

В. Л. Мисун

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: vova_7787@mail.ru*

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ РАСТВОРА ПЕСТИЦИДА НА РАСТЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены требования к оценке загрязнения воздуха производственной среды, а также факторы, влияющие на распространение загрязняющих веществ в пространстве и времени. Предложен графический метод оценки загрязнения воздуха при эксплуатации технических средств для внесения раствора пестицида на растения.

Ключевые слова: зона загрязнения производственной среды, опасные химические вещества, концентрация, техническое средство.

V. L. Misun

*EI "Belarusian State Agrarian Technical University"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: vova_7787@mail.ru*

ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN THE PRODUCTION ENVIRONMENT DURING THE OPERATION OF TECHNICAL MEANS FOR APPLYING A PESTICIDE SOLUTION TO PLANTS

Abstract. The article discusses the requirements for assessing air pollution in the industrial environment, as well as factors affecting the spread of pollutants in space and time. A graphical method for assessing air pollution during the operation of technical means for applying a pesticide solution to plants is proposed.

Keywords: industrial environment pollution zone, hazardous chemicals, concentration, technical means.

Введение

В некоторых отраслях АПК выполнение технологических процессов сопровождается выделением в воздух рабочей зоны различного рода вредных химических веществ, причем в отдельных случаях сами методы и приемы выполнения работ являются по существу генераторами загрязнения воздуха вредными аэрозолями, парами и газами. Следует отметить, что природные факторы вследствие работы вне помещений в любую погоду усугубляют неблагоприятные условия труда (например, сильные порывы ветра при обработке растений пестицидами).

Ключевыми требованиями, предъявляемыми к оценке загрязнения воздуха вне помещений, являются [1]: обеспечение необходимой разрешающей способности прогноза в пространстве и во времени; учет широкого диапазона погодных условий и типов источников загрязнения. Основными факторами, влияющими на распространение загрязняющего вещества в пространстве и времени, принимаются адвекция (горизонтальный перенос), вертикальная диффузия и скорость ветра. Входная информация, необходимая для анализа процесса распространения загрязняющих веществ в воздухе, включает в себя рассмотрение параметров источника, среды и граничных условий.

Известны четыре основных подхода для оценки рассеяния веществ в движущейся газообразной среде [2]:

– прямое экспериментальное исследование, связанное с использованием инструментальных способов определения формы выбросов, траектории распространения загрязнения, условий диффузии;

– теория подобия, которая используется при моделировании в тех случаях, когда в силу сложности рельефа местности и застроек невозможно правильно оценить граничные условия и направления движения воздушных потоков, а поэтому приходится использовать гидравлические модели;

– теория диффузии загрязняющего вещества, которая основывается на законе сохранения массы и предполагает однородность основного движения по осям координат и использованием обычных приемов осреднения турбулентных характеристик, состоящих из средних и пульсационных компонентов. Решение полуэмпирического уравнения диффузии широко применяют для расчетов рассеяния примесей в атмосфере;

– классическая статистическая теория, которая дает описание атмосферной турбулентности в терминах ее интенсивности, шкалы и спектральных свойств. Она позволяет изучить историю движения индивидуальных частиц и определить статистические характеристики, необходимые для описания диффузии. Тип случайного процесса, который часто используется при изменении турбулентности и диффузии, может быть охарактеризован как стационарный, однородный, изотропный и гауссовский.

Анализ исследований [3, 4] показал, что даже регламентированная механизированная контактная обработка раствором пестицида растительности в силу физико-химических свойств агрохимиката, биологических особенностей обрабатываемой растительности и технического уровня применяемых средств механизации не исключает вероятности его попадания как на культурные растения, так и на объекты окружающей среды, что приводит к повышению концентрации загрязнения воздуха рабочей зоны, ухудшению условий труда работника, а для оперативного прогнозирования распространения опасных химических веществ (ОХВ) в воздухе весьма актуально и использование графического метода оценки качества воздуха производственной среды.

Для решения поставленной задачи – оценки возможного загрязнения воздуха рабочей зоны при механизированной обработке растений раствором пестицида (гербицида, фунгицида, инсектицида и др.) – воспользуемся одним из сценариев выброса ОХВ в окружающую среду, изложенном в методике ТОКСИ [5]. Данная методика рекомендуется при проведении анализа опасности и рисков, в том числе при выполнении технологических процессов, где используются ОХВ, а также при разработке мероприятий по защите персонала.

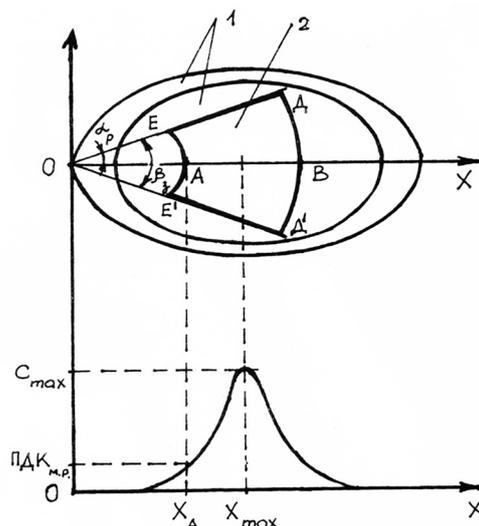
Основная часть

В качестве зоны загрязнения производственной среды опасными химическими веществами предлагается считать территорию, на которой вследствие внесения на растения, например, раствора пестицида, наблюдается превышение значения максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{м.р.}). Учитывая это, будем полагать, что зона загрязнения очерчена границей (см. рисунок), в любой точке которой концентрация загрязняющего вещества в воздухе на момент времени t равна величине ПДК_{м.р.} (граничная концентрация). Передняя и задняя границы этой зоны определяются дугами радиусов OB и OA соответственно.

Точки A и B лежат на оси x направления ветра (координата y равна нулю). Воспользуемся следующим соотношением, чтобы вычислить координаты этих точек A и B (x_A и x_B):

$$10^9 QG(x; Q_y; 1, 5; t) = \text{ПДК}_{\text{м.р.}} \quad (1)$$

Так как в качестве граничной концентрации используется значение ПДК_{м.р.}, высота над поверх-



Зоны загрязнения опасными химическими веществами:
 1 – зона превышения среднего фона загрязнения;
 2 – зона превышения максимальной разовой предельно допустимой концентрации опасного химического вещества

ностью земли принимается равной 1,5 м. Это та высота, на которой и будет наблюдаться первоочередное воздействие ОХВ на работника. Боковые границы зоны загрязнения ОД и ОД' определяются углом распространения примеси α (рад), который представляет собой угол между одной из боковых границ зоны загрязнения и направлением ветра. Для вычисления этого угла необходимо знать координату на оси направления ветра x_{\max} , где наблюдается максимальное значение концентрации ОХВ. После этого величина α может быть вычислена из уравнения (2), где она является единственным неизвестным:

$$10^9 QG(x_{\max}; \cos \alpha; x_{\max} \sin \alpha; 1,5; t) = \text{ПДК}_{\text{м.р.}} \quad (2)$$

Очевидно, что концентрация вредного вещества симметрично распределяется относительно оси направления ветра. Значит, зона загрязнения может быть упрощенно описана тремя параметрами: координатами передней (x_B) и задней (x_A) границ, а также углом загрязнения β ($\beta = 2\alpha$), определяющим боковые границы зоны. Площадь зоны загрязнения (см. рисунок) определяется по разности площадей ОДД' и ОЕЕ'. Окончательный вид формулы для расчета площади зоны загрязнения ОХВ

$$S = \alpha(OB^2 - OA^2). \quad (3)$$

Полученная зона превышения $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ окажется внутри зоны повышенной концентрации (превышения среднего фона). Реальная форма зоны загрязнения ОХВ напоминает эллипс, вытянутый вдоль оси направления ветра. При допустимых значениях концентрации в этой зоне нет необходимости оценки ее параметров. В случае одновременного использования, например, нескольких технических средств для внесения раствора пестицида (ОХВ) на растения, происходит перекрывание зон не только превышения ПДК, но и повышенного фона. В этом случае накладываются друг на друга зоны допустимых значений концентрации в сумме дают превышение предельно допустимой величины.

Следует отметить, что для построения зон загрязнения ОХВ значение фоновой концентрации принимается равной нулю, так как фактическая концентрация ОХВ на порядки выше величины среднего фона. Распределение же максимальной концентрации (C_{\max}) на расстоянии l_p при времени диффузии $t < \min(t_1, t_2)$, где t_1 – время действия источника фиксированной мощности M_m , а t_2 – время сохранения метеоусловий, может быть описано в случае точечного наземного источника загрязнения атмосферного воздуха следующим соотношением:

$$C_{\max} = \frac{AM_m}{l_p^3}. \quad (4)$$

В условиях штиля для разовой концентрации коэффициент A , зависящий от температурной стратификации атмосферы, принимается равным 0,11 [2]. Однако соотношение (4) не описывает фактическое поле концентраций вблизи источника (при $l_p = 0$), так как расчетные концентрации обращаются в этой области в бесконечность. Реальные концентрации ОХВ достаточно велики, и поэтому при нормировании выбросов из наземных источников удобнее исходить из определения размера безопасной (санитарно-защитной) зоны, на границах которой не должны превышать нормы содержания вредных веществ в воздухе при определенных реальных величинах выбросов из таких источников и наихудших условиях рассеяния. При этом может быть использована любая модель для расчета рассеяния выброса от нестационарного наземного источника [2], в которой место максимальной концентрации C_{\max} займет $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$, отнесенная к периоду времени, равному времени действия источника. Условиями наихудшего разбавления для наземных источников следует считать условия умеренной и сильной устойчивости атмосферы и малой скорости ветра.

В случае наземного точечного источника мощностью M_m для определения границ безопасной зоны в соответствии с формулой (4) получим:

$$l_p = \left(\frac{AM_{\text{м}}t}{\text{ПДК}_{\text{м.р.}}} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (5)$$

где l_p – расстояние от источника до границ безопасной (санитарно-защитной) зоны; t – для нестационарного источника меньшее из двух времен: времени действия источника и времени сохранения неблагоприятных метеоусловий на рассматриваемой территории.

При заданном значении l_p можно нормировать величину загрязнения атмосферного воздуха от точечного источника, пользуясь условием

$$M_{\text{м}} \leq \frac{\text{ПДК}_{\text{м.р.}} l_p^3}{At}. \quad (6)$$

Расчеты по формулам (5) и (6) проводятся в случае, когда рассеяние загрязнителя происходит над ровной, однообразной подстилающей поверхностью при однородном термодинамическом строении атмосферы. Неровности рельефа и другие физико-географические особенности требуют особого рассмотрения и соответствующего изменения схемы расчета.

Заключение

На основании результатов проведенного исследования предложен графический метод оценки загрязнения воздуха производственной среды наземным источником выбросов опасных химических веществ. Приведен расчет рассеивания загрязнителя над ровной, однообразной подстилающей поверхностью при однородном термодинамическом строении атмосферы. Рассмотрены требования, предъявляемые к оценке загрязнения воздуха вне помещений, а также основные факторы, влияющие на распространение загрязняющего вещества в пространстве и времени.

Список использованных источников

1. Мисун, В. Л. Методические подходы для оценки распространения вредных веществ в воздухе производственной среды / В. Л. Мисун // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 25–26 марта 2021 г. / под общ. ред. В. Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2021. – С. 204–206.
2. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Л. : Гидрометеоздат, 1995. – 271 с.
3. Экологическая безопасность на объектах АПК / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 216 с.
4. Мисун, Л. В. Организация безопасной эксплуатации технических средств защиты растений в промышленном производстве клюквы / Л. В. Мисун, А. А. Зеленовский, В. Л. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2011. – 124 с.
5. Методика оценки последствий химических аварий (методика ТОКСИ). – М. : Промышленная безопасность, 1996. – 27 с.