государственных стандартных образцов ДОН, ЗЛ, Т-2 токсина и др.

Влажность зерна исследуется по ГОСТ 13586.5-93 “Зерно. Метод определения влажности” от 01.01.1995. Сущность метода заключается в определении массовой доли влаги (отношение массы влаги к массе влажного вещества) зерна измерением убыли массы навески измельченного зерна, высушенного в воздушно-тепловом шкафу при фиксированных параметрах: температуре и продолжительности сушки. Погрешность метода по сравнению с образцовым вакуумно-тепловым методом составляет для зерновых культур  $\pm 0,5\%$ .

Содержание фузариозных зерен определяется в соответствии с “Инструкцией по выявлению фузариоза колоса и зерна пшеницы, контролю содержания в нем vomитоксина и использованию такого зерна” (М., 1988) и “Методическими указаниями по учету фузариозного зерна и визуальному определению фузариозного зерна пшеницы” (М., 1988).

Обнаружение и количественное определение ДОН и ЗЛ проводится согласно “Методическим указаниям по обнаружению, идентификации и определению содержания дезоксиниваленола (vomитоксина) и зеараленона в зерне и зернопродуктах” №5177-90 от 27.06.1990 г., “Инструкции по выявлению фузариоза колоса и зерна пшеницы, контролю содержания в нем vomитоксина и использованию такого зерна” (М., 1988), нормативному документу “Порядок контроля за содержанием пестицидов, токсичных элементов, микотоксинов и микроорганизмов в продовольственном зерне и зернопродуктах в системе хлебопродуктов” (М., 1992): после экстракции токсина из пробы продукта и очистки экстракта от мешающих веществ производится измерение массовой концентрации МТ