

**Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова
Химический факультет**



А.А. Швыряев, В.В. Меньшиков

**Оценка риска от систематического загрязнения
атмосферы в исследуемом регионе**

*Методические указания к задаче практикума
по курсу «Охрана природы»
(«Техногенные системы и экологический риск»)*

Москва 2002 г.

УДК 614.8.

Швыряев А.А., Меньшиков В.В.

Оценка риска от систематического загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: Методические указания к задаче практикума. - М.: Изд-во Химич. фак. Моск. ун-та, 2002.

Выпуск подготовлен на кафедре химической технологии Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, ответственной за реализацию учебного курса «Охрана природы».

Разработка программы: Швыряев И.А.

Ответственный редактор:

канд. хим. наук, доц. Меньшиков В.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова)

Рецензенты:

канд. хим. наук, доц. Кубасова Л.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова),

канд. техн. наук, доц. Галактионова Н.А. (МНЭПУ)

Настоящие методические указания подготовлены для студентов V курса Химического факультета, выполняющих в практикуме по дисциплине «Охрана природы» набор заданий по теме «Оценка риска от систематического загрязнения атмосферы в исследуемом регионе».

Решение задач, поставленных преподавателем, предусматривает введение исходной информации в память компьютера и применение информационно-моделирующей системы «RoSP». Связь между базами данных различного характера и назначения осуществляется путем использования распределительных систем управления базами данных в среде Windows. В основу математического обеспечения положены известные подходы к моделированию распределения примесей загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В ходе выполнения задания студенту с помощью информационно-моделирующей системы предлагается осуществить количественную оценку риска состояния атмосферного воздуха в г. Усть-Каменогорск в результате воздействия промышленных предприятий и провести сравнительный анализ наиболее неблагоприятных воздействий с целью выдачи рекомендаций по снижению риска для здоровья населения от выбросов токсичных веществ.

Для студентов высших учебных заведений. Настоящие методические указания могут быть полезны также научным работникам и специалистам в области охраны окружающей среды, контроля и прогноза загрязнений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. ВВЕДЕНИЕ.....	4
II. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ	6
1. ВЫБОР ПРЕДПРИЯТИЙ И ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ	6
2. ХАРАКТЕРИСТИКА НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА И АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ.	10
3. МНОГОЛЕТНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РЕГИОНА Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК.....	12
4. РАСЧЕТ СРЕДНЕГОДОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ В РЕЦЕПТОРНЫХ ТОЧКАХ	13
5. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА РИСКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ROSP»	15
III. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ «ROSP»	17
IV. ПРИМЕР РАСЧЕТА	23
V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	31
VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
ЛИТЕРАТУРА	39
ИНФОРМАЦИЯ О КАФЕДРЕ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА.	40
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	40

I. ВВЕДЕНИЕ

Одно из определений безопасности характеризует безопасность как существование в условиях приемлемого риска, то есть сводит понятие безопасности к понятию приемлемого риска. Такой подход позволяет количественно оценить уровень безопасности и разрабатывать методы управления безопасностью, устанавливать тем или иным способом уровень приемлемости риска в данном регионе и вырабатывать меры по его обеспечению.

Под **приемлемым риском** понимается такой уровень риска, который был бы оправдан с точки зрения экономических и социальных факторов, то есть приемлемый риск – это риск, с которым общество в целом готово мириться ради получения определенных благ в результате своей деятельности.

Подход на основе анализа риска, как некоторой количественной оценки, особенно важен на региональном уровне, в первую очередь для регионов, где сосредоточен значительный потенциал опасных производств и объектов в сочетании со сложной социально-политической обстановкой и недостаточным финансированием.

Исходным этапом в процессе оценки риска является определение границ изучаемого региона и идентификация источников опасности.

Риск при нормальном функционировании промышленных объектов может быть обусловлен за счет выбросов или утечки вредных или опасных веществ, сбросов неочищенных стоков, захоронения опасных и высокотоксичных отходов и др. в количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормативы и оказывающих постоянное воздействие на здоровье населения и окружающую среду.

Первый шаг в анализе постоянных выбросов заключается в установлении их источников, количественных характеристик, а также физических и химических свойств выбрасываемых в окружающую среду веществ.

Второй шаг заключается в идентификации реципиентов и описании процесса переноса загрязняющих веществ в выбросах от источника к реципиенту (главным образом путем использования математических моделей). Моделирование переноса выбросов от источника к реципиенту позволяет оценить количественную характеристику опасности.

Следующий шаг состоит в идентификации или установлении зависимостей «доза-эффект» между опасностью и эффектами так, чтобы эффекты или риск могли быть определены количественно.

Определение величины опасного воздействия от данного источника является одним из начальных этапов количественной оценки риска. Точность и правильность решения данной задачи во многом определяет точность и правильность всей дальнейшей работы.

Охрана окружающей среды в непосредственной близости к промышленным предприятиям является весьма актуальной задачей, требующей решения целого комплекса научных и практических проблем.

Данный семинар направлен на изучение методов математического моделирования, используемых в природоохранной деятельности для оценки воздействия на окружающую среду. Рассматриваются примеры оценки последствий для здоровья населения техногенных воздействий с использованием процедуры оценки риска.

За последние годы разработаны математические методы, позволяющие проводить:

- построение математических моделей загрязнения атмосферы;
- прогноз и экономическую оценку возможных последствий на основе методов математического моделирования;
- разработку систем контроля и управления загрязнением атмосферного воздуха на основе математических моделей;
- разработку научно обоснованных методов долгосрочного планирования мероприятий, направленных на сокращение выбросов токсичных веществ.

Наиболее эффективно решение этих задач может быть обеспечено при использовании новых информационных технологий, позволяющих объединить в единую интегрированную структуру информационные системные программные комплексы для контроля и управления качеством атмосферного воздуха.

Целями настоящей работы является:

- познакомить студентов с принципами количественной оценки возможных негативных последствий от систематических воздействий техногенных систем на природу и человека;

- научить студентов уметь идентифицировать техногенные опасности, оценивать конкретные риски, анализировать результаты оценки рисков.

Для достижения поставленных целей создано соответствующее математическое и программное обеспечение и на основе данной методологии количественной оценки экологического риска проводится анализ воздействия вредных веществ при выбросах в атмосферу промышленных предприятий в рассматриваемом регионе.

Задача может служить отправной точкой для тех, кто желает в дальнейшем продолжить научные исследования в области природоохранной деятельности, разработки новых математических моделей и методов оценки и прогнозирования последствий техногенной деятельности для здоровья населения.

II. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Информационно-моделирующая система «RoSP» предназначена для региональной сравнительной оценки воздействия выбросов промышленных объектов в атмосферу. При постановке задачи оценки риска от воздействия стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха определяется территория, для которой решается конкретная задача. В качестве промышленного региона для проведения оценки риска выбран район г. Усть-Каменогорска с реальным расположением промышленных предприятий.

1. ВЫБОР ПРЕДПРИЯТИЙ И ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

При выборе источников и/или соединений для последующей оценки риска для здоровья от загрязнения окружающей среды можно использовать следующие критерии:

- выброс в окружающую среду канцерогенных веществ;
- выброс в окружающую среду веществ, действующих на репродуктивную функцию;
- класс опасности выбрасываемых в окружающую среду веществ и соединений;

- кратность превышения предельно допустимых концентраций (ПДК).

В Таблице 1 представлены величины ПДК и классы опасности загрязняющих веществ – основных компонентов выбросов промышленных предприятий рассматриваемого региона.

В данной задаче выбор приоритетных источников и соединений для последующей оценки риска был проведен по более точному показателю – взвешенному экспозиционному весу – по следующей формуле:

$$\text{Эмиссия} \times \text{Токсичность} \times \text{Популяция} \times \text{Экспозиция} = \\ = \text{Взвешенный экспозиционный вес вещества}$$

где:

Эмиссия – количество выбрасываемого соединения (в т/год или баллах);

Токсичность (в баллах) устанавливается на основе тяжести влияния на здоровье;

Популяция - количество населения, подвергающееся воздействию (численность или баллы);

Экспозиция (в баллах) – тип, частота и уровень экспозиции.

Рассчитанные по приведенной формуле взвешенные экспозиционные веса для отдельных веществ или соединений ранжируются, что позволяет выбирать приоритетные соединения. В случае выбора предприятия как источника опасности суммируются взвешенные экспозиционные веса веществ и соединений, выбрасываемых предприятием. Взвешенные суммы затем ранжируются и таким образом выявляются приоритетные для анализа риска предприятия источники опасности.

На Рис.1 представлена карта региона с указанием расположения жилых районов региона, объектов инфраструктуры и выбранных в результате ранжирования для проведения процедуры оценки риска источников загрязнения атмосферы (усл. обозначение – желтый круг с номером).

В качестве источников загрязнения выбраны следующие объекты:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 - Титано-магниевый комбинат; | 5 - ТЭЦ №2; |
| 2 - Свинцово-цинковый комбинат; | 6 - Конденсаторный завод; |
| 3 - Машиностроительный завод; | 7 - Завод минеральной ваты. |
| 4 - ТЭЦ №1. | |

Цифрой 8 на схеме обозначено проектируемое производство (по заданию преподавателя).

Таблица 1

ПДК и классы опасности некоторых загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Величина ПДК (мг/м ³)		Класс опасности
	Максимальная разовая	Среднесуточная	
Азот (IV) оксид NO ₂	0,085	0,04	2
Сера диоксид SO ₂	0,5	0,05	3
Углерод оксид CO	5,0	3,0	4
TSP (пыль)	0,5	0,15	3
RH (бензол)	0,3	0,1	2
Фтор (неорг.соед.)	0,2	0,03	2
РСI (CHCL ₃ , CCl ₄)	0,1	0,03	2
Хлор	0,1	0,03	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Свинец (неорг. соед. в пересчете на свинец)	0,001	0,0003	1
Мышьяк (неорг. соед.)	-	0,003	2
Аммиак NH ₃	0,2	0,04	4
Озон O ₃	0,16	0,03	1

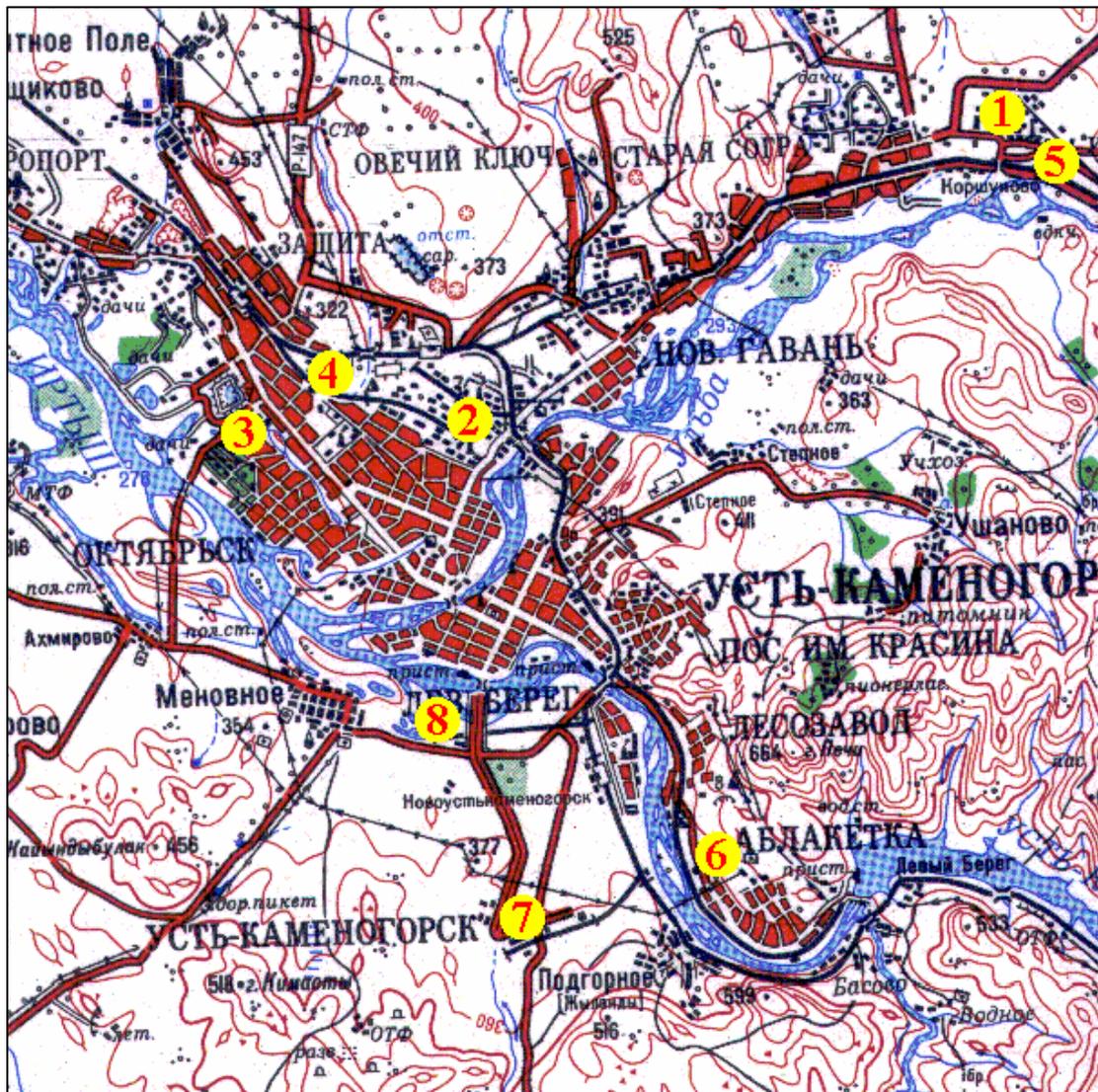


Рис.1. Карта расположения выбранных источников загрязнения

Характеристика годового объема выбросов приоритетных загрязняющих веществ выбранных предприятий исследуемого приведена в Таблице 2. Суммарные выбросы семи рассматриваемых предприятий составляют примерно 70% всех выбросов в регионе.

Таблица 2

**Выбросы вредных веществ (тонн/год)
выбранными предприятиями региона**

<i>№</i>	<i>Производство</i>	<i>CO</i>	<i>пыль</i>	<i>SO₂</i>	<i>As,Pb</i>	<i>NO_x</i>	<i>R-H</i>
1	Титано-магниевый комбинат	930	575	-	-	-	-
2	Свинцово-цинковый комбинат	24489	1964	54602	213	-	38,9
3	Машиностроительный завод	263,1	227,5	119,1	-	58,9	14,1
4	ТЭЦ №1	1533,2	9982	7302,1	-	8863,9	-
5	ТЭЦ №2	411	2285	2093,2	-	1965,3	-
6	Конденсаторный завод	2,1	18,4	297,7	0,1	21,5	68,4
7	Завод минваты	3434,9	648,1	1564,4	-	174,4	-

2. ХАРАКТЕРИСТИКА НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА И АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ.

Для количественной оценки воздействия вредных веществ на население региона (~400 000 чел.) выделено шесть микрорайонов, расположение которых показано на Рис.2. Каждому микрорайону соответствует свое географическое положение (микрорайоны выделены различными цветами на Рис.2) и количество населения (Таблица 3), на основании которых для каждого микрорайона определяется своя плотность населения.

Таблица 3

Распределение проживающего в регионе населения по микрорайонам с цветовым определением на карте (Рис.2)

№ района	Цвет на Рис.2	Кол-во населения
1	красный	90 000
2	синий	60 000
3	зеленый	100 000
4	голубой	50 000
5	желтый	40 000
6	Фиолетовый	60 000

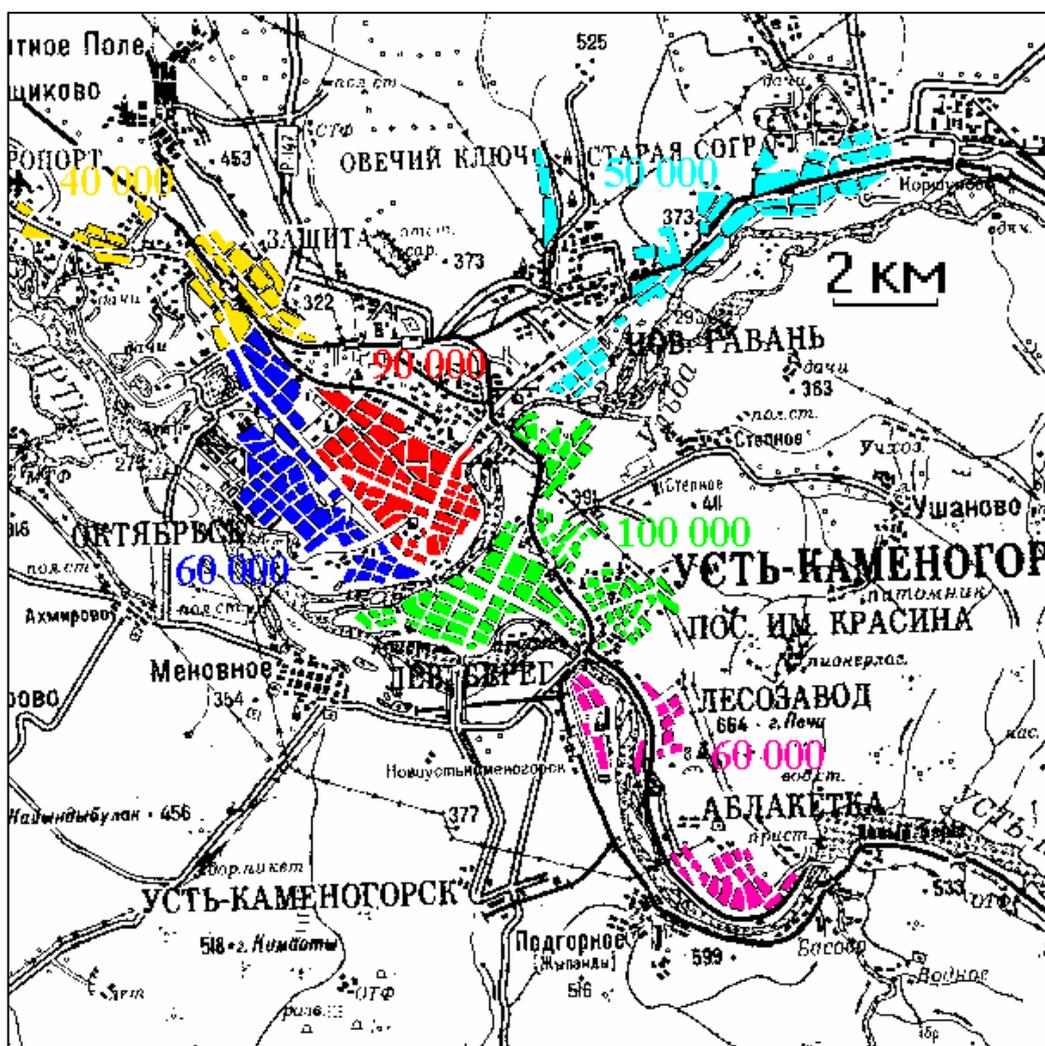


Рис.2. Расположение микрорайонов города и численность населения

3. МНОГОЛЕТНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РЕГИОНА Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК

Город Усть-Каменогорск расположен у слияния рек Иртыша и Ульбы на правом берегу реки Иртыш, в Калбинском горном районе Казахстана. Местность, окружающая город, представляет собой речную долину, окруженную почти со всех сторон отрогами горных хребтов. С востока в 3-4 км подходят западные отроги Ивановского хребта, высоты которого здесь достигают более 800 м над уровнем моря. К западу местность несколько понижается и представляет собой обширную, сильно всхолмленную равнину. К юго-западу и югу местность, постепенно повышаясь, переходит в северные отроги Калбинского хребта, пересеченного глубокими ущельями и долинами горных рек. В северном направлении местность переходит в Ульбинский хребет. Озер и болот в окрестностях нет. Почвы – горные черноземы. Растительный покров представлен ковыльно-разнотравными степями. Характеристики климата в регионе даны в справочнике по климату СССР Вып.18 по КазССР *. Ниже в Таблицах 4 и 5 представлены данные по повторяемости направления ветра и штилей, скоростях ветра.

Таблица 4

Повторяемость направления ветра и штилей, %

	<i>С</i>	<i>СВ</i>	<i>В</i>	<i>ЮВ</i>	<i>Ю</i>	<i>ЮЗ</i>	<i>З</i>	<i>СЗ</i>	<i>Штиль</i>
<i>I</i>	2	2	13	44	4	7	4	24	43
<i>II</i>	4	3	12	35	3	6	9	28	41
<i>III</i>	4	2	11	38	6	8	11	20	31
<i>IV</i>	7	3	13	28	5	8	11	25	27
<i>V</i>	5	4	10	26	5	11	14	25	23
<i>VI</i>	6	4	10	27	5	11	9	28	23
<i>VII</i>	9	5	12	30	5	10	8	21	27
<i>VIII</i>	7	4	9	25	4	8	8	35	33
<i>IX</i>	4	4	9	26	5	13	11	28	36
<i>X</i>	2	2	11	39	5	12	11	18	27
<i>XI</i>	2	2	12	47	6	9	6	16	25
<i>XII</i>	3	2	14	47	3	6	7	18	34
<i>Год</i>	5	3	11	34	5	9	9	24	31

* Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. 1989. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 18. Казахская ССР. Ленинград. Гидрометеиздат.

Таблица 5

Скорость ветра, м/с и распределение по градациям скоростей, %

Месяц	Скорость, м/с		Градации скоростей								
	сред.	макс.	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-20
<i>I</i>	2.1	16	53	18	14	11	3	1	-	-	-
<i>II</i>	1.9	15	59	14	13	8	3	1	2	-	-
<i>III</i>	1.5	12	58	23	11	5	2	0	1	-	-
<i>IV</i>	2.9	17	33	27	22	12	5	1	0	0	-
<i>V</i>	3.1	19	31	27	21	12	6	2	1	0	0
<i>VI</i>	2.6	16	37	31	19	7	4	1	1	0	-
<i>VII</i>	2.3	16	38	33	19	6	2	1	1	-	-
<i>VIII</i>	2.1	13	42	32	18	5	2	1	-	-	-
<i>IX</i>	2.2	14	43	28	17	7	3	1	1	-	-
<i>X</i>	2.5	15	41	27	18	10	4	0	0	-	-
<i>XI</i>	2.3	15	47	24	16	10	3	0	0	-	-
<i>XII</i>	2.1	16	50	23	16	8	3	0	0	0	-
<i>Год</i>	2.1.	22 2	43	27	17	9	3	1	0	0	0

4. РАСЧЕТ СРЕДНЕГОДОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ В РЕЦЕПТОРНЫХ ТОЧКАХ

Для отобранных предприятий проводится моделирование рассеивания нормализованного выброса в 1г/с для расчета концентраций от нормализованного выброса в рецепторных точках. Если бы все загрязняющие вещества имели бы одинаковые коэффициенты оседания и температуры выбросов, то расчет по модели рассеивания можно было бы провести только один раз (для каждого предприятия). Но поскольку эти параметры могут отличаться для различных загрязняющих веществ, то может потребоваться прогонять модель для каждого выбранного вещества отдельно. В этом случае среднегодовая концентрация рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ср.год.}} = C_{\text{норм.выбр.}} \cdot Q$$

где

$C_{\text{ср.год.}}$ – среднегодовая концентрация вещества X в мкг/м³;

$C_{\text{норм.выбр.}}$ – концентрация от нормализованного выброса вещества X в $(\text{мкг}/\text{м}^3)(\text{г}/\text{с})^{-1}$;

Q – среднегодовой выброс вещества X в г/с.

Решение задачи расчета среднегодовых концентраций сводится к интегрированию всех возможных концентраций загрязняющих веществ в заданной точке пространства (x,y) , которые могут возникнуть в течение года с учетом вероятности реализации определенного из шести характерных классов устойчивости атмосферы при заданной скорости ветра. Поскольку предполагается, что в пределах сектора M-румбовой розы ветров направление ветра распределено равномерно, то среднегодовая концентрация $C(x,y)$ может быть рассчитана по формуле:

$$C(x,y) = C(r,\theta) = \sum_{l=1}^L P_{vl} \times \left\{ \sum_{k=1}^6 (P_k(U_1) \times \frac{M \times Q \times \gamma(x/U)}{2 \times \sqrt{2} \times \pi^{3/2} \times r \times U_1 \sigma_z}) \times f(A, H, \sigma_z) \right\}$$

где

Q – мощность источника, кг/с;

P_{vl} – вероятность реализации ветра со скоростью U_1 м/с, в соответствующем секторе M-румбовой схемы;

$P_k(U_1)$ – вероятность реализации определенного класса устойчивости атмосферы при ветре U_1 (A- 1, B- 2,...,F - 6);

θ – направление ветра в полярных координатах;

r – расстояние от источника загрязнения до точки (x,y) ;

σ_z – характеристика дисперсии по вертикали;

$f(A,H,\sigma_z)$ – функция влияния высоты источника загрязнения (H) и высоты слоя перемешивания (A);

$2 \times \pi / M$ – угловая доля сектора в M- румбовой схеме ветров;

$\gamma(x/U) = \gamma(t)$ – функция изменения концентрации по оси шлейфа за счет фотохимических реакций, сухого и влажного осаждения и т.п. во времени.

Для случая простой Гауссовой модели дисперсии не взаимодействующего вещества:

$$\gamma(x/U) = \gamma(t) = 1$$
$$f(A, H, \sigma_z) = 2 \times \exp(-H / (2 \times \sigma_z^2))$$

5. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА РИСКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ROSP»

В программе «RoSP» используются следующие уравнения расчета риска для здоровья населения при ингаляционном воздействии вследствие загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий:

1. для расчета канцерогенного риска

$$R_{\text{инд}} = C \times UR_i$$

где

$R_{\text{инд}}$ – годовой индивидуальный (дополнительный к фоновому) риск развития рака [год⁻¹];

C – средняя ежедневная концентрация загрязняющего вещества, воздействующая на человека на протяжении всей жизни [мкг/м³];

UR_i – единичный риск для ингаляционного воздействия, характеризующий значение риска для одной единицы концентрации загрязняющего вещества в воздухе на один год [(мкг/м³)·год]⁻¹.

Для расчета популяционного риска ($R_{\text{поп}}$) число дополнительных (к фоновому) случаев рака в год в данной популяции умножаем на численность популяции (POP):

$$R_{\text{поп}} = R_{\text{инд}} \cdot \text{POP}$$

Таблица 6

Расчетные значения единичных рисков для выбранных приоритетных загрязняющих веществ при ингаляционном воздействии, используемые в данной задаче

<i>Вещество</i>	<i>Значение единичного риска [(мкг/м³)·год]⁻¹</i>
Pb	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Винилхлорид*	$3 \cdot 10^{-5}$
CO	$1 \cdot 10^{-8}$
SO ₂	$2 \cdot 10^{-8}$
RCI*	$5 \cdot 10^{-7}$
RH (бензол)*	$1 \cdot 10^{-7}$
NO _x	$1 \cdot 10^{-7}$
PM(10) и менее	$1,5 \cdot 10^{-7}$
As*	$5 \cdot 10^{-5}$

Примечание: * – канцерогенные

2. для расчета неканцерогенного риска

$$NCHQ = E/RfC$$

где

- NCHQ** – коэффициент опасности для неканцерогенных эффектов;
E – уровень поглощения или экспозиции;
RfC – референтная (базовая) концентрация, при действии которой на человеческую популяцию, включая ее чувствительные подгруппы, не создается риск развития каких либо уловимых вредных эффектов в течение всего периода жизни, т.е. среднесуточная предельно допустимая концентрация в воздухе населенных мест, обоснованная по резорбтивному или рефлекторно-резорбтивному лимитирующему признаку вредности.

Чем больше величина **NCHQ** превосходит единицу, тем более значительную опасность может представлять анализируемое воздействие.

3. для расчета суммарного риска

В методологии оценки риска комбинированное действие канцерогенных факторов принято рассматривать как аддитивное. Для неканцерогенных веществ аддитивность признается в случае их одинакового токсического действия.

а) суммарный канцерогенный риск рассчитывается по следующей формуле

$$R_{\text{сум}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$R_{\text{сум}}$ – суммарный канцерогенный риск от воздействия нескольких токсикантов;

R_1, R_2, R_n – канцерогенные риски, обусловленные воздействием компонентов смеси химических веществ.

б) суммарный неканцерогенный риск рассчитывается по следующей формуле

$$HI = NCHQ_1 + NCHQ_2 + NCHQ_n$$

где

HI – индекс опасности воздействия нескольких химических веществ общетоксического характера действия;

$NCHQ_1, NCHQ_2, NCHQ_n$ – коэффициенты опасности для нескольких химических веществ или для разных путей поступления одного и того же вещества.

III. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ «ROSP»

Информационно-моделирующая система «RoSP» представляет собой интерактивную среду, состоящую из нескольких блоков. Пересчет от блока выбросов к блоку концентраций осуществляется моделью распространения загрязняющих веществ. Результаты расчетов концентраций подаются затем на вход модельного блока расчета риска для здоровья.

Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере проводится на основе данных о выбросах промышленных предприятий как для конкретных метеорологических условий рассматриваемого региона, так и для усредненных в разрезе года. Система обеспечивает высокую производительность, соответствуя современным требованиям к учебным информационно-

моделирующим системам, используемым для прогнозирования экологической ситуации в регионе.

Входными данными для настоящей модели являются:

- характеристика источника выброса (объем выброса в единицу времени, концентрация загрязняющих веществ, температура, высота трубы и т.д.);
- метеорологические характеристики (скорости ветра, тип устойчивости атмосферы, температура и т.п.). Источником метеоданных служат данные наблюдений метеослужб;
- характеристики местности (город или село, рельеф, наличие и форма близлежащих зданий и т.п.).

Выходные данные:

- концентрации загрязняющих веществ в заданной точке с усреднением за заданный период времени;
- максимальные концентрации при самых неблагоприятных атмосферных и погодных условиях.

Первая группа входных данных получается с этапа расчета выбросов. Для получения остальных групп данных необходимо использовать метеорологические и географические базы данных для конкретной территории или сформированные под конкретную задачу.

Предлагаемая модель дает два уровня моделирования: стационарное распределение концентраций при текущих условиях переноса и среднюю картину концентраций за год. Согласно проведенным U.S. EPA исследованиям, в этом случае модели распространения выброса в воздухе могут быть однотипными, независимо от типа источника – точечного, линейного или площадного, – различаясь только значением параметров.

Агрегирование результатов расчета модели для перехода на уровень средней картины концентраций дает возможность приближенной оценки ожидаемой средней концентрации загрязняющих веществ по выбранной группе населенных пунктов и за интервал времени порядка года. Детальная информация о рельефе и близлежащих зданиях сводится к нескольким обобщенным характеристикам. Атмосферные условия представляются только устойчивым распределением направлений и скорости ветра, характеристики источника сведены к объему выброса и концентрации в нем загрязняющего вещества.

Задача оценки индивидуального риска по используемой методике U.S. EPA ставится в предположении заданности участка местности и

неизменности состояния окружающей среды, механизмов распространения токсических веществ и их воздействия на население. Таким образом в методике отсутствует время и пространство как переменные. В частности, каким бы ни был временной интервал экспозиции, концентрации экстраполируются на «пожизненную экспозицию» и рассчитывается соответствующая доза.

Ущерб для здоровья оценивается двумя величинами: вероятностью приобрести раковое заболевание и индексами опасности неракового заболевания. Интегральная оценка ущерба от набора загрязняющих веществ предполагает аддитивность их воздействия.

Решение задачи оценки риска разбивается на следующие стадии:

- идентификация опасности;
- оценка зависимости «доза-эффект»;
- оценка экспозиции;
- характеристика риска.

При **идентификации опасности** используется база качественных, экспертных влияний на здоровье, присутствии на данной территории и т.п. Система поддерживает такую базу знаний в виде гипертекста, который может расширяться и редактироваться самим экспертом.

Для **второго этапа** система предусматривает использование коэффициентов взаимосвязи «доза-эффект», рекомендованных U.S. EPA. Они суммируют большой опыт мировых токсикологических и эпидемиологических исследований и имеют весьма общий характер и большие «коэффициенты запаса».

Для **третьего этапа** система поддерживает среду для выработки экспертом сценариев экспозиции и разбиения населения на экспозиционные группы, адаптированные к рассматриваемой опасности региона.

Четвертый этап – характеристика риска – включает его распределение во всевозможных разрезах. Характеристика риска включает ранжирование рисков по группам населения, типам загрязняющих веществ и другим факторам. Такая информация о «группах риска» и «территориях риска» может быть использована для принятия решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения, в частности, для установления приоритетных опасностей. А также для оптимизации исследований, связанных с рисками для

здоровья человека и передачи проанализированной информации лицу, принимающему решение (ЛПР).

Адаптированный для пользователя интерфейс программы «RoSP» позволяет эффективно проводить расчеты в рамках поставленной учебной задачи.

Начало работы

Для начала работы с программой «RoSP» следует ввести фамилию, имя, отчество и номер учебной группы в опции **Файл\ФИО**, после чего становится доступной опция выбора варианта задания **Файл\Вариант**, в которой следует выбрать номер варианта по заданию преподавателя.

После выбора варианта становятся доступными группы опций **Редактор** и **Расчет**.

Описание опций

Файл

Файл\ФИО

опция предназначена для ввода фамилий, имён, отчеств, а также номеров учебных групп студентов. Для начала работы требуется хотя бы одна запись данных. Подтверждение записи производится нажатием кнопки **Ок**.

Файл\Вариант

опция предназначена для выбора варианта задания. Выбор осуществляется нажатием на кнопку с соответствующим номером.

Файл\Выход

осуществляет выход из программы.

Сведения

Сведения\Регион

предоставляет карту региона.

Сведения\Население

предоставляет карту региона с учетом местоположения населения.

Сведения\Метеорология

выводит информацию о розе ветров в виде таблицы.

Сведения\Устойчивость

выводит информацию о классах устойчивости атмосферы в виде таблицы.

Сведения\Загрязнение

предоставляет информацию о ПДК и другие литературные данные.

Сведения\ЗВ\Население

предоставляет информацию о значениях единичных рисков и другие данные из лекционного курса «Охрана природы».

Редактор (становится доступной после выбора варианта)

Редактор\Выбросы

предназначена для изменения параметров выброса (скорость и высота) для каждого из источников загрязнения. Выбор источника загрязнения осуществляется в панели **Источник загрязнения №**, в нижней панели производится изменение параметров выброса. Подтверждение изменения производится нажатием кнопки **Ок**.

Редактор\Ветер

предназначена для изменения параметров скорости, устойчивости и направления ветра. В верхних двух панелях следует изменять параметры скорости и устойчивости. Направление ветра характеризует положение стрелки, изменяющееся с помощью кнопок **▲ ▼**. Подтверждение изменения производится нажатием кнопки **Ок**.

Редактор\ПДК

предназначена для изменения параметров предельно допустимых концентраций. Изменение производится в соответствующих панелях. Подтверждение изменения производится нажатием кнопки **Ок**.

Редактор\Риск

предназначена для изменения значений единичных рисков. Изменение производится в соответствующих панелях. Подтверждение изменения производится нажатием кнопки **Ок**.

Расчет (становится доступной после выбора варианта)

Расчет\Концентрации

производит расчет по концентрациям.

Расчет\Среднегодовая конц.

производит расчет по среднегодовым концентрациям.

Расчет\ПДК

производит расчет ПДК.

Расчет\Риск

производит расчет риска.

Окно Подтверждения

После выбора какой-либо опции из группы **Расчет** появляется таблица, в которой следует выбрать предметы расчета (вещества, входящие в состав выбросов того или иного источника загрязнения) с помощью пометки **галочка**. Запуск производства расчета производится нажатием кнопки **Расчет**. Выход из окна производится нажатием кнопки **Ок**.

Окно Расчета

Панель **Районы** показывает местоположения районов города. Нажатие кнопки **Анализ** производит анализ воздействия загрязнения на население. Выход из окна производится нажатием кнопки **Ок**.

Окно Анализа

Окно Анализ показывает данные по воздействию загрязнения на население. Выход из окна производится нажатием кнопки **Ок**.

Помощь

Помощь\Протокол

показывает отчет о работе студентов, последними работавших с программой RoSP.

Помощь\Задания

показывает текст варианта задания.

IV. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Для лучшего усвоения используемой программы приводим несложный пример оценки воздействия выбросов SO₂ источника загрязнения №2 (титано-магниевый комбинат, см. Таблицу 2) и последовательность операций процедуры оценки риска для исследуемого региона г. Усть-Каменогорска (Рис.1).

На первом этапе задаются или проверяются данные по интенсивности выброса в г/с и высоте подъема факела для данного выброса. Последовательность вызова: Редактор → Выбросы → Источник загрязнения №2 → Выброс 1731.4 → Высота 120. (Параметры скорости выброса и подъем факела задаются преподавателем.) Пример вида экрана представлен на Рис 3.

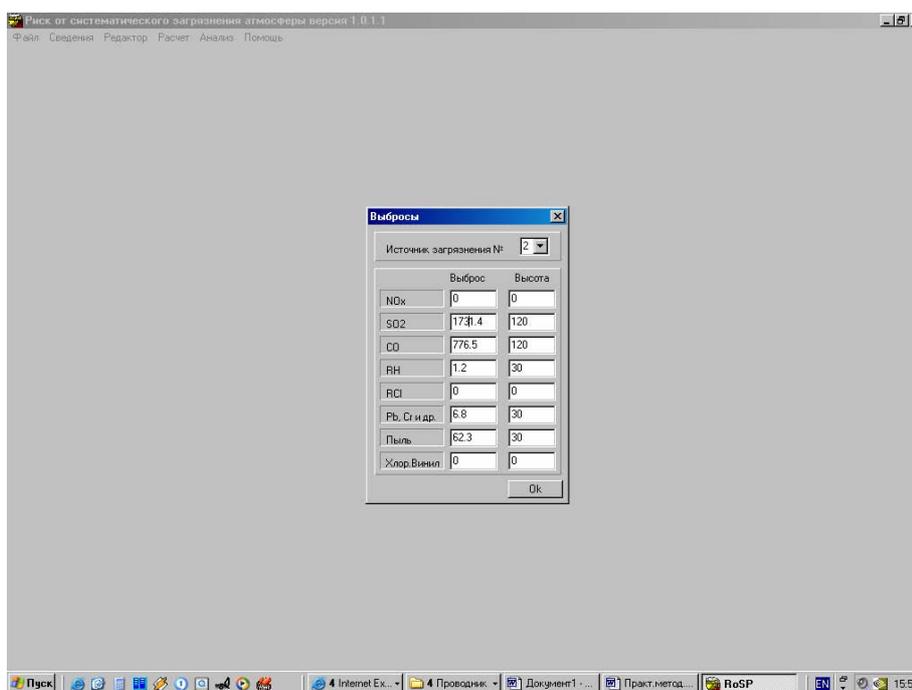


Рис.3

Для расчета распределения концентрации SO_2 при заданных направлении ветра, его скорости и классе устойчивости атмосферы необходима следующая последовательность вызова: Редактор → Ветер → Скорость ветра 4 → Устойчивость D → Направление 142°. Пример вида экрана представлен на Рис.4.

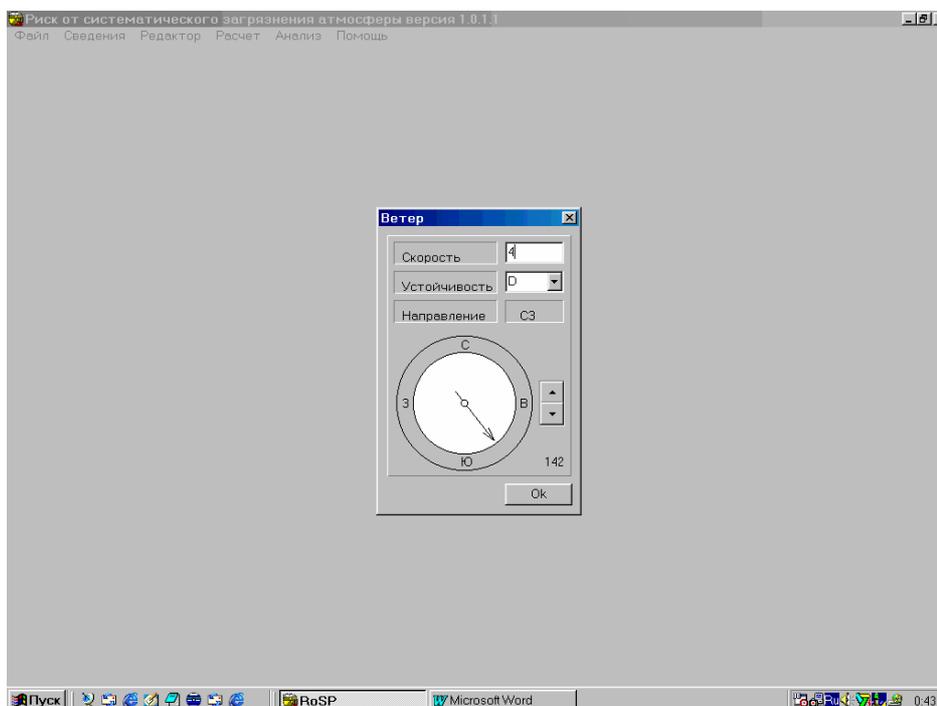


Рис.4

Концентрации. Для расчета распределения концентрации SO_2 при введенных направлении ветра, его скорости и классе устойчивости атмосферы необходима следующая последовательность вызова: Расчет → Концентрации → Выделение нужного элемента для завода №2 → Кнопка **Расчет**. Пример вида экрана при выделении элемента показан на Рис. 5, а результатов расчета – на Рис.6.

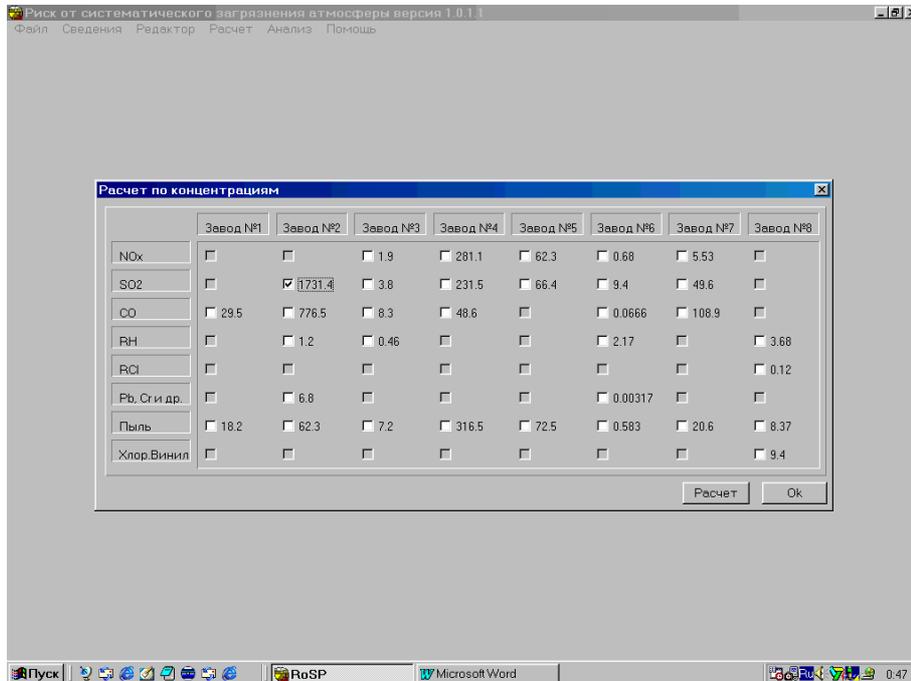


Рис.5

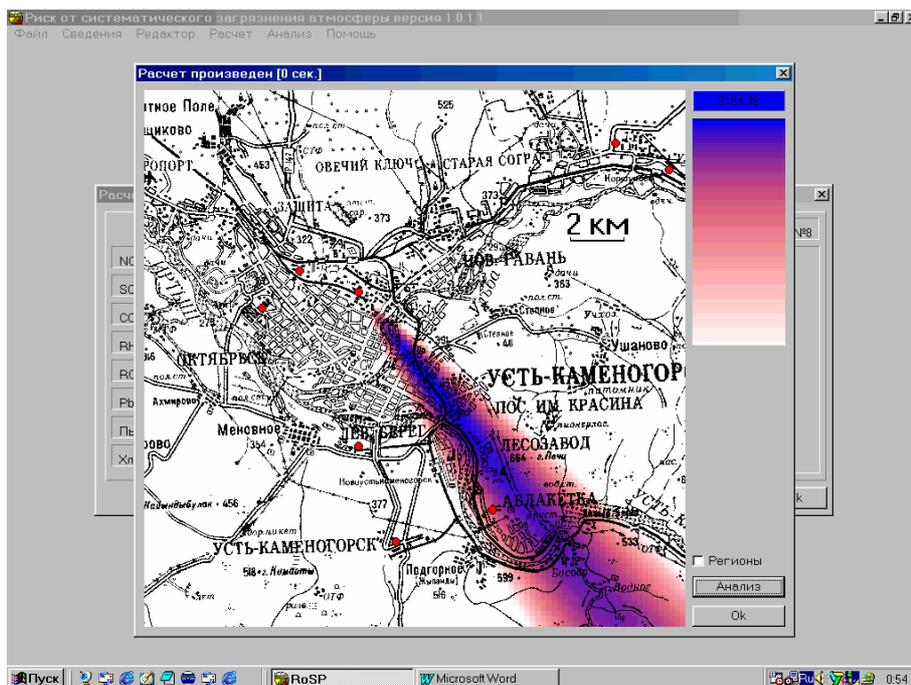


Рис.6

Результаты расчета концентрации выдаются в виде градации цвета на карте региона. При помещении указателя "мыши" в заданную точку региона в окне справа выдается информация об уровне концентрации в $\text{мкг}/\text{м}^3$. Выбор кнопки **Районы** позволяет выдать на экран географическое расположение микрорайонов (Рис.7). Выбор кнопки **Анализ** выдает сводную информацию о нагрузке на население микрорайонов и всего региона в целом (Рис.8).

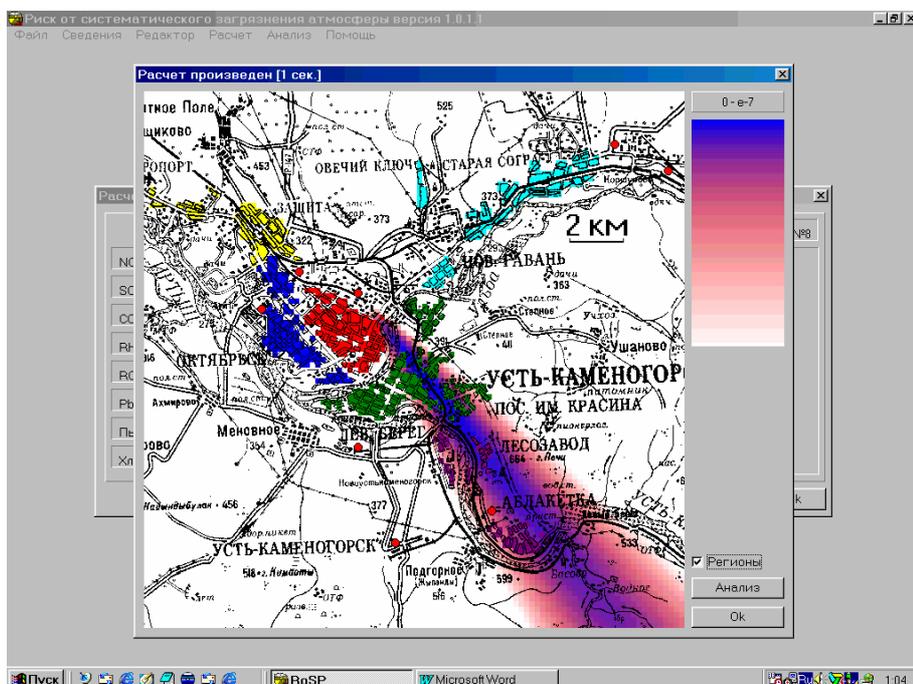


Рис.7

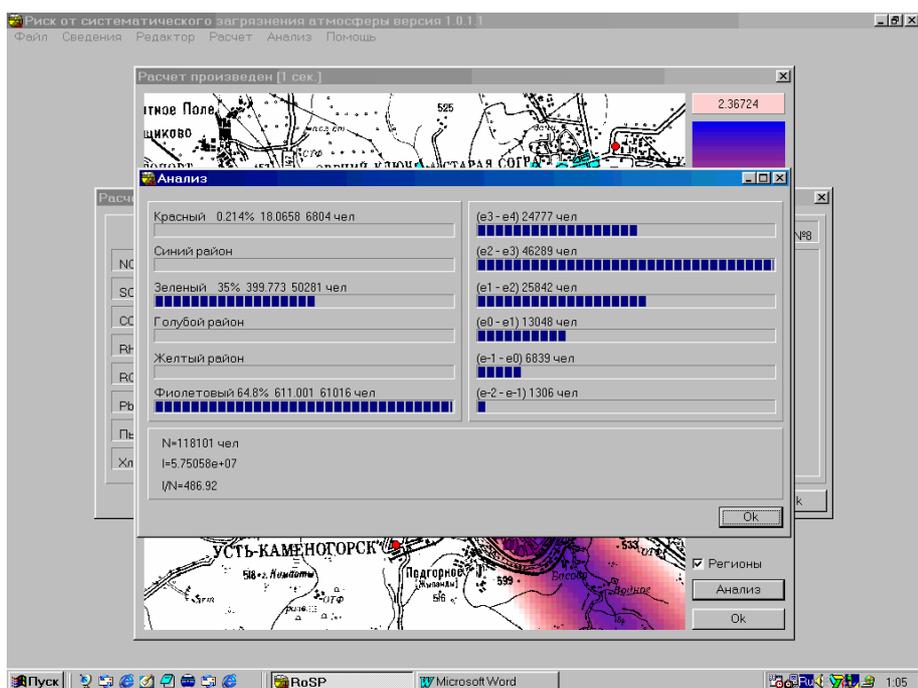


Рис.8

В нижнем окне N – число человек, на которых оказывается воздействие, I – суммарный индекс нагрузки, равный сумме показателя воздействия (концентрация, ПДК или уровня риска) для всех людей региона, на которых оказывается ненулевое воздействие показателя.

Далее, изменяя вводимые данные по метеоусловиям, варьируется нагрузка на различные микрорайоны региона.

Среднегодовые концентрации. Последовательность действий экран №1. Далее следующая последовательность вызова: Расчет → Среднегодовые концентрации → Выделение нужного элемента для завода №2 → Кнопка **Расчет**. Пример вида экрана с результатами расчета – на Рис.9.

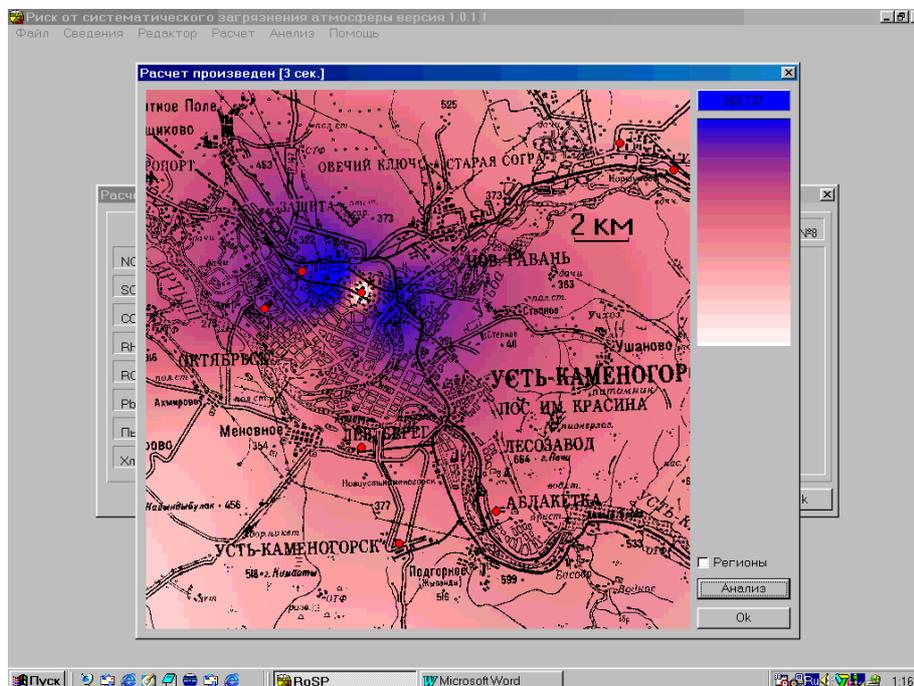


Рис.9

Выбор кнопки **Районы** позволяет выдать на экран географическое расположение микрорайонов. Выбор кнопки **Анализ** выдает сводную информацию о нагрузке на население микрорайонов и всего региона в целом по среднегодовым показателям концентрации. Изменяя положение указателя "мыши" на экране (Рис.9), в правом окне выдается информация об уровне среднегодовой концентрации в заданной точке региона.

ПДК. Последовательность вызова аналогична процедуре расчета концентраций при задании в режиме редактора значения ПДК для изучаемого загрязняющего вещества.

Пример вида экрана с результатами расчета представлены на Рис.10 (с выбором кнопки **Районы**).

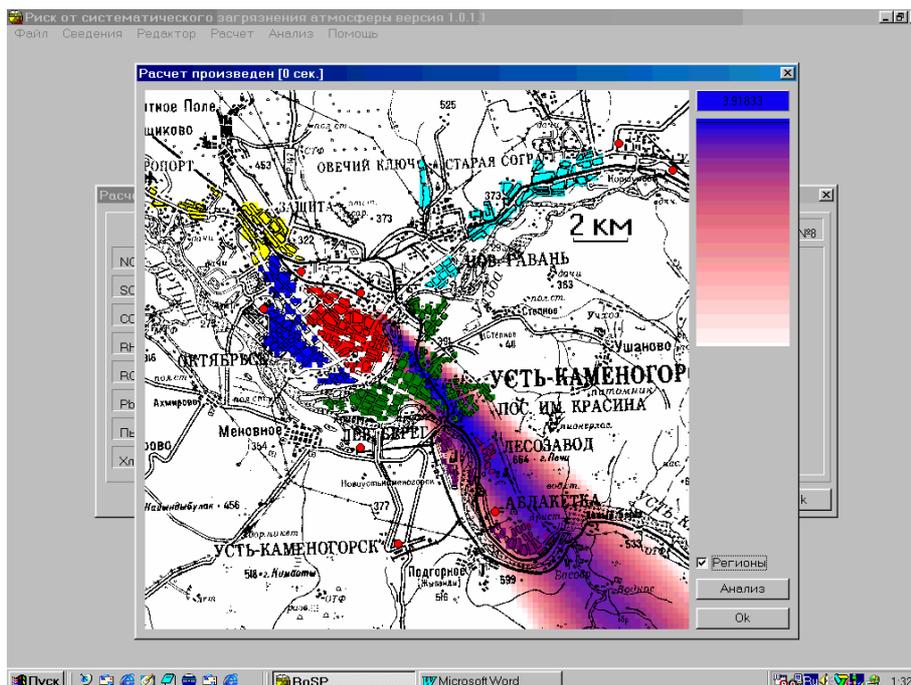


Рис.10

Риск. Последовательность вызова аналогична процедуре расчета среднегодовых концентраций при задании в режиме редактора значения коэффициентов риска для изучаемого загрязняющего вещества.

Пример вида экрана с результатами расчета показан на Рис.11 (с выбором кнопки **Районы**).

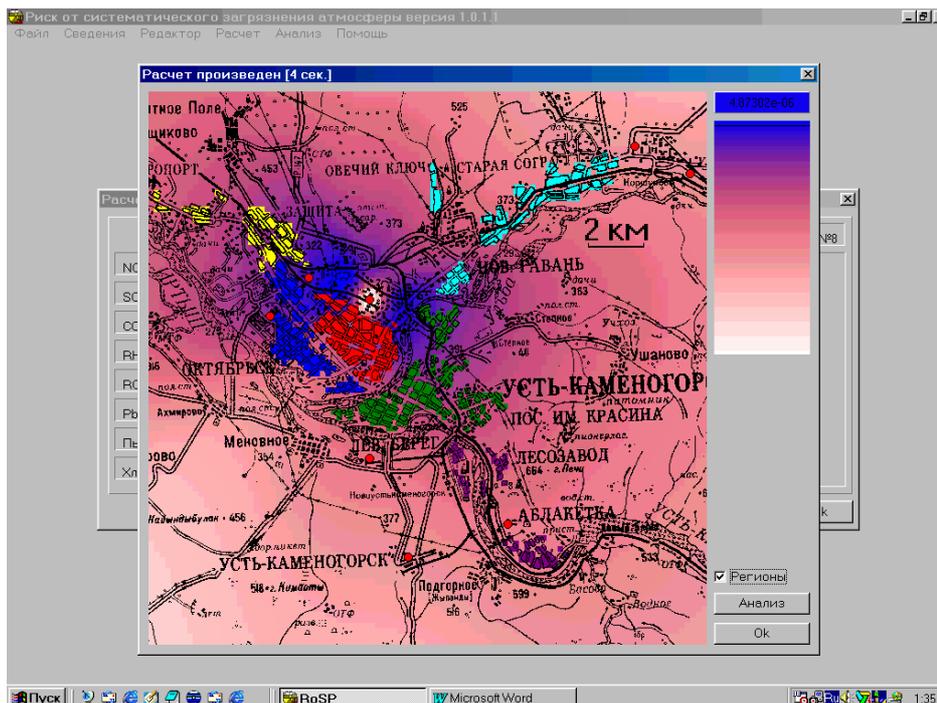


Рис.11

Результаты анализа представлены в Таблицах 7 и 8:

Таблица 7

Распределение населения по уровням риска

<i>Уровень риска [1/год]</i>		<i>Кол-во чел.</i>
<i>Обозначение в программе</i>	<i>Численное значение</i>	
(e-5 - e-4)	$10^{-5} - 10^{-4}$	0 чел
(e-6 - e-5)	$10^{-6} - 10^{-5}$	307983 чел
(e-7 - e-6)	$10^{-7} - 10^{-6}$	92680 чел
(e-8 - e-7)	$10^{-8} - 10^{-7}$	0 чел
(e-9 - e-8)	$10^{-9} - 10^{-8}$	0 чел
(e-10 - e-9)	$10^{-10} - 10^{-9}$	0 чел

Таблица 8

Распределение риска по микрорайонам

<i>№</i>	<i>Цвет микрорайона с цветовым обозначением на карте</i>	<i>Доля в популяционном риске</i>	<i>Индивидуальный риск в микрорайоне</i>	<i>Количество населения, подверженное воздействию</i>
1	Красный	22.7%	1.76608e-06	89964 чел
2	Синий	19.1%	2.22786e-06	59920 чел
3	Зеленый	18.5%	1.29762e-06	99909 чел
4	Голубой	10.1%	1.42316e-06	49923 чел
5	Желтый	21.3%	3.73074e-06	39931 чел
6	Фиолетовый	8.35%	9.59151e-07	61016 чел

Коллективный риск в регионе равен 0.7 (год)^{-1} , количество населения 400 663 чел., средний индивидуальный риск для населения региона составляет $1.75 \times 10^{-6} \text{ (год)}^{-1}$.

Замечания. При расчете концентраций можно объединять все предприятия, в выбросах которых содержится данный тип загрязняющих веществ. При расчете ПДК и риска можно объединять все типы загрязняющих веществ для всех предприятий.

Для удобства заполнения отчета результаты анализа расчетов записываются в файл протокола, который можно вызвать из меню "Помощь" → "Протокол".

V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Вариант 1

1. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки по концентрации для района №4, обозначенного на карте голубым цветом, от выбросов пыли предприятия №2 составит $1,6 \cdot 10^7$, и при каких метеоусловиях данный индекс будет сопоставим с индексом нагрузки по концентрации для этого же района от выбросов пыли предприятия №5?
2. Для каких предприятий среднегодовые концентрации SO_2 будут превышать значения ПДК_{сс} в зоне проживания населения?
3. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки в единицах ПДК составит $1,3 \cdot 10^6$ для района №1, обозначенного на карте красным цветом, и при этом нагрузка будет максимальна по сравнению с остальными районами города?
4. Во сколько раз следует увеличить высоту трубы завода №8 (выброс хлорвинила), чтобы коллективный риск в регионе увеличился не более чем на 10% по сравнению с семью уже работающими предприятиями?
5. Проранжируйте загрязняющие вещества по их вкладу в популяционный риск региона.

Вариант 2

1. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки по концентрации для района №4, обозначенного на карте голубым цветом, от выбросов SO_2 всех предприятий будет максимален и составит $1,9 \cdot 10^8$?
2. Для каких предприятий среднегодовые концентрации пыли будут превышать значения ПДК_{сс} в зоне проживания населения?
3. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) нагрузка по ПДК от выбросов всех ЗВ всех действующих предприятий будет максимальна для района №3, обозначенного на карте зеленым цветом, по сравнению с остальными районами города и составит $1,1 \cdot 10^7$?
4. Расположите загрязняющие вещества в порядке убывания показателей коллективного риска от выбросов предприятий №1-№7.

5. Рассчитайте концентрацию в приземном слое атмосферы по оси факела на расстоянии 1 км для сельской местности и городской застройки от выбросов NO_x мощностью 20г/с при высоте выброса 50м, скорости ветра 2 м/с для нейтрального состояния атмосферы.

Вариант 3

1. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) концентрация NO_x в зеленом районе будет сравнима с ПДК_{сс} от выбросов всех заводов?
2. Для каких районов среднегодовые концентрации СО будут превышать значения ПДК_{сс} ?
3. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки в единицах ПДК для района №3, обозначенного на карте зеленым цветом, от воздействия предприятия № 2 составит $3 \cdot 10^5$, и при каких метеоусловиях данный индекс будет сопоставим с индексом нагрузки по ПДК для этого же района от воздействия предприятия №4?
4. Во сколько раз следует увеличить высоту трубы завода №8 (выброс хлорвинила), чтобы коллективный риск в регионе увеличился не более чем на 10% по сравнению с семью уже работающими предприятиями?
5. Проранжируйте загрязняющие вещества по их вкладу в популяционный риск региона.

Вариант 4

1. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) нагрузка на район №1, обозначенный на карте красным цветом, по концентрации от выбросов пыли всех действующих предприятий будет максимальна и индекс нагрузки составит $8,1 \cdot 10^7$?
2. Для каких районов среднегодовые концентрации NO_x будут превышать значения ПДК_{сс} в зоне проживания населения?
3. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки в единицах ПДК для района №5, обозначенного на карте желтым цветом, от воздействия всех предприятий будет максимален и составит $9,7 \cdot 10^5$, и как изменится данный индекс при увеличении мощности выброса пыли предприятия №4 в два раза?
4. Расположите загрязняющие вещества в порядке убывания показателей коллективного риска от выбросов предприятий №1-№7.

5. Рассчитайте индивидуальный риск для каждого из ЗВ, исходя из значений среднегодовых концентраций для 7 предприятий.

Вариант 5

1. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки по концентрации для района №1, обозначенного на карте красным цветом, от воздействия предприятия № 2 составит $2,1 \cdot 10^8$, и при каких метеоусловиях данный индекс будет сопоставим с индексом нагрузки по концентрации для этого же района от воздействия предприятия №4?
2. Для каких предприятий среднегодовые концентрации NO_x будут превышать значения ПДК_{сс}?
3. При каких метеоусловиях (скорость ветра, класс устойчивости, направление ветра) индекс нагрузки в единицах ПДК для района №3, обозначенного на карте зеленым цветом, от выбросов всех предприятий составит $6,01 \cdot 10^5$?
4. Во сколько раз следует увеличить высоту трубы завода №8 (выброс хлорвинила), чтобы коллективный риск в регионе увеличился не более чем на 10% по сравнению с семью уже работающими предприятиями?
5. Проранжируйте загрязняющие вещества по их вкладу в популяционный риск региона (предприятия №1-№8).

Дополнительные задания

Вариант 6

1. Рассчитать зависимость $C(x, y, z)$ от выбросов диоксида серы предприятия №2 для классов устойчивости атмосферы В, D, F для скоростей ветра 1, 3, 5 м/с, высоте выброса 70м и 120м.
2. Построить зоны загазованности, превышающей ПДК_{мр} по оксидам азота для выбросов предприятия №5 для скорости ветра 1м/с и классов устойчивости атмосферы А, С, Е при высоте выброса 50 м.
3. Рассчитайте зависимость среднегодовой концентрации от расстояния от промышленного объекта в предположении равновероятностного направления ветра в регионе, учитывая что ветер со скоростью 1м/с наблюдается в 40% случаев, $U=3$ м/с – 30%, $U=5$ м/с – 20%, $U=7$ м/с – 10%. Распределение классов устойчивости атмосферы при каждой скорости ветра считать равновероятной. Высота выброса $H=100$ м, $Q=55000$ т/год.

4. Рассчитайте комплексный показатель воздействия от предприятия №2.

Вариант 7

1. Рассчитать зависимость $C(x, y, z)$ от выбросов пыли предприятия №5 для классов устойчивости атмосферы В, D, F для скоростей ветра 1, 3, 5 м/с, высоте выброса 60м и 100м.
2. Построить зоны загазованности, превышающей ПДК_{мр} по оксидам азота для выбросов предприятия №4 для скорости ветра 2м/с и классов устойчивости атмосферы С, D, E при высоте выброса 50 м.
3. Рассчитайте зависимость среднегодовой концентрации от расстояния от промышленного объекта в предположении равновероятностного направления ветра в регионе, учитывая что ветер со скоростью 1м/с наблюдается в 40% случаев, $U=3$ м/с – 30%, $U=5$ м/с – 20%, $U=7$ м/с – 10%. Распределение классов устойчивости атмосферы при каждой скорости ветра считать равновероятной. Высота выброса $H=120$ м, $Q=50000$ т/год.
4. Рассчитайте комплексный показатель воздействия от предприятия №3.

Вариант 8

1. Рассчитать зависимость $C(x, y, z)$ от выбросов оксидов азота предприятия №4 для классов устойчивости атмосферы В, D, F для скоростей ветра 1, 3, 5 м/с, высоте выброса 30м и 80м.
2. Построить зоны загазованности, превышающей ПДК_{мр} по диоксиду серы для выбросов предприятия №5 для скорости ветра 1м/с и классов устойчивости атмосферы А, С, E при высоте выброса 60 м.
3. Рассчитайте зависимость среднегодовой концентрации от расстояния от промышленного объекта в предположении равновероятностного направления ветра в регионе, учитывая что ветер со скоростью 1м/с наблюдается в 40% случаев, $U=3$ м/с – 30%, $U=5$ м/с – 20%, $U=7$ м/с – 10%. Распределение классов устойчивости атмосферы при каждой скорости ветра считать равновероятной. Высота выброса $H=90$ м, $Q=60000$ т/год.
4. Рассчитайте комплексный показатель воздействия от предприятия №4.

Вариант 9

1. Рассчитать зависимость $C(x,0,0)$ от выбросов оксида углерода предприятия №7 для классов устойчивости атмосферы В, D, F для скоростей ветра 1, 3, 5 м/с, высоте выброса 30м и 80м.
2. Построить зоны загазованности, превышающей ПДК_{мр} по диоксиду серы для выбросов предприятия №2 для скорости ветра 1м/с и классов устойчивости атмосферы А, С, Е при высоте выброса 40 м.
3. Рассчитайте зависимость среднегодовой концентрации от расстояния от промышленного объекта в предположении равновероятностного направления ветра в регионе, учитывая что ветер со скоростью 1м/с наблюдается в 40% случаев, U=3 м/с – 30%, U=5 м/с – 20%, U=7 м/с – 10%. Распределение классов устойчивости атмосферы при каждой скорости ветра считать равновероятной. Высота выброса H=70м, Q=30000т/год.
4. Рассчитайте комплексный показатель воздействия от предприятия №1.

Вариант 10

1. Рассчитать зависимость $C(x,0,0)$ от выбросов оксидов азота предприятия №3 для классов устойчивости атмосферы В, D, F для скоростей ветра 1, 3, 5 м/с, высоте выброса 20м и 90м.
2. Построить зоны загазованности, превышающей ПДК_{мр} по диоксиду серы для выбросов предприятия №4 для скорости ветра 1м/с и классов устойчивости атмосферы А, С, Е при высоте выброса 30 м.
3. Рассчитайте зависимость среднегодовой концентрации от расстояния от промышленного объекта в предположении равновероятностного направления ветра в регионе, учитывая что ветер со скоростью 1м/с наблюдается в 40% случаев, U=3 м/с – 30%, U=5 м/с – 20%, U=7 м/с – 10%. Распределение классов устойчивости атмосферы при каждой скорости ветра считать равновероятной. Высота выброса H=110м, Q=80000т/год.
4. Рассчитайте комплексный показатель воздействия от предприятия №3.

Расчетные задания

1. Найти связь между значениями фактора риска, выраженными в $[\text{мг}]^{-1}$ и $[\text{мкг}/\text{м}^3]^{-1}$, для населения, постоянно проживающего в местности с загрязненным атмосферным воздухом.
2. Найти связь между значениями фактора риска, выраженными в $[\text{мг}/(\text{кг}/\text{день})]^{-1}$ и $[\text{мг}^{-1}]$, для населения, постоянно проживающего в местности с загрязненным атмосферным воздухом.
3. Ввод в эксплуатацию некоторого промышленного объекта сопряжен с выбросом в атмосферу загрязняющего вещества, обладающего канцерогенным воздействием на организм человека. Рассчитать допустимую концентрацию данного токсиканта при следующих условиях:
 - допустимый для всей жизни человека индивидуальный риск, обусловленный присутствием в окружающей среде всех канцерогенов принять равным $5 \cdot 10^{-6}$;
 - устанавливаемый для всей жизни человека индивидуальный риск, вызванный присутствием ранее в окружающей среде $k-1$ канцерогенами с допустимыми концентрациями, составляет $2 \cdot 10^{-6}$;
 - фактор риска нового канцерогена, отнесенный ко всей продолжительности жизни, равен $1 \cdot 10^{-5} \text{ мг}^{-1}$;
 - время ежедневной экспозиции нового канцерогена составляет для рассматриваемого населения 8 часов.
4. Рассчитать допустимую для населения концентрацию в воздухе канцерогена, который поступает в атмосферу 16 часов ежедневно и характеризуется фактором риска, равным $1 \cdot 10^{-5} \text{ мг}^{-1}$. Значение допустимого риска, задаваемое для продолжительности всей жизни, принять равным $5 \cdot 10^{-6}$. Скорость поступления воздуха в организм составляет $20 \text{ м}^3/\text{день}$.
5. Рассчитать допустимую концентрацию в воздухе канцерогена, который будет поступать в атмосферу ежедневно в течение 8 часов. Фактор риска канцерогена равен $1 \cdot 10^{-5} \text{ мг}^{-1}$; количество людей, которые будут подвергаться его действию, составляет $5 \cdot 10^4$ чел. Считать, что допустимое количество дополнительных раковых заболеваний составляет 0,1 в год. Скорость поступления воздуха в организм составляет $20 \text{ м}^3/\text{день}$.

6. Рассчитать зависимость $C(x, y, z)$ для классов устойчивости атмосферы В, D, F при скорости ветра 3 м/с, высоте выброса 80 м, мощности источника 15000 т/год.
7. Определить площадь, на которой $C(x, y, z) > \text{ПДК}_{\text{мр}}$ по оксидам азота при $Q=300$ г/с, высоте выброса 80 м для классов устойчивости В, D, F, скорости ветра 1 и 3 м/с.
8. Рассчитайте концентрацию в приземном слое атмосферы по оси факела на расстоянии 1 км для сельской местности и городской застройки от выбросов NO_x мощностью 20 г/с при высоте выброса 50 м, скорости ветра 2 м/с для нейтрального состояния атмосферы.
9. Рассчитать допустимую концентрацию в воздухе порогового токсиканта, позволяющую предотвратить его неблагоприятное воздействие (в виде отдаленных эффектов) на жителей, постоянно проживающих в загрязненной местности ($f = 1$), в предположении, что рассматриваемый токсикант действует на них в течение всего времени жизни. Опыты по воздействию этого токсиканта на животных в течение короткого промежутка времени показали, что значение H_{NOAEL} составляет 1 мг/кг·день. Ни по биокинетике, ни по чувствительности людей к этому токсиканту данных нет.
10. Группа рабочих подвергается воздействию трех канцерогенных веществ. Усредненные за рабочий день концентрации канцерогенов равны соответственно 10, 15 и 20 мкг/м³. Рассчитать допустимую усредненную по времени рабочего дня концентрацию для каждого канцерогена в воздухе рабочего помещения при следующих условиях:
 - фактор риска F_{r1} (вещество 1) составляет $8 \cdot 10^{-4} \text{ мг}^{-1}$
 F_{r2} (вещество 2) составляет $7 \cdot 10^{-4} \text{ мг}^{-1}$
 F_{r3} (вещество 3) составляет $6 \cdot 10^{-4} \text{ мг}^{-1}$;
 - количество людей, подвергающееся воздействию канцерогенов $N_K = 4$;
 - допустимое количество дополнительных случаев онкологических заболеваний $R_e = 0,5$ в год;
 - скорость поступления воздуха в организм работающих 10 м³/день.

Каждое из значений допустимой концентрации установлено с учетом числа работников и предполагает, что допустимое количество дополнительных случаев раковых заболеваний составляет 0,5 в год

Превысит ли этот принятый допустимый уровень ($0,5 \text{ год}^{-1}$) полное количество дополнительных случаев рака, вызванное действием трех канцерогенов?

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понимая, что конкретные численные значения риска, установленные в результате настоящей работы, имеют относительный характер и могут рассматриваться только в контексте со всеми факторами неопределенности, выявленными при выполнении задачи преподавателя, а также со многими неучтенными факторами, влияющими на качество окончательных оценок, тем не менее, можно отметить, что полученные значения риска отражают количественные характеристики потенциального ущерба здоровью от воздействия различных химических веществ на исследуемой территории и тенденции его формирования.

Задача позволяет провести первичные консервативные оценки опасности того или иного объекта и проранжировать опасные объекты по сравнительному уровню риска, используя достаточно простые методики и разработанные расчетные коды. Усилия составителей и разработчиков были основаны на создании экспертной системы, которая в компьютерном виде, удобном для пользователя, позволяла бы работать с информацией об источниках техногенных опасностей в регионе при нормальном функционировании предприятий.

Изучение предложенных методов и моделей, по мнению авторов, позволит будущим специалистам на основе применения предложенного математического аппарата анализа (или дальнейшего развития) минимизировать риск и оптимально им управлять прежде всего в районах с высокоразвитой промышленностью.

Полученные знания могут оказаться полезными в практической деятельности при:

- разработке рекомендаций по возможным мерам регионального уровня, нацеленным на снижение негативных воздействий опасных для окружающей среды видов промышленного производства;
- прогнозировании экономического развития регионов с учетом антропогенных нагрузок на окружающую среду;
- выявлении критических областей, где снижение уровня неопределенности приведет к наиболее эффективной оценке достоверности риска и, тем самым, обеспечит наилучшие способы его снижения.

А также данные знания могут использоваться в других работах, связанных с задачами оценки и управления воздействием на здоровье человека.

Составители благодарят м.н.с. кафедры химической технологии Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Т.В. Захарову за помощь в компьютерной верстке и при подготовке к изданию настоящего выпуска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные указания по определению фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования и установление предельно допустимых выбросов. - М., Гидрометеоиздат, 1981.
2. *Волков Э.П.* Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС.- М.: Энергоиздат, 1986.
3. *Внуков А.К.* Защита атмосферы от выбросов энергообъектов. - М., Энергоиздат, 1992.
4. Кузьмин И.И., Пантелеев В.А. Оценка риска от техногенных атмосферных выбросов и задача управления риском в регионе. //Сб.ВИНИТИ «Итоги науки и техники», сер. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М., 1993. - № 4, с.38-44.
5. Оценка рисков для организмов человека, создаваемых химическими веществами: обоснование ориентировочных величин для установления предельно допустимых уровней экспозиции по показателям влияния на состояние здоровья. Гигиенические критерии качества окружающей среды 170. - МПХБ, ВОЗ, Женева, 1995.
6. *Сафонов В.С., Одишария Г.Э., Швыряев А. А.* Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. - М.: «Олита», 1996.
7. *Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печенникова Е.В., Пономарева О.В.* Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). - М., 1996.
8. *Новиков С.М., Авалиани С.Л., Андрианова М.М. и др.* Основные элементы оценки риска для здоровья. Пособие для семинаров. - М., 1998.
9. *Ваганов П.А., Ман-Сунг Им* Экологический риск: Учебное пособие.- СПб: Изд-во С.-Петербургского Ун-та, 1999.
10. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. – М.: МГФ «Знание», 1999.

ИНФОРМАЦИЯ О КАФЕДРЕ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА

Зав. кафедрой – профессор, д.х.н. Сафонов Михаил Семенович

Приоритетное направление кафедры:

Разработка перспективных технологических систем переработки химического сырья с позиций концепции безопасного развития техносферы.

<http://tech.chem.msu.ru>

В состав кафедры входит три лаборатории.

Лаборатория «Безопасности химических производств»

Зав. лаб. – в.н.с., к.х.н. Швыряев Александр Анатольевич

E-mail: www.shvirjaev@tech.chem.msu.ru.

Темы НИР: Оценка риска опасных промышленных объектов.
Региональная оценка риска и управление риском.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Швыряев Александр Анатольевич, ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук, заведующий лабораторией безопасности химических производств Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,

Меньшиков Валерий Викторович, доцент, кандидат химических наук, профессор экологического факультета МНЭПУ, чл-корр. РАЕН.

Программа разработана и установлена **Швыряевым Иваном Александровичем**, студентом V курса Химического факультета МГУ, дипломником лаборатории безопасности химических производств.

Область научных интересов: устойчивое развитие, экологическая безопасность, методология оценки риска, декларирование опасных промышленных объектов.

Учебное издание.

Оценка риска от систематического загрязнения атмосферы в
исследуемом регионе: Методические указания к задаче практикума.

Авторы: Швыряев А.А., Меньшиков В.В.

Технический редактор Захарова Т.В.

Компьютерная верстка Захарова Т.В.

Издание осуществлено в авторской редакции.