

Введение Наиболее перспективным методом для расчетного экологического мониторинга является инновационное направление в развитии вычислительных технологий - искусственные нейронные сети. Данный метод нельзя назвать ни чисто расчетным, ни экспериментальным, так как ему присущи черты обоих подходов. Основная концепция использования нейронных сетей в данной предметной области состоит в следующем: на основании результатов экспериментального мониторинга проводится обучение нейронной сети, где автоматически учитываются как явные, так и скрытые зависимости между исходными данными. В результате обученная сформированная нейронная сеть способна не только рассчитывать загрязнения с высокой точностью, но и строить достоверные прогнозы относительно будущего уровня загрязнения при изменении входных параметров. Кроме того, нейронные сети по сравнению с традиционными методами моделирования позволяют использовать неполные, зашумленные исходные данные, отражать нелинейные, в том числе неявные зависимости между данными, автоматически подбирать корректирующие коэффициенты. Использование обученных нейросетей позволяет значительно повысить точность прогноза изменчивости уровней загрязнения. Классические расчетные методики, которым относится ОНД-86, представляют собой «жесткую» математическую модель, на вход которой, как правило, подаются параметры источников загрязнений, а в качестве выхода служит концентрация загрязняющего вещества. Однако данная методика обеспечивает крайне низкую точность расчетов приземных концентраций примесей [1-7]. Причиной здесь является невозможность учета в методике трудноформализуемых и неявных параметров, формирующих приземные концентрации. Основным преимуществом предлагаемой методики построения расчетной схемы является использование в качестве исходных данных не только сведений о параметрах источников загрязнений, но и имеющихся данных об экспериментально измеренных концентрациях загрязняющих веществ. В зависимости от этих данных математическая модель (нейронная сеть) адаптивно перестраивается (меняется топология сети), что обеспечивает значительно большую коррелированность рассчитываемых концентраций с экспериментально измеренными. При использовании такая гибкая математическая модель может быть автоматически скорректирована на основе вновь появившихся результатов измерений. Данный подход открывает новые направления в научных разработках, что позволит значительно увеличить точность расчетных методик [8]. В настоящее время для расчета рассеивания атмосферных примесей наиболее активно используются два типа нейросетей: - многослойный персептрон - нейронная сеть, состоящая из входящего, одного или нескольких внутренних и выходящего слоев. Данный тип нейросетей может применяться для широкого класса задач типа регрессии и аппроксимации. - самоорганизующаяся карта - нейронная сеть, состоящая только из входящего и выходящего слоев. Выходящий слой обычно состоит из

элементов, объединенных в двумерную квадратную (или другой геометрической формы) решетку [9]. Сети подобной топологии применяются главным образом в задачах экстракции данных и кластеризации. Экспериментально-расчетная часть. Для адаптации данных, полученных расчетным путем, к особенностям местности, для территории которой производятся расчеты, предлагается использовать искусственные нейронные сети типа многослойный персептрон, обученные на массиве экспериментально измеренных значений концентраций загрязняющих веществ. Для этой цели для расчета концентрации каждой примеси была спроектирована отдельная корректирующая нейронная сеть с единой топологией: 1. Парадигма - многослойный персептрон 2. Количество скрытых слоев -1 3. Количество входных нейронов - 8 · Нейроны 1,2 - координаты точки расчета в абсолютных координатах в метрах, · Нейрон 3 - температура воздуха, · Нейрон 4 - атмосферное давление, · Нейрон 5 - скорость ветра, · Нейрон 6 - направление ветра, · Нейрон 7 - влажность воздуха, · Нейрон 8 - расчетное значение концентрации примеси, полученное согласно методике ОНД-86 (программный комплекс УПРЗА «Эколог»). 4. Количество нейронов в скрытом слое -5 5. Количество нейронов в выходном слое -1 6. Активационная функция скрытого слоя - гиперболический тангенс 7. Активационная функция нейронов выходного слоя - линейная. Нейронная сеть была спроектирована и обучена в пакете «StatisticaNeuralNetworks». Нами проводились эксперименты по корректировке (уточнению) расчетов стандартной методики ОНД-86 нейронной сетью для приземных концентраций специфической примеси-бензола, которая систематически контролируется в атмосферном воздухе г.Нижнекамска, но в четырех точках города. Всего нами были проанализированы данные инвентаризации 4700 стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха Нижнекамского промузла. Было установлено, что наибольший вклад в загрязнение приземного слоя атмосферы г.Нижнекамска бензолом вносят такие предприятия как ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «Челнынефтепродукт», ООО «Ойл-инфо», которые осуществляют низкотемпературные выбросы, на малой высоте с низкой скоростью выхода газозадушной смеси из трубы. Такие параметры выбросов неблагоприятны для рассеивания примесей и способствуют повышению приземных концентраций выбросов. Нами были проведены расчеты рассеивания бензола с помощью УПРЗА «Эколог», которые затем были адаптированы нейросетевой моделью. Для проверки эффективности корректировки расчетов нейросетью был проведен сравнительный анализ экспериментально измеренных значений концентраций бензола, значений, рассчитанных по стандартной методике ОНД-86, и значений, скорректированных нейронной сетью. Точность расчетов концентрации бензола после корректировки нейросетью повысилась в среднем в 10 раз: с 0,003158 мг/м³ (0,01 долей ПДК) по методике ОНД-86 до 0,000306 мг/м³ (0,001 доли ПДК). Полученные результаты показаны на рис. 1. На рис. 1 показано, что результаты,

полученные расчетной нейросетевой моделью, выдерживают экспериментальный тренд концентраций исследуемой примеси, тогда как расчетные значения, полученные с помощью УПРЗА «Эколог» демонстрируют значительные колебания величин, не характерные для ряда экспериментальных наблюдений. Рис. 1 - Сравнение расчетных значений содержания бензола до и после корректировки в сравнении с реальными данными. На рис. 2-4 показаны поля концентраций бензола в мг/м³ полученные: в результате натурных измерений; расчетные поля концентраций по методике ОНД-86 без корректировки, и скорректированные нейросетью. Рис. 2 - Поле концентраций бензола, полученное с помощью экспериментальных измерений. Рис. 3 - Поле концентраций бензола, полученное с помощью УПРЗА «Эколог-город». Проведенный анализ показал, что полученное поле загрязнения примесью бензолом приземного слоя атмосферы г. Нижнекамска имеет радиальную структуру, свидетельствующую об относительной равномерности характера рассеивания выбросов. Существенную роль в формировании общего поля загрязнения в г. Нижнекамска играют процессы диффузионного переноса под влиянием нескольких «островов тепла». Рис. 4 - Поле концентраций бензола, полученное с помощью корректировки нейросетевой моделью. Анализ полученных полей концентраций показывает значительно большую сходимость поля экспериментально измеренных концентраций (Рис. 2) с полем концентраций, полученным расчетным путем, скорректированным нейросетью (Рис. 4) в местоположении изолиний. Установлено местоположение зон загрязнения в диапазоне значений от 0,002 до 0,01 мг/м³. На рис. 3, полученном в результате расчета с помощью УПРЗА «Эколог», указанные зоны отсутствуют. Проведенные расчеты и эксперименты наглядно доказывают, что дополнительная нейросетевая адаптация стандартных расчетных методик позволяет получать более точные результаты расчетным путем, что подтверждает сопоставление с экспериментально измеренными значениями концентрации примеси.