

Введение Как рассматривалось нами ранее, в зонах действия полимерных производств функционирует большое количество источников загрязнения с формированием многокомпонентного состава выбросов в атмосферу, которые приводят к загрязнению атмосферного воздуха в районах расположения полимерных производств в концентрациях, превышающих допустимые уровни [1-5]. Широкий перечень компонентов выбросов не может систематически контролироваться экспериментально, поэтому важнейшей задачей является расчет приземных концентраций примесей с проверкой адекватности получаемых результатов расчетным путем [6]. Целью нашей работы является повышение адекватности расчета концентраций примесей, поступающих в атмосферный воздух в зонах сосредоточения полимерных производств. Нами проводилось сравнение расчетных данных, получаемых по нормативной методике, по нормативной методике, адаптированной спроектированной нами нейросетью, с данными экспериментальных наблюдений. В качестве объекта для сравнения расчетных и экспериментально измеренных концентраций был выбран один из самых распространенных компонентов выбросов - диоксид азота.

Территорией, для которой проводилась апробация разработанной методологии был выбран г. Нижнекамск. Результаты и их обсуждение Для расчета приземных концентраций нами была собрана и проанализирована физико-географическая и метеорологическая характеристика Нижнекамска. Территория, отведенная под промышленную зону, находится в южной и восточной части г. Нижнекамска. Рельеф территории расчленен долинами рек Зай, Уратьма, Оша, Кучуй, и отчасти, Шешма. Зай перерасчленяет северную оконечность Бугульминско-Белебеевской возвышенности на отдельные отроги. Северные ее отроги плавно опускаются к долине р. Кама. В целом, общее направление спада высот наблюдается с юго-востока на северо-запад. Наиболее возвышенной частью является юго-восточная часть, где значения минимальных абсолютных высот в элементарных речных бассейнах изменяются от 78 до 174 м, а максимальных – 220-230 м. На остальной территории значения минимальных абсолютных отметок составляют преимущественно 60-61 м, а максимальных распределяются следующим образом: в восточной и северо-восточной частях района, а также в междуречье рек Оша и Уратьма – 200-220 м, в центральной части (междуречье рек Уратьма и Зай) – 180-200 м, в западной и северо-западной частях – 140-180 м. Климат района – умеренно-континентальный, для которого характерна большая изменчивость зимних и быстрое нарастание весенних температур. Среднегодовая температура воздуха составляет 3,4оС. Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца составляет 25,5оС, самого холодного – -18,4оС. Абсолютная максимальная температура воздуха +40оС, абсолютная минимальная температура воздуха –47оС. Осадков выпадает 541,3 мм, из которых две трети приходится на теплый период. Наименьшая сумма осадков за год выпадает в юго-восточной части района, наибольшая в северо-западных

частях района. В целом увеличение показателя происходит с юго-востока на северо-запад. Показатель суммы осадков за теплый период года увеличивается с юго-запада на северо-восток и принимает значения от 333 до 356 мм.

Господствующим направлением ветров на обеих станциях являются южное и юго-западное (38 %). Коэффициент А, зависящий от температурной стратификации атмосферы, составляет 160. Эти данные использовались для расчета концентраций примесей, поступающих в приземный слой атмосферы от стационарных источников загрязнения. Нормативная методика ОНД-86, реализованная в программном комплексе экологических расчетов «Эколог», используемая природоохранными структурами, обеспечивает крайне низкую точность расчетов. Так, сравнение фактически измеренных и расчетных значений уровня концентрации в атмосфере г. Нижнекамска диоксида азота в период с марта по май 2013 года за 20 дней, выбранных произвольно (ПКЗ-12, ул. Сююмбике, 54) показало максимальное превышение расчетных данных над экспериментальными более чем на единицу ПДК (0,22 мг/м³), среднее превышение расчетных данных над экспериментальными – более чем на 0,5 ПДК (0,1 мг/м³). Для корректировки данных, полученных расчетным путем, предлагается использовать искусственные нейронные сети, способные учитывать в расчетах измеренные значения концентраций. Для исследования эффективности корректировки данных, рассчитанных согласно методике ОНД-86 искусственной нейронной сетью, была спроектирована корректирующая нейронная сеть следующей структуры: 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 диоксида азота, полученное согласно методике ОНД-86 (программный комплекс «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 Рис. 1 - Вид многослойного персептрона для уточнения расчетных значений концентрации диоксида азота Нейронная сеть была спроектирована и обучена в пакете «Statistica neural networks».

Скорректированные расчетные значения концентраций диоксида азота значительно приблизились к экспериментально измеренным значениям, что показано на рис. 2. Рис. 2 - Сравнение расчетных значений уровня диоксида азота ПК Эколог, нейросетью с экспериментально измеренными значениями Погрешность расчетов за счет нейросети сократилась более чем в десять раз, и составила в среднем около 0,01 мг/м³ (менее 0,05 долей ПДК). После корректировки максимальная погрешность расчетов составила 0,02 мг/м³ (около 0,1 доли ПДК). Также после корректировки расчетная нейросетевая модель

поддерживает изменчивость во времени значений концентраций диоксида азота, тогда как методика ОНД-86 и ПК Эколог демонстрируют значительные колебания рассчитанных значений, не характерных для данных измерений. Погрешность расчетов сократилась более чем в сто раз, и составила около 1,7% (в среднем). Корректирующая нейронная сеть (программный комплекс Statistica neural networks) применялась совместно с методикой ОНД-86 (программный комплекс «Эколог») для расчетов концентрации диоксида азота на территории г. Нижнекамска в узлах расчетной сетки, покрывающей всю территорию жилой зоны города с шагом 2 метра, в стандартных условиях середины лета (температура 24,6оС; давление 755 мм. рт. ст.; скорость ветра 0,6 м/с; направление ветра 225о; влажность 60%). На рис. 3 и рис. 4 показаны расчетные поля концентраций без корректировки, и скорректированные нейросетью. Рис. 3 - Поле концентраций диоксида азота, рассчитанные в узлах расчетной сетки по методике ОНД-86 без корректировки (в долях ПДК) Анализ рис. 3 показывает, что максимальные концентрации примеси наблюдаются в жилой зоне города, уменьшаясь равномерно к его границам. При этом превышения ПДК в юго-восточной и юго-западной частях города достигают 2 и более раз, что не характерно для измерений концентраций токсикантов в г. Нижнекамске за последние 8 лет. Рис. 4 - Поля концентраций диоксида азота в узлах расчетной сетки по методике ОНД-86 с корректировкой нейронной сетью (в долях ПДК) На рисунке, отражающем поля скорректированных значений концентраций, уровень загрязнения значительно ниже, чем без корректировки нейронной сетью, и приближается к значениям концентраций практических измерений. Уровень загрязнения возрастает в направлении воздушных потоков от промышленной зоны города – основного источника загрязнения атмосферного воздуха. Таким образом, практическое использование нейросетевых технологий при расчете концентраций примесей, на примере диоксида азота, позволяет значительно уменьшить погрешность расчетов и получить изменчивость концентраций во времени расчетным путем очень близкую к изменчивости экспериментально измеренных концентраций, что имеет значительные перспективы использования при систематическом контроле уровня загрязнения и разработке эффективных воздухоохраных мероприятий.