



**Гореликова Е.И.**  
**Gorelikova E.I.**

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ЗАВОДА (ОАО КНААЗ)**

**DEVELOPMENT OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE MODEL FOR THE RETROSPECTIVE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACT: A CASE STUDY (KOMSOMOLSK-ON-AMUR BATTERY PLANT)**

**Гореликова Е.И.** – старший преподаватель Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail:gorelikova\_ei@mail.ru.  
**Ms.E.I.Gorelikova** – Senior Lecturer, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), e-mail:gorelikova\_ei@mail.ru

**Аннотация.** В работе описан алгоритм моделирования аккумуляторного завода как источника загрязнения атмосферы в ретроспективе за весь период его существования с 1942 г. Составлена схема материально-сырьевого баланса аккумуляторного производства. Предложен метод расчета мощности от организованных источников выбросов предприятия на основе данных об объемах производства. Рассмотрено влияние аккумуляторного завода на загрязнение свинцом атмосферы прилегающих территорий в динамике за более чем 60 лет.

**Summary:** The paper offers an algorithm for developing retrospective models of the battery plant as a source of air pollution, since the plant's opening in 1942. A flow-chart of the material balance of an accumulator battery production facility is proposed. A method for calculating the amount of emission from the factory's stationary sources is proposed based on the production data. The role of the battery plant in lead pollution of the air and neighborhood has been examined for more than 60 years in its dynamics.

**Ключевые слова:** алгоритм, моделирование, поля концентраций, свинцовое загрязнение, территория, экологическая оценка.

**Key-words:** algorithm, modeling, concentration pattern, lead pollution, territory, environmental impact assessment

УДК 331.45

ОАО «КнААЗ» был основан в 1942 г., когда страна находилась в состоянии войны. С тех пор на протяжении многих лет он является единственным специализированным предприятием по выпуску свинцовых стартерных аккумуляторов на всем российском Дальнем Востоке. Шло время. Война закончилась. Город постепенно рос, строился и развивался. В итоге завод оказался расположенным в центральной части города. Буквально в пятидесяти метрах от границы территории предприятия находится один из городских стадионов, а также дом культуры. Практически здесь же начинается жилой сектор центральной части города, в которой проживает около 200 тыс. человек. Фактически жилая и производственная зоны слились в единое целое. Подобная ситуация сложилась во многих промышленных городах России и зарубежья.

В данной публикации представлены результаты исследования ОАО «КнААЗ» за весь период его 60-летнего существования как источника загрязнения города свинцом.

Предприятие начало свою работу гораздо раньше, чем появилось законодательство в области охраны окружающей среды в России. Шла война. Тяжелая обстановка, сложившаяся из-за блокады Ленинграда, в котором находился крупнейший аккумуляторный завод страны,

## Гореликова Е.И. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ЗАВОДА (ОАО КНААЗ)

потребовала срочного ввода в эксплуатацию завода в г. Комсомольске-на-Амуре. Первая партия танковых аккумуляторных батарей была отправлена на Сталинградский фронт. Интересы такой крупной системы, как государство вышли на первый план, продукция военно-промышленного направления имела первостепенное значение. Тогда некогда, да и некому было серьезно задумываться, какое влияние предприятие окажет на людей и окружающую среду в будущем.

В СССР именно хозяйственное законодательство включало определенные положения, направленные на предотвращение негативного воздействия на окружающую среду. Нормы и правила содержали, наряду с техническими, природоохранные и санитарные стандарты, а также определенные требования по проведению экологических расчетов и оформлению проектной документации. Например, начиная с 70-х гг., существовало требование о включении в большинство видов проектной документации раздела «Охрана окружающей природной среды», описывающего проектируемые природоохранные меры. Первым, юридически оформленным шагом к экологической экспертизе в СССР, стало Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 1 декабря 1978 г., в котором было рекомендовано внедрение в практику народно-хозяйственного планирования территориальных комплексных схем охраны природы (ТерКСОП). К сожалению, ТерКСОПы в условиях жесткой плановой системы и монополии министерств не стали эффективным инструментом экологического проектирования и экспертизы. Систематического, комплексного и открытого рассмотрения последствий планируемой хозяйственной деятельности для окружающей среды и здоровья населения не проводилось.

В 1985 г. Госстроем СССР были приняты строительные нормы и правила (СНиП), по которым впервые от проектировщиков требовалась оценка состояния окружающей среды и экосистем в регионе предполагаемого строительства, а также прогноз воздействия на них со стороны проекта. Становление и развитие экологического права РФ относится к концу 1980-х – 1990-м гг., когда был принят широкий спектр законов, регулирующих деятельность в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности населения и рационального природопользования.

Достоверные данные о параметрах выбросов свинца от КнААЗ и их количестве известны лишь с 1986 г., когда для предприятий стало обязательным разрабатывать проект предельно-допустимых выбросов в атмосферу. Поэтому получение необходимой и в достаточной степени достоверной информации о выбросах для начальных этапов работы КнААЗ представляет собой самостоятельный этап исследования свинцового загрязнения г. Комсомольска-на-Амуре.

Первоначально этап рассмотрения предприятия как источника загрязнения атмосферы города за период, в который отсутствует информации о выбросах (1942-1984), попытались произвести на основе системы коэффициентов выбросов («emission factor») [1]. Эта система разрабатывалась в основном для упрощения проведения национальных инвентаризаций по объемам произведенной продукции. Как выяснилось, только небольшая часть этих коэффициентов получила статус нормативов в некоторых странах. Применение удельных нормативов (коэффициентов выбросов) для инвентаризации предполагает наличие соответствующей достоверной статистики по многим видам произведённой продукции и используемого сырья. Только в этом случае можно говорить о применении системы коэффициентов выбросов на основе учёта произведённой продукции для определения выбросов загрязняющих веществ [2].

Найти такую статистику для определения ориентировочных коэффициентов выделения свинца при производстве аккумуляторов по порошковой технологии оказалось весьма проблематичным. Была сделана попытка использовать единичные данные удельных выбросов на единицу произведенной продукции подобных КнААЗ предприятий для определения валовых выбросов в период, когда достоверно известны только объемы производства. С целью проверки сопоставили полученные таким способом объемы выбросов для годов с достоверными данными о валовых выбросах. Расхождение оказалось значительным. Для решения поставленной задачи полученные таким способом данные в недостаточной степени досто-

верны. Делать выводы и тем более принимать решения на основе результатов, в основу которых заложены такие данные, нецелесообразно.

С 1942 по 2005 гг. (за исключением некоторых годов) в архивах сохранилась информация о количестве и марках произведенных аккумуляторов. Для периода включительно с 1985 г. есть документальные данные о количестве израсходованного в течение каждого года сырья, времени работы оборудования, валовых выбросах свинца в атмосферу, сбросов со сточными водами, образовавшихся свинцовых отходах, изменениях технологии и систем очистки. Для периода 1985-2005 гг. есть достоверные данные о валовых выбросах. Перечисленных данных достаточно для определения количества загрязняющих веществ в отходящих газовых потоках теоретическим (балансовым) и расчетно-аналитическим (инструментальным) методами.

В ходе работы над схемой материально-сырьевого баланса была исследована система вытяжной вентиляции в цехах завода. Инвентаризация источников выбросов для периода с 1985 г. по 2005 г. проводилась методами инструментальных замеров параллельно с балансово-сырьевыми расчетами. Все метрологические исследования в ходе инвентаризации проводились силами аттестованной центральной заводской лаборатории при методической и кадровой помощи работников лабораторий ФГУЗ г. Комсомольска-на-Амуре. Метрологическими методами определялись количественные характеристики газовой смеси и концентрации выбросов свинца от технологических источников основного производства до и после очистных устройств. Отбор проб воздуха проводился из вытяжных шахт на крыше после выхода ГВС из вентиляционных систем. Для определения эффективности работы пылеочистного оборудования измерения проводились одновременно до и после очистных устройств. Время отбора проб выбиралось с учетом цикличности работы технологического оборудования. Длительность отбора проб составляла 5, 10, 30 мин в зависимости от диапазона концентрации. Центральная заводская лаборатория производит регулярные замеры свинца в промышленных стоках предприятия.

На основании теоретических и экспериментальных исследований технологии производства был составлен материальный баланс, в котором определено количество исходных, промежуточных и получающихся в процессе производства конечных продуктов, имеющих в своем составе свинец. Одновременно определен количественный и качественный состав свинца и его соединений как в исходном сырье, так и в конечном продукте. Составлено уравнение материально-сырьевого баланса. На основе подробного анализа имеющихся за период с 1985 по 2005 гг. достоверных данных для каждого года была составлена балансовая схема и выведены средние коэффициенты. Общая схема материального баланса представлена на рис. 1.



Рис. 1

**Гореликова Е.И. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ЗАВОДА (ОАО КНААЗ)**

С помощью полученных балансовых коэффициентов для периода 1942-1984 гг. определены валовые выбросы свинца в атмосферу с учетом применения газоочистного оборудования, исходя из известного количества произведенных аккумуляторов, израсходованного сырья, времени работы оборудования. В итоге получена общая картина объемов производства КнаАЗ, валовых выбросов свинца в атмосферу, его сбросов в водные объекты со сточными водами и т.д. за более чем 60-летний период работы предприятия. На рис. 2 – 4 представлена динамика количества ежегодно использованного сырья, времени работы технологического оборудования (и связанных с технологическим оборудованием систем очистки и вентиляции), а также количества ежегодно производимых аккумуляторов.



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

Как видно из графиков, пик объема производства приходится на середину 80-х гг. В это время страна находилась в состоянии «холодной войны», шла война в Афганистане, поэтому велась политика активного вооружения. Финансирование заказов Министерства обороны было приоритетным для государства. Более половины продукции Комсомольского аккумуляторного завода поставлялось по государственным контрактам. Постоянными заказчиками стали помимо Министерства обороны Федеральная пограничная служба, Министерство внутренних дел, МЧС, Газпром, "КамАЗ", "УАЗ", "УралАЗ" и др. Предприятие работало на полную мощность. В этот же период началась перестройка в стране и, как следствие, экономическая нестабильность. С 1985 г. по 1990 г. на заводе постепенно была демонтирована часть технологического оборудования. Объемы производства стали сокращаться. В 2005 г. КнААЗ выпустил порядка 250 тыс. аккумуляторов разных марок, что в 12 раз меньше по сравнению с 1985 г. Соответственно, уменьшались и выбросы свинца в атмосферу города. На рис. 5 представлена динамика изменения валовых выбросов за весь период существования предприятия.



Рис. 5

Объем производства, как мы уже сказали, с 1985 к 2005 гг. снизился в 12 раз. Объемы же валовых выбросов сократились в 30 раз: с 26, 2 т/год в 1985 г. до 0,88 т/год в 2005 г.

## Гореликова Е.И. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ЗАВОДА (ОАО КНААЗ)

Дальнейшее исследование показало, что снижение выбросов помимо снижения объемов производства обусловлено модернизацией технологического оборудования и систем очистки.

График показывает, что в 1985 г. валовые выбросы в атмосферу стали стабильно снижаться. Именно в этом году высокотемпературные карусельные автоматы на заводе были заменены автоматами отливки токоотводов «УСОТ». Отливка токоотводов стала производиться при более низких температурах, что позволило значительно снизить выброс свинцовых аэрозолей в атмосферу. В 1990 г. система, обслуживающая котлы разогрева мастики УСД ЛИОТ, была заменена на гидрофильтр, внедрены четыре экспериментальных автомата отливки токоотводов «Агат», что позволило снизить расход свинца и, соответственно, его выброс. В 1991 г. на семи вентиляционных установках УСД ЛИОТ была установлена система «Ротоклон». В 1992 г. такую замену произвели еще на пяти вентиляционных установках. В феврале 1993 г. на заводе введены в действие три мельницы «Хлорайд-8» и установлены фильтры «Пэктекон-4» с коэффициентом очистки  $K = 0,99$ . В 1993-1994 гг. на четырех вентиляционных установках были установлены двойные ступени очистки: ДП-10 + «Ротоклон», а в 1995 г. подобную замену произвели еще на трех установках.

В 1995 г. был введен в эксплуатацию цех по производству пластмассовых изделий - моноблоков для аккумуляторов, что также позволило снизить расход свинца за счет применения точечной пайки на этапе сборки аккумуляторных батарей. В 1998 г. были установлены два новых газовых сушила отформованных пластин, которые по 2001 г. обслуживались одной вентиляционной установкой, а с 2002 г. для их обслуживания установили двухступенчатую очистку ДП-10 + «Ротоклон». В 2003 г. был произведен полный монтаж вытяжной вентиляции от процесса формовки прутков.

Сама по себе динамика валовых выбросов в какой-то мере характеризует изменение экологической ситуации на прилегающей к предприятию территории, но явно недостаточна для суждения об опасности. Задачей следующего этапа было проведение расчета концентраций в атмосферном воздухе свинца, выбрасываемого КнаАЗ в соответствии с ОНД-86.

На этапе нахождения всех необходимых параметров и характеристик при моделировании предприятия для каждого года столкнулись с проблемой отсутствия данных о максимально разовых выбросах каждого отдельного источника за период 1942-1984 гг. Для того же периода, в который отсутствовали данные о валовых выбросах. Разумеется, измерений концентраций свинца в исходящих газах в этот период не проводилось.

На рассматриваемом предприятии более двадцати источников выбросов свинца в атмосферу. Все являются организованными и с 1985 г. оборудованы пылеулавливающими системами. Согласно архивным данным, начиная с 1953 и до 1985 гг., значительных изменений технологического процесса, оборудования и вентиляционных систем не производилось. Поэтому нами сделано допущение, что технические параметры и характеристики источников выброса для периода 1942-1984 гг. оставались такими же, как и в 1985 г., кроме мощности (г/с) отдельных источников выбросов. Не менялось также местоположение источников выбросов на территории промышленной площадки предприятия.

Так как объемы производства, а следовательно, и интенсивность работы технологического оборудования менялись, соответственно ежегодно изменялась и средняя мощность каждого источника выбросов. Чтобы определить мощность выброса каждого источника при отсутствии документальной информации о выбросах был разработан расчётный метод. Этот метод позволяет определить среднегодовую мощность выбросов каждого источника, при известном времени работы оборудования и валовых выбросах предприятия. Это возможно, если есть документальные данные о мощности выбросов отдельных источников хотя бы за один год. Этот метод применим для исследования в ретроспективе других предприятий. Рассмотрим суть этого метода.

На предыдущем этапе методом материально-сырьевого баланса были определены валовые выбросы  $M_i$  (т/г) и время работы оборудования  $T_i$  (ч/г) за все годы работы предприятия. Между временем работы оборудования и валовым выбросом загрязняющих веществ

существует прямая зависимость. За каждый час работы оборудования может выделиться определенное количество вещества в зависимости от технологии производства, применяемых материалов, сырья и других факторов. Если известно время работы оборудования за год, то валовый выброс загрязняющего вещества составит:

$$M_i = X * T_i,$$

где  $M_i$  – валовый выброс предприятия в  $i$ -м году, т/год;  $X$  – количество выброшенного вещества, т/ч;  $T_i$  – время работы оборудования в  $i$ -м году, ч/год.

Очевидно, что можно найти среднегодовую суммарную мощность выбросов вещества от всего предприятия по следующей формуле:

$$G_{\text{сум}i} = \frac{M_i * 10^6}{T_i * 3600},$$

где  $G_{\text{сум}i}$  – среднегодовая суммарная мощность предприятия в  $i$ -м году, т/год;  $M_i$  – валовый выброс предприятия в  $i$ -м году, т/год;  $T_i$  – время работы оборудования в  $i$ -м году, ч/год;  $10^6$  – коэффициент перевода тонн в граммы; 3600 – коэффициент перевода часов в секунды.

Таким способом были найдены значения среднегодовой суммарной мощности условного источника выбросов для каждого года за период 1942-1984 гг., а также скорости и диаметры этого условного источника. Динамика среднегодовой суммарной мощности за весь период существования предприятия показана на рис. 6.



Рис. 6

На рис. 7 изображена схема зоны предприятия, имеющего несколько организованных источников выбросов в атмосферу. Всю зону предприятия можно условно представить как суммарный источник выброса. Каждый источник имеет отличные от других параметры выбросов: мощность, скорость ГВС, диаметр. Тогда найденная нами ранее среднегодовая суммарная мощность  $G_{\text{сум}i}$  предприятия представляет собой мощность условного источника, через который происходит валовый выброс предприятия  $G_{\text{сум}i}$ . Эта мощность равна сумме мощностей отдельных источников выбросов предприятия:

$$G_{\text{сум}i} = G_{i1} + G_{i2} + G_{i3} + \dots + G_{in},$$

где  $G_{\text{сум}i}$  – среднегодовая суммарная мощность предприятия в  $i$ -м году, т/год;  $G_{in}$  – мощность  $n$ -го источника в  $i$ -м году, г/с.

Суммарный источник будет характеризоваться параметрами, которые представляют собой сумму параметров всех источников выбросов предприятия.

Диаметр суммарного источника выбросов будет равен:

$$D_{\text{сум}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n,$$

$$D_{\text{сум}} = \sum_{n=1}^m D_n,$$

где  $D_{\text{сум}}$  – суммарный диаметр условного источника выбросов, м;  $D_1, D_2, D_3, D_n$  – соответственно диаметры источников выбросов, м;  $n$  – номер источника выбросов;  $m$  – число источников выбросов.

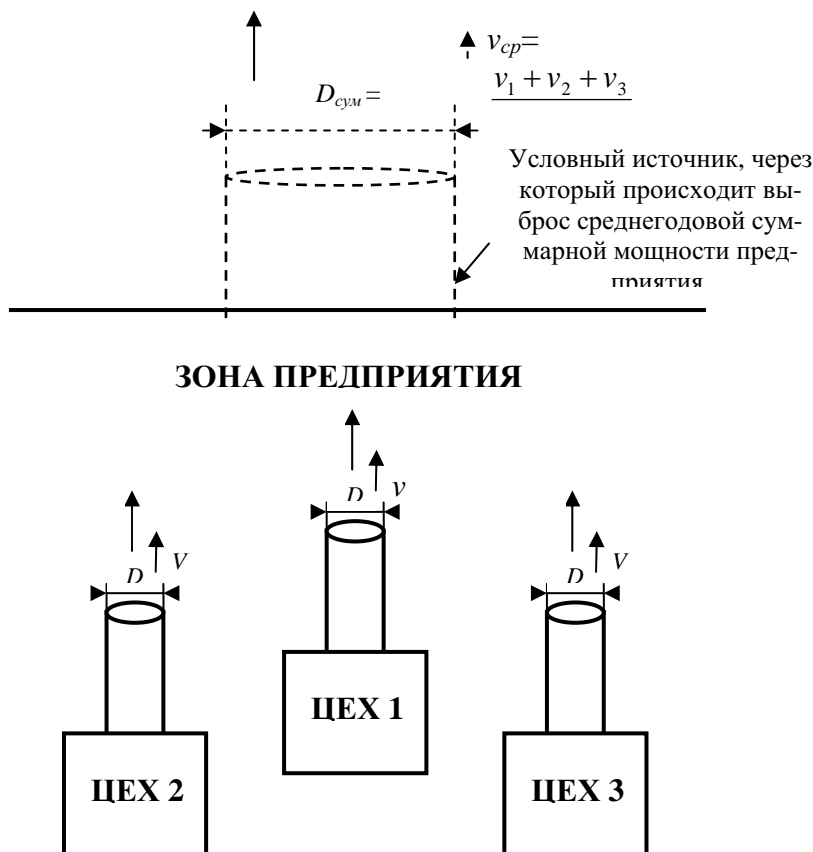


Рис. 7

Тогда скорость выброса ГВС, выходящей из условного суммарного источника выбросов всего предприятия, будет представлять собой среднюю скорость от всех источников:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3},$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{\sum_{n=1}^m v_n}{m},$$

где  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость ГВС условного суммарного источника выбросов, м/с;  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$  – скорость ГВС источников выбросов, м/с;  $n$  – номер источника выбросов;  $m$  – число источников выбросов.

С помощью программы «Эколог-3.0» было произведено 42 варианта расчета рассеивания свинца в атмосферном воздухе от КнаАЗ для периода 1942-1984 гг. При этом предприятие моделировалось в виде рассмотренного выше условного источника выбросов с соответствующими расчетными параметрами:  $G_{\text{сум}}$ ,  $D_{\text{сум}}$ ,  $V_{\text{ср}}$ . Остальные параметры были взяты аналогично 1985 г. (правомерность этого была рассмотрена выше).

С целью проверки расчет рассеивания для каждого года периода 1985-2005 гг. производился дважды (42 варианта расчета). В первом случае предприятие моделировалось в виде условного источника выбросов с параметрами:  $G_{\text{сум}}$ ,  $D_{\text{сум}}$ ,  $V_{\text{ср}}$ . Во втором случае расчет рас-



сеивания производился на основе реальных параметров и характеристик каждого источника выбросов.

Сравнение полученных полей концентраций двух вариантов расчета для периода 1985-2005 гг. показало значительное расхождение в размерах зон рассеивания. На рис. 8 для примера показаны поля концентраций для двух годов: а) при моделировании предприятия как расчетного условного источника, б) при моделировании по реальным данным о каждом источнике выбросов.

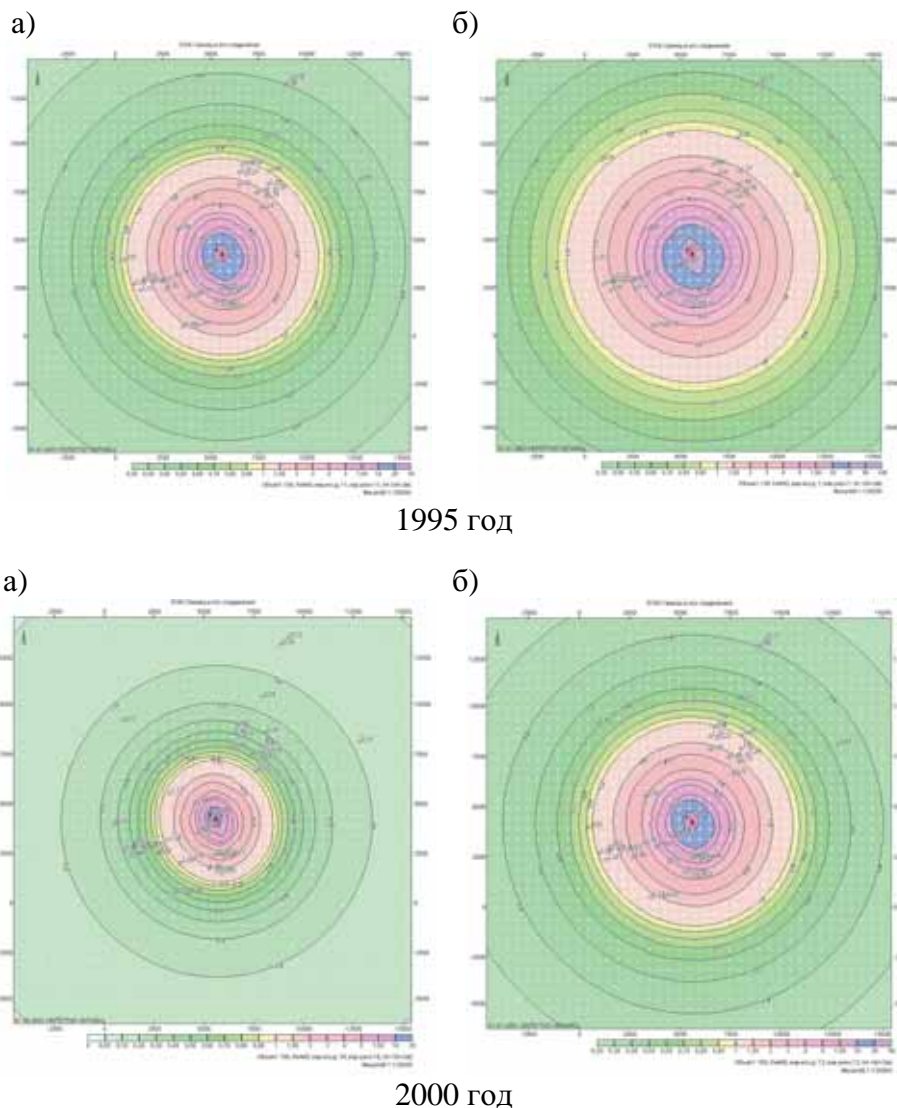


Рис. 8

Как видно из рис. 8, расхождение в результатах, полученных на основе реальных и расчетных данных о мощности, значительное – порядка 2-4 км. Поэтому следующим этапом было распределение среднегодовой суммарной мощности  $G_{\text{сум } i}$  условного суммарного источника выбросов предприятия между реальными источниками выбросов.

Среднегодовая суммарная мощность  $G_{\text{сум } i}$  предприятия равна сумме мощностей отдельных источников выбросов предприятия:

$$G_{\text{сум } i} = G_{i1} + G_{i2} + G_{i3} + \dots + G_{in},$$

где  $G_{\text{сум } i}$  – среднегодовая суммарная мощность предприятия в  $i$ -м году, т/год;  $G_{in}$  – мощность  $n$ -го источника в  $i$ -м году, г/с.

Мощности отдельных источников неодинаковы, поэтому их нельзя найти просто делением  $G_{\text{сум } i}$  на количество реальных источников выбросов в атмосфере.

**Гореликова Е.И. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ЗАВОДА (ОАО КНААЗ)**

При увеличении диаметра скорость ГВС будет снижаться, и, следовательно, будет уменьшаться мощность выброса вещества. При уменьшении диаметра скорость снизится, и мощность будет значительно больше. В связи с этим при распределении  $G_{\text{сум } i}$  между реальными источниками выбросов необходимо ввести коэффициенты, которые бы учитывали влияние на мощность выброса каждого источника диаметра трубы и скорости выхода ГВС из устья.

Определим долю вклада диаметра  $n$ -го источника в суммарный диаметр  $D_{\text{сум}}$  условного источника выбросов предприятия:

$$D_{\text{сум}} = 100 \%, \quad D_n = x \%,$$

$$X = \frac{D_n * 100 \%}{D_{\text{сум}}},$$

где  $D_{\text{сум}}$  – суммарный диаметр условного источника выбросов, м;  $D_1, D_2, D_3, D_n$  – соответственно диаметры источников выбросов, м;  $n$  – номер источника выбросов;  $X$  – доля вклада диаметра  $n$ -го источника в суммарный диаметр, %.

Коэффициент пересчета мощности источника с учётом диаметра этого источника  $K_{Dn}$  будет иметь вид:

$$K_{Dn} = X/100 \%$$

или

$$K_{Dn} = \frac{D_n}{D_{\text{сум}}}.$$

При увеличении скорости выброса мощность выброса при постоянном диаметре пропорционально увеличивается. Поэтому следует ввести коэффициент учёта скорости источника  $K_{Vn}$ . Он будет равен отношению скорости  $n$ -го источника  $V_n$  к средней скорости всех источников базового года  $V_{\text{ср}}$ :

$$K_{Vn} = \frac{v_n}{v_{\text{ср}}}.$$

Тогда формула расчета мощности  $n$ -го источника в каждом  $i$ -м году будет выглядеть следующим образом:

$$G_{in} = G_{\text{сум } i} * K_{Dn} * K_{Vn},$$

где  $G_{in}$  – мощность  $n$ -го источника в  $i$ -м году, г/с;  $G_{\text{сум } i}$  – суммарная мощность предприятия за  $i$ -й год, г/с;  $K_{Dn}$  – коэффициент учёта диаметра источника;  $K_{Vn}$  – коэффициент учёта скорости ГВС источника.

Таким методом были найдены мощности выбросов отдельных источников для периода 1942-1984 гг. При этом количество источников и их параметры были взяты аналогично 1985 г. (правомерность этого была рассмотрена выше).

Проверка этого метода по годам, для которых есть все достоверные данные о мощности каждого источника выбросов, показала погрешность определения мощности каждого источника таким способом, равную 1-3 %.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ясенский, Н. А. Применение удельных показателей выбросов загрязняющих веществ на единицу продукции в системе государственного учёта вредных воздействий на атмосферный воздух / Н. А. Ясенский, Н. А. Масленникова, Л. В. Кашлева // Научные труды НИИ Атмосфера. – 1998. – С. 41-48.
2. Буренин, Н. С. О развитии нормативно-правовой базы по техническим нормативам выбросов / Н. С. Буренин, А. Ф. Губанов, А. С. Турбин // Научные труды НИИ Атмосфера. – 2002.
3. Дьяконов, К. Н. Экологическое проектирование и экспертиза: учеб. для вузов / К. Н. Дьяконов, А. В. Дончева. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 384 с.
4. Экологическая экспертиза: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Донченко, В. М. Питулько, В. В. Растоскуев [и др.] ; под ред. В. М. Питулько. – М.: Академия, 2004. – 480 с.