

Влияние метеорологических характеристик на определение потенциала загрязнения атмосферы

Н.В. Ляшенко, В.А. Летихова

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск

Аннотация: В статье рассмотрен потенциал загрязнения атмосферы по сочетанию определенных среднегодовых значений микроклиматических параметров и диапазону их изменения. При построении исследовательских моделей различных масштабов используются численные методы решения уравнения турбулентной диффузии. Важное место среди них занимают методы покомпонентного расщепления. С их помощью можно решать не только прямые, но и обратные (сопряженные) задачи. Представленная программа позволяет по данным об источниках выбросов примесей и условиях местностей рассчитать разовые концентрации примесей при различных метеорологических условиях и предусматривает возможность построения топоосновы расчетной площадки.

Ключевые слова: микроклиматические параметры, загрязнение, приземные концентрации, топоосновы расчетной площадки, методы покомпонентного расщепления.

При выборе режима выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду (при работе промышленности, автотранспорта и т.д.) необходимо учитывать такие атмосферные явления, как туман, грозы, температурные приземные инверсии, так как они существенно влияют на механизм рассеивания загрязняющих веществ в воздухе. Атмосферные осадки в виде тумана способствуют конденсации вредных примесей в атмосфере и образованию смога. Грозовые явления приводят к обогащению атмосферы озоном, который является инициатором физико-химических реакций с образованием более токсичных вторичных загрязнителей [1].

Так, например, особенности климатических условий городов Ростовской области существенно влияют на рассеивание вредных примесей в воздухе: их выпадение и накапливание в депонирующих средах и наряду с другими природными особенностями формируют определенную экологическую ситуацию региона [2,3].

На климатические условия городов Ростовской области, а также

Европейских районов юго-восточной части России влияют не только воздушные массы южных зон умеренных широт, составляющие 93%, но и поступление арктического воздуха.

Повторяемость масс арктического воздуха в чистом виде небольшая, примерно 9 дней в году, что составляет 3 %.

На повышение температуры летом и зимой влияют воздушные массы тропического воздуха, составляющие примерно 17 дней в году, т.е. (4%).

Погодные условия связаны с изменением давления, которые, как правило, меняются во времени, при этом за повышение давления отвечает антициклоническая погода, а за понижение давления - циклоническая.

На ветровой режим населенных пунктов Ростовской области влияет наличие широтной циркуляции, которая, как правило, характерна для холодного периода года.

Летом вынос загрязненного воздуха за пределы городского ландшафта и рассеивание примесей затруднены и осуществляются, в основном, за счет вертикальных конверсионных течений. Таким образом, создаются условия для накопления вредных веществ в приземных слоях атмосферы. Положение усугубляется тем, что именно в эти месяцы снижается влажность воздуха и атмосферное давление, что создает условия для образования смога [4]. Иногда повышение скорости ветра приводит к появлению пыльных бурь, которые в последние 15÷20 лет отмечается от 1 до 16 дней в году. Пыльные бури наблюдаются с апреля по сентябрь, увеличивая уровень загрязнения атмосферы в этот и без того экологически неблагоприятный период. Они создают дополнительную загрязненность воздуха, совершают перенос загрязненного слоя почвы в водные бассейны и на прилегающие территории. К этому же времени года приурочены дни с относительной влажностью воздуха 30 % и менее (т.е. суховейные явления), когда почва иссушается, появляются обширные пылеобразующие площади, с которых даже со слабым

ветром пыль поднимается в воздух [5,6].

По сочетанию определенных среднегодовых значений микроклиматических параметров и диапазону их изменения устанавливается потенциал загрязнения атмосферы. Нормативные данные и параметры по определению потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) приведены в табл.1.

Таблица № 1

Нормативные среднегодовые значения микроклиматических параметров по определению ПЗА и их величины по г. Новочеркаску

ПЗА	Приземные инверсии			Повторяемость, %		Высота слоя перемещения	Туман, длит. в час.
	повтор. в %	мощность в км	интенсивность, °С	скор. ветра 0÷1 м/с	в т.ч. непрер., дней		
Низкий	20–30	0,3–0,4	2–3	10–20	5–10	0,7–0,8	80–350
Умеренный	30–40	0,4–0,5	3–5	20–30	7–12	0,8–1,0	100–550
Повышенный континентальный	30–45	0,3–0,6	2–6	20–40	3–18	0,7–1,0	100–600
Приморский	30–45	0,3–0,7	2–6	10–30	10–25	0,4–1,1	100–600
Высокий	40–60	0,3–0,7	3–6	30–60	10–30	0,7–1,6	50–200
Очень высокий	40–60	0,3–0,9	3–10	50–70	20–45	0,8–1,6	10–600
г. Новочеркаск							
Повышенный континентальный	31	0,73	3,2	33,5	8,0	–	322

Анализ среднегодовых значений микроклиматических параметров, приведенных в табл.1, свидетельствует о том, что, например, г. Новочеркаск Ростовской области можно отнести к территории с повышенным континентальным потенциалом загрязнения атмосферы.

Значения микроклиматических параметров учитываются в планетарном пограничном слое атмосферы (ПСА), которым называется прилегающий к земле слой воздуха, где существенно сказывается динамическое и тепловое влияние подстилающей поверхности. Его толщина

определяется от метеоусловий и колеблется от нескольких сотен метров до 2÷3 км.

Взаимозависимость при распределении элементов микроклимата является характерной особенностью пограничного атмосферного слоя. В связи с этим, при назначенных факторах окружающей среды их совместное определение осуществляется при решении уравнений замкнутой системы [7].

Для построения исследовательских моделей различных масштабов часто используются численные методы решения уравнения турбулентной диффузии. Важное место среди них занимают методы покомпонентного расщепления, многие приложения которых к проблеме окружающей среды развил Г. И. Марчук [8].

Методы покомпонентного расщепления являются разностными методами, в которых, с помощью численных методов, решение дифференциального уравнения сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений.

В данном случае решается уравнение турбулентной диффузии, записанное в следующем виде:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial C}{\partial z} - \mu \Delta C + \sigma C = f$$

где u, v, w – соответствующие компоненты вектора скорости; ν и μ – вертикальный и горизонтальный коэффициенты турбулентной диффузии, соответственно; Δ – двумерный (по x и y) оператор Лапласа; σ – коэффициент пропорциональности среднему времени жизни примеси; f – функция источника. Предлагается разделить это уравнение на процессы переноса и диффузии, а процесс диффузии, в свою очередь, разделить по пространственным переменным, с помощью соответствующих операторов и их разностных аналогов.

Такой подход позволяет построить довольно простые численные схемы в случаях, когда другие методы могли быть реализованы только с помощью нелинейных разностных операторов [9]. Но до последнего времени покомпонентное расщепление было практически нереализуемо на ПЭВМ из-за большого объема вычислений и использовалось исключительно в исследовательских задачах. В настоящее время у численных методов на основе покомпонентного расщепления появились определенные перспективы, тем более что с их помощью можно решать не только прямые, но и обратные (сопряженные) задачи. Решение сопряженных задач позволяет определять неизвестные параметры ПСА (например, коэффициенты диффузии) или источника выброса [10].

Для определения разовых концентраций по показателям примесей от различных источников выбросов с учетом местных условий и метеорологических данных используют программу «Эколог».

Она позволяет определить максимальные концентрации не только по разным скоростям ветра и направлениям, но и концентрации при определенных значениях скорости и направлению ветра. При этом программа для отдельных веществ определяет приземные концентрации, а также для различных групп веществ, обладающих суммирующим вредным действием.

На сегодняшний день разработаны различные программы, осуществляющие определение концентраций в соответствии с Приказом Минприроды РФ от 06.06.2017 № 273. «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». Программа «Эколог» отличается быстродействием и удобством в применении.

Последние версии "Эколог" предусматривают возможность построения топоосновы расчетной площадки.

Литература

1. Ляшенко Н.В. Лепихова В.А. Обоснование создания региональной информационной аналитической системы оценки и прогнозирования состояния воздушной среды // Инженерный вестник Дона, 2023, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8153.
2. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2021 году // Экологический вестник Дона, 2022. URL: cloud.mail.ru/public/y4z8/iDnCunkzp.
3. Глинянова И.Ю. Мониторинг аэрозолей в атмосферном воздухе населенных пунктов // Инженерный вестник Дона, 2022, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7484.
4. Глинянова И.Ю. Оценка удельного загрязнения населенных пунктов с позиции экологического мониторинга аэрозольных частиц // Инженерный вестник Дона, 2021, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6817.
5. Климов П. В. Эколого-гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха городов Ростовской области // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. № 1-2. С. 107-113.
6. Глинянова И.Ю., Фомичев В.Т., Асанова Н.В. Оценка токсичности атмосферного воздуха в обеспечении экологической безопасности населенных пунктов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 1. С. 184-199.
7. Орленко Л. Р. Строение планетарного пограничного слоя атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 270 с.
8. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. Москва: Наука, 1982. 320 с.

9. Лепихова В.А., Ляшенко Н.В., Чибинев Н.Н., Рябоус А.Ю. Система акустического мониторинга в промышленных и экологических технологиях // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 3. С. 36-40.

10. Julakanti V., Raj Soudaboiena S.T., Chaithanya K.J. Design of Air Pollution Monitoring System Using IoT // Proceedings - International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing. 2022. pp. 1494-1499.

References.

1. Lyashenko N.V., Lepikhova V.A. Inzhenernyi vestnik Dona, 2023, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8153.

2. Don Ecological Bulletin, 2022. URL: cloud.mail.ru/public/y4z8/iDnCunkzp.

3. Glinyanova I.Yu. Inzhenernyi vestnik Dona, 2022, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7484.

4. Glinyanova I.Yu. Inzhenernyi vestnik Dona, 2021, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6817.

5. Klimov P. V. Safety of technogenic and natural systems. 2018. № 1-2. pp. 107-113.

6. Glinyanova I.Yu., Fomichev V.T., Asanova N.V. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. 2021. № 1. pp. 184-199.

7. Orlenko L.R. Stroenie planetarnogo pogranchnogo sloja atmosfery [The structure of the planetary boundary layer of the atmosphere]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. 270 p.

8. Marchuk G.I. Matematicheskoe modelirovanie v probleme okruzhajushhej sredy [Mathematical modeling in the environmental problem]. Moscow: Nauka, 1982. 320 p.

9. Lepikhova V.A., Lyashenko N.V., Chibinev N.N., Ryabous A.Yu. Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti. 2021. № 3. pp. 36-40.



10. Julakanti V., Raj Soudaboiena S.T., Chaithanya K.J. Proceedings International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing. 2022. pp. 1494-1499.