

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРИФИЦИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОРОГРАФИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОЙ МЕСТНОСТИ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ**

П. Н. Сыгуров, М. В. Меньшов

*ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»  
Peter.sygur@yandex.ru, menshov\_m@mail.ru*

Необходимость тщательного изучения процесса распространения примесей в приземном слое атмосферы и осадения на подстилающую поверхность неоднородной местности является актуальной. Она продиктована многими современными практическими нуждами, в частности, актуальностью проведения авиационных работ в сельском хозяйстве.

Решения указанных ниже задач были получены с помощью математической модели [1], верификация которой определила ошибку моделирования, не превышающую 12-18%. Основным отличием используемой модели от широко распространенных, является отсутствие требования нулевых пульсационных составляющих на границах расчетного объема, включая заданную верхнюю границу пограничного слоя атмосферы. Это в свою очередь заставляло задаваться большими расчетными объемами с большими шагами, что приводило к новым затруднениям по формированию исходных предпосылок и ограничений, обеспечивающих достоверность полученных результатов моделирования. Как указывалось в [2], рассчитываемая толщина устойчивого пограничного слоя атмосферы над орографически неоднородной поверхностью земли позволяет за счет перерасчета скоростей в приземном слое компенсировать невязки давления в расчетных точках. При этом полностью отпадает необходимость задания значений начальных метеопараметров на значительном удалении от неоднородностей и обеспечивается полное затухание турбулентных пульсаций строго внутри расчетного объема.

Методы решения уравнений модели основаны на дискретизации исходных систем в сеточной области [3]. Используется в общем случае неравномерная прямоугольная сетка с узлами, разнесенными по граням элементарного пространственного бокса. Такие сетки позволили построить консервативные разностные схемы, а применение неявных методов обеспечило устойчивость метода при численном интегрировании и получении стационарных режимов обтекания.

В первой из задач рассматривался характер изменения динамики распространения и осадения полидисперсного аэрозоля в зависимости от наличия на равнинной местности пологих холмов различной высоты. Изначально расчетная область (5000 м x 5000 м) подразумевала наличие одиночного холма с основанием 1600 м x 5000 м, высотой 47,5 м и протяженностью наветренного склона- 800 м. На высоте 30 м помещался, нормальный к ветру, линейный источник аэрозоля. Его удаление от наветренного склона, а также структура гранулометрического состава аэрозоля подбирались таким образом, чтобы выполнялось следующее условие: зона, шириной в расчетную область и протяженностью 1000 м от подножия, описанного выше холма, полностью покрывается «значимыми» наземными концентрациями, при этом сам наветренный склон не обнаруживает выпадений такого рода. После достижения начальной картины распределения наземных концентраций в указанной выше области, в ней генерировался второй одиночный холм, высота которого в различных повторах составляла 10 м, 15 м и 20 м. Исследовалась степень вынуждающего влияния этого холма на динамику распространения и осадения аэрозолей, выбранных составов при изменяющихся скоростях ветра.

Полученные результаты показывают, что наличие даже пологих, невысоких холмов вносит существенные изменения в характер распространения и осаждения аэрозольного образования в условиях пересеченного рельефа местности. При этом известно, что каждый третий гектар пашни Самарской области подвержен угрозе водной эрозии из-за наличия углов наклона обрабатываемых полей. Однако обработка таких пересеченных полей самолетами сельскохозяйственной авиации производится «классическими» методами, а именно, без учета кажущегося малого склона. Как следствие, практически повсеместно имеют место неравномерные поля концентраций отложений, выносы используемых препаратов за границы полей, что не просто снижает эффективность такого рода мероприятий, а более, наносит экологический и экономический ущерб.

Затронутая выше проблема усугубляется использованием при авиахимработах над орографически неоднородной местностью порошкообразных препаратов с фиксированным гранулометрическим составом. По сему другая из рассмотренных задач подразумевала оптимизацию гранулометрического состава распыляемого препарата в условиях пересеченного рельефа местности.

Для реализации этой задачи рассматривалась расчетная область, содержащая два пологих вала (расположенных друг за другом) высотой 47.5 м и протяженностью наветренных склонов 750 м. Перпендикулярно направлению ветра на заданной высоте помещался линейный источник примеси. Анализировался характер формирования зоны приемлемых концентраций на наветренном склоне первого, по отношению к источнику, вала. Таковой считалась зона, на границах которой значения наземных концентраций имели отклонения от оптимального не более чем на 25 %. В качестве оптимального значения концентрации принималось значение, полученное при проведении серии полевых экспериментов, по результатам которых осуществлялась верификация используемой математической модели.

Варьировались скорость ветра в приземном слое, высота источника примеси и его удаление от гребня первого холма. При этом основной задачей являлось получение гранулометрического состава порошкообразного препарата, обеспечивающего для рассматриваемых значений изменяемых параметров наиболее протяженную зону приемлемых и сравнительно равномерных отложений.

В результате моделирования, для устойчиво стратифицированного пограничного слоя атмосферы получены гранулометрические составы порошкообразных препаратов, которые могут обеспечить достаточно равномерное отложение на подстилающей поверхности полей, расположенных на склонах. Параллельно выявлено, что ошибка оценки значения скорости ветра, или порыв ветра при применении препаратов на плановых условиях для прогнозируемых значений скорости ветра, приводит к принципиально негативным, неприемлемым полям отложений препаратов.

Таким образом, разработка рекомендаций на этапе предварительного планирования и подготовки авиахимических мероприятий в сельском хозяйстве должна производиться при самом тщательном анализе имеющихся особенностей, учитывающих орографию, дисперсность рабочего вещества и условия проведения авиахимработ.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. *Меньшов М.В.* О математической модели миграции и осаждения полидисперсного аэрозольного образования // Вестник Самарского государственного университета. – 2006. - №6/1(46). – С. 114-122.
2. *Smagorinsky J., Manabe S., Holloway J.* Numerical results from a ninelevel general circulation model of the atmosphere. // Month. Weather Rev.- 1965.- v.93.- N 8.- p.727-768.
3. *Шлычков, В.А.* Численная модель пограничного слоя атмосферы с детализацией конвективных процессов на основе вихреразрешающего подхода // В кн. "Аэрозоли Сибири".- Изд-во СО РАН.- Новосибирск.- 2005.