

Львович И.Я., Преображенский А.П., Чопоров О.Н.

АНАЛИЗ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ВЫБРОСАХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ

Воронежский институт высоких технологий

Воронежский государственный технический университет

Введение

С древних времен люди мечтали о бессмертии и всячески пытались продлить жизнь. Еще в те времена большое значение отдавалось среде обитания. В настоящее время среда обитания характеризуется наличием большого количества факторов, таких как: биологических, физических, химических, социально-экономических и др. Все они способны влиять на здоровье населения, вызывая различные заболевания. Шум, вибрация, загрязненная атмосферная среда, почва, воздух пагубно действует на здоровье населения, о чем говорят: жалобы экспонируемого населения, данные медицинской статистики (повышение заболеваемости определенными болезнями, увеличение дней временной нетрудоспособности), а также трудоемкие медицинские исследования. При исследовании зависимости здоровья граждан г. Воронежа от качества питьевой воды и атмосферного воздуха установлена достоверная положительная связь между показателем комплексной антропогенной нагрузкой и младенческой смертностью, астмой, болезнями эндокринной системы, врожденными аномалиями и др. Так же нельзя не отметить высокие положительные корреляции между концентрациями определенных загрязняющих веществ и уровнями заболеваний. К примеру оксид азота- астма; медь- болезни нервной системы. Люди, проживающие на неблагоприятной территории, болеют астмой в 4 раза чаще, ринитом и дерматитами в 2 раза, а нарушения эндокринной системы встречаются в 6 раз чаще. Тем самым, становится понятно, что оценка риска в настоящее время является важнейшей проблемой в гигиене. На рис. 1 наглядно

показана зависимость конкретных заболеваний от территории проживания населения, где условно чистая зона заболеваемость значительно ниже.

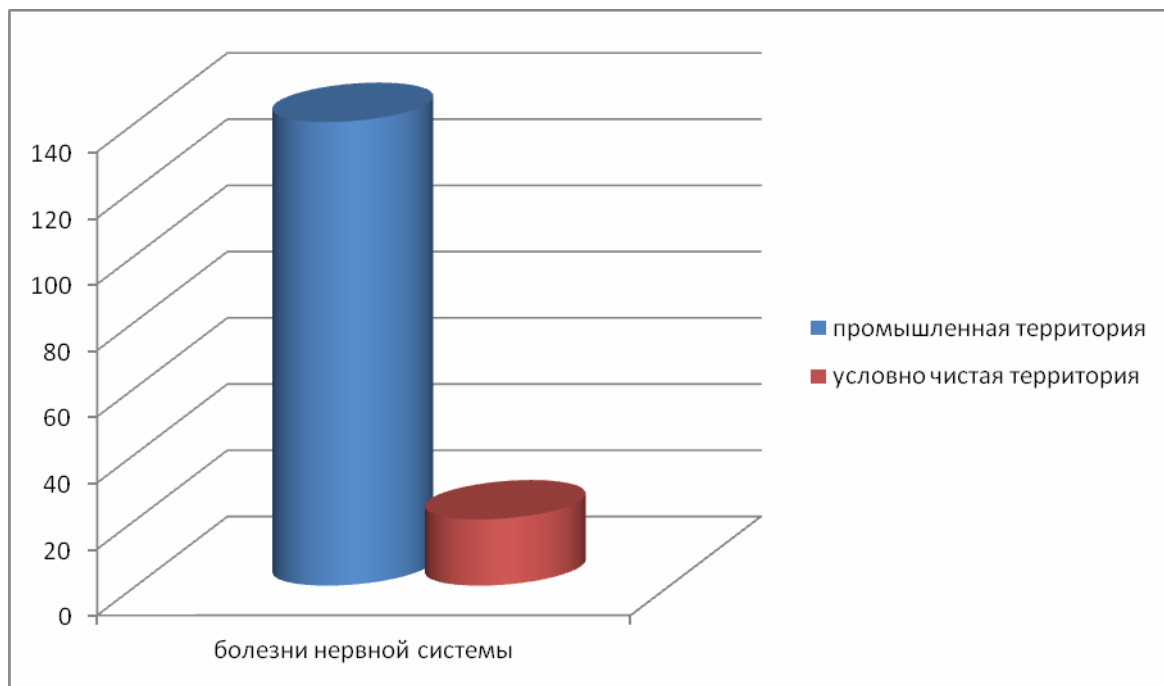
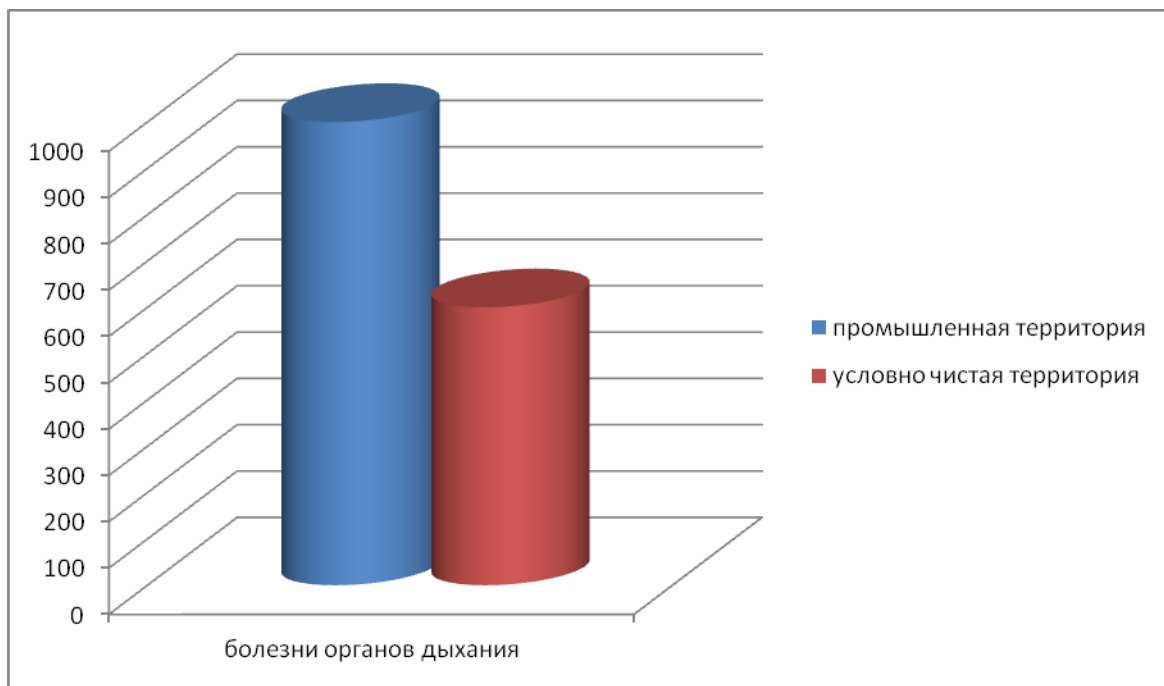


Рис. 1. – Сравнительная оценка заболеваемости детей, проживающих на территории с различной степенью загрязненности.

Целью работы является разработка комплекса моделей, алгоритмов и создание программного продукта "Предприятие", который автоматизирует работу врача гигиениста, предупредит о возможных последствиях, сохранит

динамику исследований и сделает прогноз по приоритетным веществам/канцерогенам на следующий год.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

-Провести анализ существующей нормативно - правовой документации, методических указаний и рекомендаций. Изучить действующие СанПиН, ГН, руководства.

-Разработать алгоритм для различных условий поступления вредных веществ в организм, с учетом основных факторов.

-Разработать и проверить модель прогнозирования показателей среднесуточного поступления вредных веществ /канцерогенов, в организм человека.

-Разработать алгоритм прогнозирования по приоритетным веществам и канцерогенам.

1. Алгоритмы построения вероятностных зон поражения при выбросах загрязняющих веществ в атмосферу

1.1 Из истории

Методологию оценки негативного воздействия химических веществ на общее состояние здоровья людей начали применять в США с начала 1980-х годов. Уже с тех времен, разработано большое число подходов для того, чтобы установить различные виды риска и различные причины, которые обусловили необходимость осуществления таких оценок.

Наука о риске была сформирована в последней четверти двадцатого века и, безусловно, она может рассматриваться как одна из ведущих в 21 веке. Причина этого обусловлена высокой значимостью проблем, которые связаны с рисками. Для индустриально развитых стран непрерывным образом происходит рост финансирования научных исследований в областях оценки и анализа рисков. Подходы на базе анализов рисков, как некоторых количественных оценок, имеют большую важность на региональных уровнях, в основном там,

где сосредотачиваются значительные потенциалы опасных производств, а также объектов вместе со сложными социально-политическими обстановками и недостаточным финансированием. В качестве исходного этапа в процессах оценки рисков рассматривают определение границ в изучаемых регионах, и проведение идентификации источников опасности. Риски при нормальной работе промышленных объектов могут быть обусловлены выбросами или утечками вредных или опасных веществ, сбросами неочищенных стоков, захоронением опасных и высокотоксичных отходов и др. в количествах, которые превышают санитарно-гигиенические нормативы и оказывают непрерывное воздействие на здоровье людей и окружающую среду.

В существующих условиях может считаться целесообразным отказ от стандартных экологических подходов, центром которых было проведение нормирования на базе ПДК, к проведению дифференцированных оценок вероятностей появления риска для здоровья людей. Тем самым в центр исследований ставится здоровье человека.

1.2 Основные положения

Существует множество определений риска [1]. В контексте данной работы риск следует рассматривать как вероятность того, что будет причинен вред жизни или здоровью людей, для имущества физических или юридических лиц, для государственного или муниципального имущества, для окружающей среды, для жизни или здоровья животных и растений при учете тяжести такого вреда. Таким образом, понятие риска является комплексным и включает в себя не только риск для здоровья населения, но и другие виды рисков непосредственно не связанные с нарушением здоровья населения.

В данной работе будет рассмотрен риск для здоровья населения. Основные положения по оценкам риска закреплены в руководстве Р 2.1.10.1920-04 «руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

Анализ риска способствует принятию решений по уменьшению и по возможности предупреждению опасности для здоровья населения, снижению ущерба имуществу и окружающей среды, а также позволяет снизить экономические затраты, связанные с ранней нетрудоспособностью и устранить последствия экологических катастроф. Такой системный подход в нашей стране называется обеспечением промышленной безопасности, а в других странах – управлением риском. Необходимо систематически использовать всю имеющуюся информацию для выявления опасности для отдельных групп населения, индивидуумов и окружающей среды.

Опасность является источником потенциального ущерба или вреда или ситуацией при возможности получения ущерба, а риск (Risk) или степень риска (level of risk) является сочетанием частоты или вероятности и последствий по определенному опасному событию.

Таким образом, риск включает в себя два компонента:

- Частоту, при которой осуществляется опасное событие,
- Последствия от опасных событий.

Фактически риск является мерой опасности.

Проведение идентификации опасности является процессом, связанным с выявлением и признанием, что опасность есть и определением ее характеристик.

Проведение оценки риска является применение доступной информации и научным образом обоснованных прогнозов по оценке опасностей влияния вредных факторов со стороны внешней среды и условий на здоровье людей.

Таким образом, оценка риска должна состоять из анализа частоты событий, последствий и их комбинации.

Характеристики эффективности оценки рисков зависят от уровня:

- 1) полноценности использованных методик;
- 2) вспомогательных средств, таких как базы данных, системы получения информации;

3) квалификации и компетентности задействованных экспертов, осуществляющих анализ риска;

4) адекватный выбор объектов для анализа

Если проводить анализ с точки зрения более широкого понимания рисков как мер опасности, то количественные критерии рисков могут различаться. Поэтому, в качестве конечной цели анализа рисков может быть расчет социальных, потенциальных или экологических рисков, или вероятностей реализации определенных нежелательных событий. Применение конкретных процедур при анализе рисков может быть связано с отличиями, но при этом необходимо идентифицировать опасности, оценки по рискам и разработкам, если необходимо, рекомендаций по тому, чтобы снизить риск.

Критерии для осуществления анализа риска задаются нормативно-правовыми документами и определяются на этапе планирования анализа риска.

Для большего удобства и лучшего восприятия производства разделяют на группы по степени риска, такие как – группы с высоким, промежуточным, низким уровнем опасности для здоровья населения.

Как правило производства с высоким уровнем опасности считается неприемлемым, промежуточный – мероприятия по снижению риска вредных последствий, низкий- не требует дополнительных мероприятий.

Проведение правильного выбора приемлемого риска и его мер дает возможности для того, чтобы и процедура, и результаты анализа рисков были ясны и понятны, что существенным образом увеличит эффективность управления рисками.

1.3 Требования к проведению анализа риска

Анализ риска проводится поэтапно:

- Первый этап — это планирование и организация мероприятий по расчету рисков
- На втором этапе проводят саму оценку риска
- На третьем дают рекомендации по управлению риском для здоровья населения

Для каждого этапа анализа рисков необходимо оформлять документацию.

Планирование

Для того, чтобы анализировать риск должно быть достаточно информации, полнота данных, в исследовании должны принимать эксперты с достаточной квалификацией, а предпочтение отдаваться более простым и менее затратным методам. На этапе планирования должны быть установлены цели исследования и методы их достижения. Когда определяются критерии приемлемых рисков необходимо учитывать особенности тех опасностей, которые существуют, и отличительные характеристики в ведущихся работах.

В этап планирования включается еще проведение тщательного ознакомления с анализируемыми системами. В качестве цели ознакомления рассматривают определение базы требуемых знаний и данных для того, чтобы включить их в риск-анализ.

Проведение идентификации опасности

На данном этапе исследований необходимо обнаружить все активные источники выбросов и ранее действующие, пути автомагистралей, расположение складов и захоронений ТБО, провести ранжирование территории на зоны, выделить промышленную зону, жилую и селитебную. расположение стационарных пунктов забора проб, определить контрольные точки забора проб и материалов. Крайне важно правильно отобрать приоритетные вещества, для замеров и исследований, для этого необходимо составить максимально полный список вредных химических соединений, для более точного анализа необходимо учесть способность веществ переходить из одной среды в другую и аккумулировать эффект.

При оценки риска загрязнения атмосферного воздуха веществами, конкретного объекта, наиболее важной информацией является - сведения о количественном и качественном составе сбросов и выбросов от данного объекта, их пространственных и временных характеристиках. Идентификация

опасности основана на данных об выбросах за последние четыре пять лет. На основании данных об инвентаризации выбросов, сбросов и прогноза деятельности предприятия в перспективе, выбирается один показательный год для последующего анализа. Основным источником информации о выбросах являются ежегодные формы государственной статистической отчетности такие как «ТП-Воздух и тома ПВД изучаемого населенного пункта или отдельных предприятий. Тома ПДВ обновляются не чаще одного раза в пять лет, это является недостатком данного источника информации.

Оценка риска

Оценка риска подразумевает под собой оценку последствий и их частоты. Если, последствия или частота очень мала, то достаточным будет проведение оценки 1 параметра. Когда оценивается вероятность событий, то можно использовать статистические данные.

Разработка рекомендаций по уменьшению риска

Анализ риска заканчивается разработкой рекомендаций. Если существующий риск признается приемлемыми и не несет опасности для здоровья населения, окружающей среды и имущества, то рекомендации не составляются, если же риск имеет место, то разрабатываются рекомендации.

Рекомендации могут носить технический характер (изменение технических процессов, используемых материалов), эксплуатационный, организационный (режим работы, перерывы, дополнительное питание обогащенными нейтрализующими веществами)

При разработке рекомендаций важно учитывать, что:

- прежде всего, идет разработка и внедрение простейших и связанных с наименьшими затратами рекомендаций, направленных на то, чтобы повысить безопасность;
- величина снижения рисков, которую мы можем достичь вследствие применения той или иной рекомендации, в большинстве случаев, является неизвестной;

- ресурсы, которые направляются на снижение рисков, являются ограниченными;
- для разработки каждой рекомендации требуется затратить много времени и средств;
- вкладывать большие средства, для того, чтобы дополнительным образом снизить более или менее «терпимый» риск не является разумным.

В отчете о риск-анализе должно осуществляться документирование процессов анализа рисков. Размеры отчетов связаны с целями риск-анализа, но в них должны быть указаны: цели и задачи; первичные данные и ограничения, которые определяют границы риск-анализа; описание анализируемых систем; особенности методологии анализа; результаты, связанные с идентификацией опасностей; описание применяемых моделей, их первичные параметры и возможности использования; первичные данные и источники, откуда они были взяты; результаты, связанные с оценкой рисков; анализ по неопределенностям; полученные рекомендации.

1.4 Количественные показатели риска

Исходя из того, что приведено в РД 08-120-96, когда проводится декларирование опасных производственных объектов необходимо принимать во внимание такие количественные показатели рисков [2]:

Индивидуальный риск определяется частотой поражения отдельного индивидуума, когда воздействуют исследуемые факторы опасности.

Коллективный риск определяется ожидаемым количеством тех индивидуумов, которые были смертельным образом травмированы вследствие возможных аварий в течение определенного периода времени.

Социальный риск определяется зависимостью частоты событий, в которых пострадали люди, число которых более, чем, определенная доля от этого количества людей.

Потенциальный территориальный риск определяется пространственным распределением частоты того, как реализуется негативное воздействие с определенным уровнем.

Проведем рассмотрение взаимосвязи между такими показателями. Когда осуществляется анализ рисков, то выделяют разные сценарии по авариям. Для каждого сценария аварии соотносят свою частоту реализации (λ , 1/год) и вероятностную зону поражения ($P(x,y)$), которую рассчитывают, основываясь на физических процессах того, как идут аварии и характеристиках негативных воздействий на людей и другие субъекты. Для того, чтобы получить поле потенциального территориального риска $R(x,y)$ проводят суммирование по всем вероятностным зонам поражения при учете частот их реализации для рассматриваемых территорий (предполагается малость произведения $\lambda_j * P_j(x,y)$):

$$R(x,y) = \sum_1^j \lambda_j * P_j(x,y) \quad (1)$$

Для того, чтобы оценить риск требуется провести построение распределения персонала или населения ($N(x,y)$) для анализируемой территории. В распределении отражается число субъектов воздействия, которые находятся в конкретном месте в среднем в течение года. Как результат, коллективный риск (F) определяют так

$$F = \int_s N(x,y) * R(x,y) ds$$

Для того, чтобы определить средний показатель индивидуального риска по субъектам воздействия (N) для всех субъектов необходимо сделать выделение только той части (N_R), которая подвергается рискам. Это определяется тем, что некоторое количество субъектов может быть вне пределов негативных влияний опасных производственных объектов.

$$N_R = \int_s N(x,y) ds, N(x,y) \in R(x,y) > 0 \quad (3)$$

Для среднего индивидуального риска есть оценка $R_{ind} = F/N_R$. Помимо этого показателя, на основе информации о $N(x,y)$ и $R(x,y)$, есть возможности для построения распределения субъектов воздействия относительно уровней риска ($N(R)$), N-R диаграммы. Такая информация является важной для того, чтобы оценивать количество субъектов, которые находятся под высокими уровнями риска. Кроме этого, распределение субъектов по территориям

является весьма неравномерным и поэтому в определенных случаях можно сделать разбиение всех субъектов по группам относительно того, какая их территориальная или производственная специфика. По каждому территориальному распределению $N_T(x,y)$ групп субъектов есть возможности для определения показателей коллективных (F_T) и индивидуальных R_{T_ind} рисков. Показатели социальных рисков определяют, основываясь на частоте реализации (λ , 1/год) и вероятностной зоне поражения ($P(x,y)$) по каждому сценарию аварии при учете распределения субъектов $N(x,y)$ на рассматриваемых территориях. Число пострадавших (N^*) для конкретного сценария аварии рассчитывают на основе формулы:

$$N_* = \int_S N(x,y) * P(x,y) ds \quad (4)$$

Частотой такого события является λ . Проведя расчет количества пострадавших по всему спектру сценариев (J), есть возможность построения F-N диаграммы, на основе суммирования всех частот сценариев аварий, в которых число пострадавших будет больше, чем заранее заданная величина.

1.5 О методических особенностях расчетов рассеивания выбросов в атмосфере

Проблемы, связанные с турбулентным переносом и рассеиванием разных примесей в атмосфере можно считать, как наиболее сложные проблемы в современной науке. Вариантам их решений посвящено довольно большое количество фундаментальных и прикладных разработок. В этой связи в настоящей работе делается акцент лишь на таких ее особенностях, которые связаны с выраженным методическим характером и непосредственным образом оказывают влияние на достоверность формирования полей с токсическим поражением и проведение расчетов показателей рисков. Размеры зон с токсической опасностью для выбросов токсикантов определяются как мощностью выбросов, так и характеристиками атмосферных переносов, в основном скоростью ветра и категорией (классом) устойчивости (стабильности) атмосферы. Для категорий есть различие большей частью в

интенсивности вертикальных процессов перемешивания воздуха. К наиболее неустойчивой категории “А” можно отнести условия слабого ветра и сильной солнечной радиации, при этом воздух, который нагревается за счет тепла от земной поверхности, поднимается вверх. Во многих случаях такое состояние появляется после полудня или немного ранее. Категорию “С” наблюдают когда усиливается ветер от умеренного до сильного и это большей частью происходит вечером, когда ясное небо или днем, когда низкие кучевые облака, и еще летом, когда ясные дни и высота солнца составляет от 15 ° до 30°. Для нейтральной категории “D” можно указать условия сплошной облачности, как в дневных условиях, так и ночных, когда прямые солнечные лучи влияют незначительным образом. Для устойчивых категорий “E” и “F” есть фиксация обычно в ночных условиях, когда чистое небо или слабая облачность, при этом идет выхолаживание земной поверхности и над ней идет установление инверсионного слоя. Идет подавление естественной конвекции. Повышение стабильности происходит при росте скорости ветра и уменьшении интенсивности солнечного облучения. Влияние облачности может быть разным. В ночных условиях ее уменьшение ведет к усилению охлаждения Земли, образуется температурная инверсия. В дневных условиях, наоборот, происходит усиление конвективных потоков и неустойчивость увеличивается. В литературных источниках нельзя выделить общепринятый критерий по определению категорий стабильности [9], но многие исследователи используют простейшую классификацию (Паскуилла) для вертикального градиента температур – см. табл. 1.

Таблица 1

Проведение классификации классов устойчивости по Паскуиллу

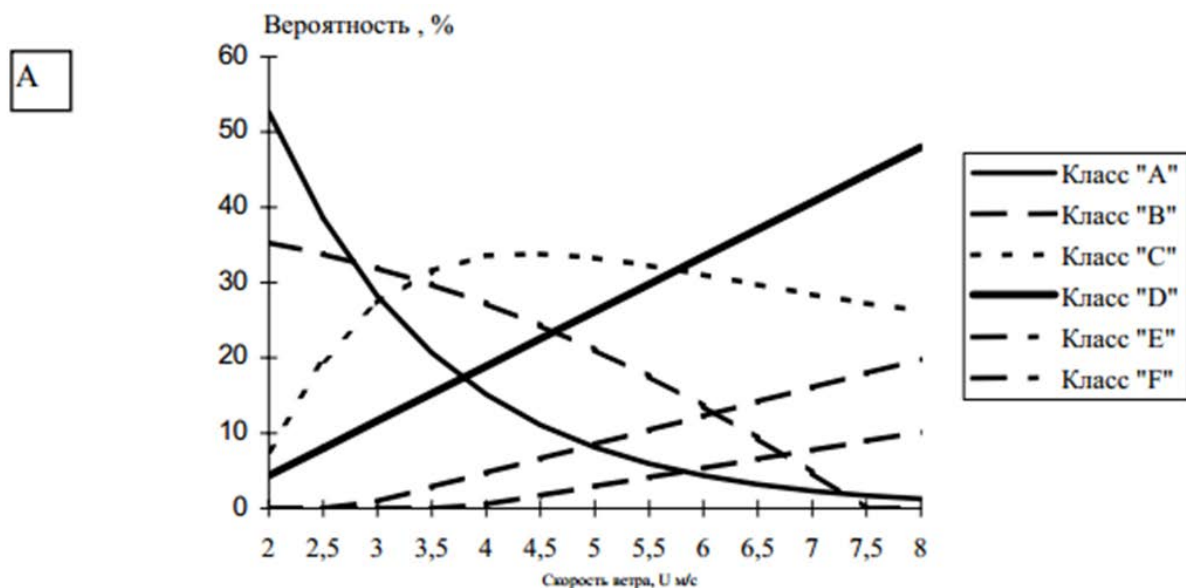
Значения градиента температуры ($\Delta T/\Delta Z$), град./100м	Описание класса устойчивости
<-1.9	А – соответствует сильной конвекции

$-(1.9 \div 1.7)$	В – соответствует конвекции
$-(1.7 \div 1.5)$	С – соответствует умеренной конвекции
$-(1.5 \div 0.5)$	D – нейтральный
$-0.5 \div +1.5$	Е – соответствует инверсии
$+(1.5 \div 4.0)$ и более	F – соответствует сильной инверсии

Устойчивость атмосферы определяется интенсивностью вертикальных конвективных течений, которые могут значительно меняться в течении суток. Распределение состояния стабильности атмосферы в теплое и в холодное времена года различны, в холодное преобладают нейтральное и стабильное состояния атмосферы; в теплое - днем неустойчивое, ночью - стабильное. При мощных вертикальных высокоскоростных выбросах или высокотемпературных выбросах, и когда источники выброса находятся на больших высотах от земной поверхности довольно важным будет проведение учета зависимости слоя, в котором идет перемешивание (в приземном слое атмосферы, характеризующимся тем, что в нем приблизительно постоянное касательное напряжение сдвига) от того, какое состояние атмосферы. Исходя из данных зарубежных исследователей, среднее значение высоты слоя перемешивания может находиться в пределах от 100 м (ночь) до 2000 м (день) [10]. Максимальные значения высоты слоев перемешивания получаются через 3-4 часа после того, как произошел восход солнца.

При описании зависимости реализации классов устойчивости атмосферы от величин скоростей ветра “U” исследователи проанализировали данные по станциям наблюдений в США [11] и в РФ (Обнинский ИЭМ) [12]. Результаты даны на рис.2. Мы можем отметить отличия между ними, поэтому, очень

важным для получения достоверных результатов применять достоверные метеорологические данные и рельеф территорий.



Uм/с	Апрель-сентябрь (4-9)						Октябрь – март (10-3)					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0-1	1.4	7.0	29.8	23.7	4.0	34.1	0.0	0.1	5.3	17.2	20.8	56.6
2-3	3.2	10.5	36.5	28.7	3.8	17.3	0.0	0.0	5.8	23.0	26.0	45.2
4-5	2.2	12.4	39.6	31.0	3.7	11.1	0.0	0.1	6.4	26.0	28.1	39.4
6-7	4.3	11.9	39.4	31.5	3.4	9.5	0.1	0.2	6.7	27.3	29.0	36.7
8-10	4.3	12.2	40.4	32.8	3.7	6.6	0.0	0.2	5.9	26.0	27.2	49.7

Рис. 2. – Взаимосвязь скорости ветра и класса устойчивости климата

С высотой существенно меняется и скорость ветра. В исследованиях часто применяют степенную зависимость, которая имеет вид:

$$U(z) = U_0 (z/z_0)^p \quad (5)$$

где U_0 – является обозначением для скорости ветра при “стандартном” значении высоты z_0 (как правило, $z_0=10$ м). Есть зависимость значений показателя “ p ” от того, какой класс устойчивости атмосферы и насколько “неровная” поверхность Δ_0 (табл. 2).

Иллюстрация зависимости параметра "р" от того, какая величина шероховатости поверхности по различным классам устойчивости атмосферы.

Таблица 2

Зависимость значений показателя “р” от того, какой класс устойчивости атмосферы и насколько “неровная” поверхность Δ_0

Категория, характеризующая стабильность атмосферы	Параметры шероховатости Δ_0 , м			
	0.01	0.1	1	3
A	0.05	0.08	0.17	0.27
B	0.06	0.09	0.17	0.28
C	0.06	0.11	0.20	0.31
D	0.12	0.16	0.27	0.37
E	0.34	0.32	0.38	0.47
F	0.53	0.54	0.61	0.69

Также отметим связь, которая существует между категориями, характеризующими устойчивость атмосферы и характеристиками в турбулентном переносе, и расстояниями, на которые переносится примесь. Если провести анализ когда рассматривается простейший случай переноса “нейтральных” примесей от точечного источника с постоянной мощностью G_0 , то для распределения концентрации примеси по оси следа ($y=0$) на земной поверхности ($z=0$) будет:

$$C(x, 0, 0) \approx \frac{G_0}{2\pi \cdot U \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)} \quad (6)$$

В большинстве случаев вычисление коэффициентов дисперсии для горизонтального и вертикального направления σ_y и σ_z осуществляют на основе эмпирических соотношений. Среди наиболее известных можно отметить номограммы “Гиффорда- Паскуилла” [9], которые составляются на основе наблюдений концентраций на равнинных местностях (см. рис. 2) и поэтому их

называют “сельскими”. Можно провести аппроксимацию кривых, представленных на рис. 2, на основе формул:

$$\sigma_i = \exp[a_i + b_i \ln x + c_i (\ln x)^2] \quad (7)$$

где x – является расстоянием, м ($102 \leq x \leq 104$); $i=y; z$.

Значения коэффициентов аппроксимации a_i , b_i и c_i приведены в таблице 3. [17]

Таблица 3

Значения констант формул, которые аппроксимируют кривые Гиффорда-Паскуилла (по Тэрнеру).

Обозначение констант	Категория стабильности атмосферы					
	A	B	C	D	E	F
a_y	-1,104	-1,634	-2,054	-2,555	-2,754	-3,143
b_y	0,9878	1,0350	1,0231	1,0423	1,0106	1,0148
c_y	-0,0076	-0,0096	-0,0076	-0,0086	-0,0064	-0,0070
a_z	4,679	-1,999	-2,341	-3,186	-3,783	-4,490
b_z	-1,7172	0,8752	0,9477	1,1737	1,3010	1,4024
c_z	0,2770	0,0136	-0,0020	-0,03116	-0,0450	-0,0540

Бриггсом были проведены аналогичные наблюдения для городских местностей, и в этой связи его коэффициенты в ряде случаев несут название “городских”. Если атмосфера нестабильна, то городские коэффициенты σ_y будут превышать сельские примерно до 5 км, но затем существенным образом снижаются. При учете стабильности (в категории “F”) диапазон, в котором городские коэффициенты превышают сельские, увеличивается до 40 км. Для коэффициентов σ_z разница будет более существенной (см. рис. 3).

Указанные выше данные по изменениям и корреляциям среди основных параметров в атмосферном переносе говорят о том, что необходимо строить предельно четкие логические схемы разных вариантов (исходов) того, как развивается аварийный процесс в атмосфере, они строятся на основе принципа “деревьев событий”. Понятно также, что для целого ряда характеристик

(наличие шероховатости дневной поверхности, функций, описывающих распределение скоростей ветров и классов стабильности атмосферы по годовым разрезам и т.д.) есть непосредственная связь “функций переноса” и “функций источника” (которая касается давления насыщенных паров, температуры воздуха и поверхностей грунта и т.д.), то есть с мощностями выброса.

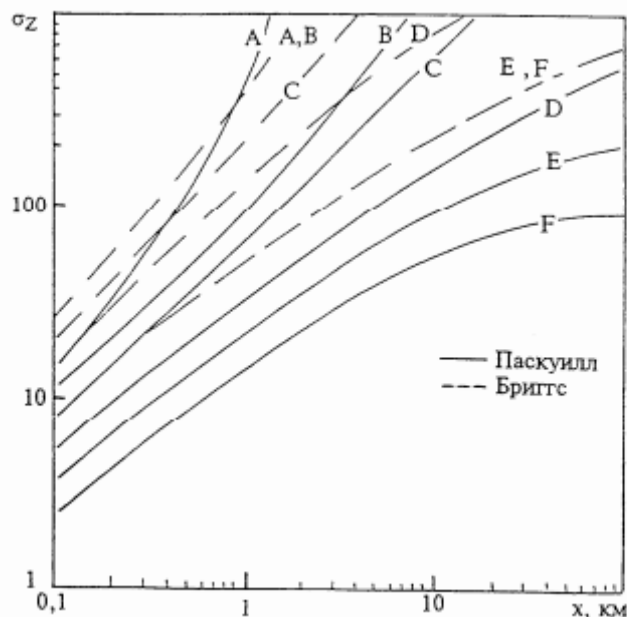


Рис. 3. – Демонстрация изменения дисперсионного коэффициента σ_z по мере увеличения расстояния по ветру.

На настоящий момент в литературных источниках [13] можно найти обширную информацию о том, как строятся сложные (трехмерные), так и более простые модели переноса, основанные на эмпирических данных. При прогнозе распределений концентраций токсиканта в области источников применяют Гауссову модель при турбулентной диффузии.

Для математического выражения, описывающего концентрацию вещества от точечных источников при постоянной мощности – Q^* (кг/с) можно записать:

$$C(x, y, z, t) = \frac{f(A) \cdot Q_s}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} * \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) * \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \quad (8)$$

где Q^* является мощностью источника (кг/сек); σ_y , σ_z являются дисперсионными параметрами, которые зависят от того, насколько устойчива атмосфера и какое расстояние от источника «х»,(м); U является скоростью ветра м/сек ; H является высотой источника (м); x, y, z обозначает осевую, поперечную и вертикальную координаты; $f(A)$ показывает долю примеси для слоя перемешивания («А» является высотой слоя перемешивания).

Такую зависимость с точки зрения реальных условий выброса при концентрации C_0 корректируют за счет введения понятий виртуальных источников. В таких случаях проводят вычисление x_0 так, чтобы для точки ($x=0, y=0, z=H$) было соблюдено равенство:

$$C_0 = \frac{f(A) \cdot Q}{2\pi \cdot U \cdot \sigma_y(x_0) \cdot \sigma_z(x_0)} \quad (9)$$

А при проведении дальнейших расчетов корректировка параметров дисперсии идет при учете значения x_0 , то есть $\sigma_y = \sigma_y(x + x_0)$; $\sigma_z = \sigma_z(x + x_0)$ В большинстве случаев, когда относительно небольшие значения высот подъемов факелов ($H < 100 \div 200$ м) $f(A) = 1$.

1.6 Особенности алгоритма проведения расчетов риска вероятности при летальном исходе для выбросов токсических веществ

Возможность смертельного поражения человека, который находится в районах источников токсической опасности, определяется многими факторами: общими объемами и продолжительностью выброса токсических веществ при аварии; состоянием атмосферы, скоростью и направлением ветра при выбросе и распространении веществ в атмосфере; типом (спецификой воздействия) самих вредных веществ; местом, где находится человек по отношению к источникам в момент аварии; состоянием здоровья самих людей и их поведением во время аварий.

Есть возможности для разделения всех подобных факторов по двум группам:

1. технологические и климатические факторы, которые не зависят от людей, подвергающимся негативным воздействиям;

2. факторы, которые определенным образом связаны с человеком – факторы, характеризующие жизнедеятельность, местонахождение, поведение, состояние здоровья и др.

Нет возможности влияния людей, находящихся в районах аварии на факторы, относящихся к 1 группе (говорят об интенсивности и продолжительности выбросов, а также типах токсических веществ, состоянии атмосферы, направлении и силе ветра, времени существования веществ в атмосфере и др.). Сточки зрения абстрактных людей, попавших в зоны аварий, подобные факторы будут независимы от них, то есть, объективны.

Для разных токсичных и вредных веществ по пробит-функции получаются разные константные величины, которые определяются как результат проведения медико-биологических исследований и их относят к среднестатистическим составам населения или, если сделаны специальные оговорки, к определенным контингентам (группам) людей.

В табл. 4 даны константы для того, чтобы вычислять пробит-функцию летального поражения в определенных химических веществах, которые рекомендованы Центром изучения безопасности химических процессов Американского института инженеров-химиков для технического персонала заводов [6].

Таблица 4

Значения константы для того, чтобы вычислять пробит – функцию при летальном поражении технического персонала (С - ppm, Т – мин).

Для какого вещества	α	β	ν
Акролеина	-9.931	2.049	1
Акрилонитрила	-29.42	3.008	1.43
Аммиака	-35.90	1.85	2
Бензола	-109.78	5.3	2

Брома	-9.04	0.92	2
Угарного газа	-37.98	3.7	1
Четыреххлористого углерода	-6.29	0.408	2.5
Хлора	-8.29	0.92	2
Формальдегида	-12.24	1.3	2
Соляной кислоты	-16.85	2.00	1.00
Цианистоводородной кислоты	-29.42	3,008	1.43
Фтористоводородной кислоты	-35.87	3.354	1.00
Сероводорода	-31.42	3.008	1.43
Бромистого метила	-56.81	5.27	1.0
Метилизоцианата	-5.642	1.637	0.653
Двуокиси азота	-13.79	1.4	2
Фосгена	-19.27	3.686	1
Оксида пропилена	-7.415	0.509	2.00

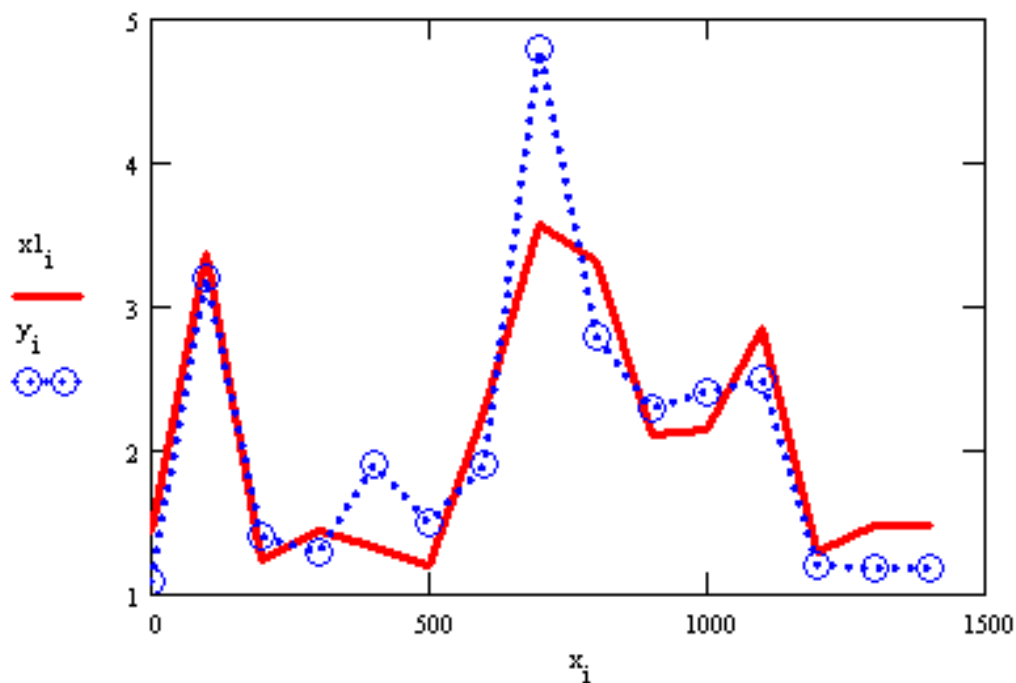
Результат токсикологических воздействий определяются текущим состоянием людей, их возрастными и физическими данными и рядом других особенностей. В результате получается, что во многих случаях для эффекта воздействия может происходить изменение 2-5 раз, когда происходит поглощение одних и тех же доз токсикантов. Кроме того, в некоторых зарубежных работах значения по пробит-функциям даны при учете поведения людей и того, какая у них физиологическая активность [7]. Метод для того, чтобы оценивать масштабы поражения приведен в работах [6, 7]. В случаях инженерной практики при прогнозе эффектов по острому токсическому воздействию на людей часто применяют систематизированные лабораторные материалы, которые получаются на разных группах животных. В характерных случаях, когда есть поражение вследствие газообразных токсикантов обычно делают выбор материалов по крысам, которые имеют близкие к людям физиологические системы дыхания и кровообращения. При этом вследствие того, что применяются корректирующие коэффициенты, происходит учет

более высокой у крыс скорости поглощения или абсорбции – (приблизительно в 5 раз) и большей интенсивности дыхания для стрессовых ситуаций (приблизительно в 2 раза).

1.7.Разработка методики прогнозирования

Для прогнозирования среднесуточных концентраций используется метод аппроксимации, который называется Метод наименьших квадратов (сокращенно МНК).

Алгоритм работает в таком порядке. Происходит масштабирование входного набора точек и его приводят к интервалу $[-1,1]$, затем для этого отрезка строят базис из полиномов Чебышева. После того, как проведена аппроксимация по МНК пользователи получают набор коэффициентов для полиномов Чебышева. Те данные, которые получились в результате расчетов представлены на рис. 4.



Y_i - экспериментальные значения.

$X1_i$ - прогнозируемые значения.

Рис. 4 – Применение метода наименьших квадратов при аппроксимации зависимостей аммиака

2. Результаты разработки программного продукта «Предприятие»

Программный продукт написан на C#.

Система обеспечивает высокую производительность, соответствующую современным требованиям к учебным информационно- моделирующим системам, используемым для прогнозирования экологической ситуации в регионе.

Входными данными для настоящей модели являются:

- концентрация приоритетных веществ.
- дата измерения.
- приоритетные вещества.
- рефератная доза и SF- фактор канцерогенного потенциала для справочника.

- Климатическая зона
- Класс опасности предприятия

Выходные данные:

- Среднесуточные концентрации
- Заключение о вредных последствиях
- Динамика
- Прогнозирование

Адаптированный на пользователя интерфейс позволят легко выполнять расчеты, хранить, просматривать данные, и формировать графики динамики и прогноза. На рис.5 представлено начальное окно программы.

В левой области располагается «дерево» с существующими проектами и относящимися к ним отчетам и графиками.

В правой области вводятся данные, производятся расчеты и формируются отчеты с графиками.

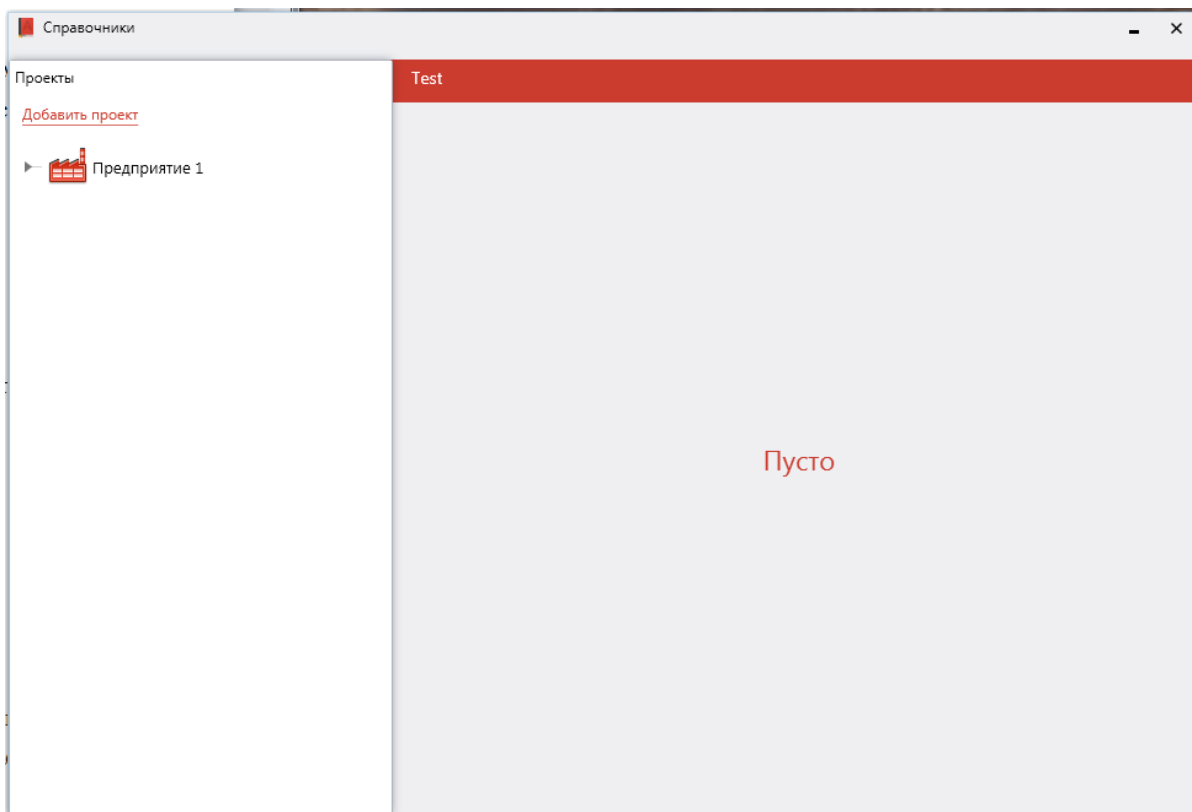


Рис. 5 – Начальное окно «Предприятие»

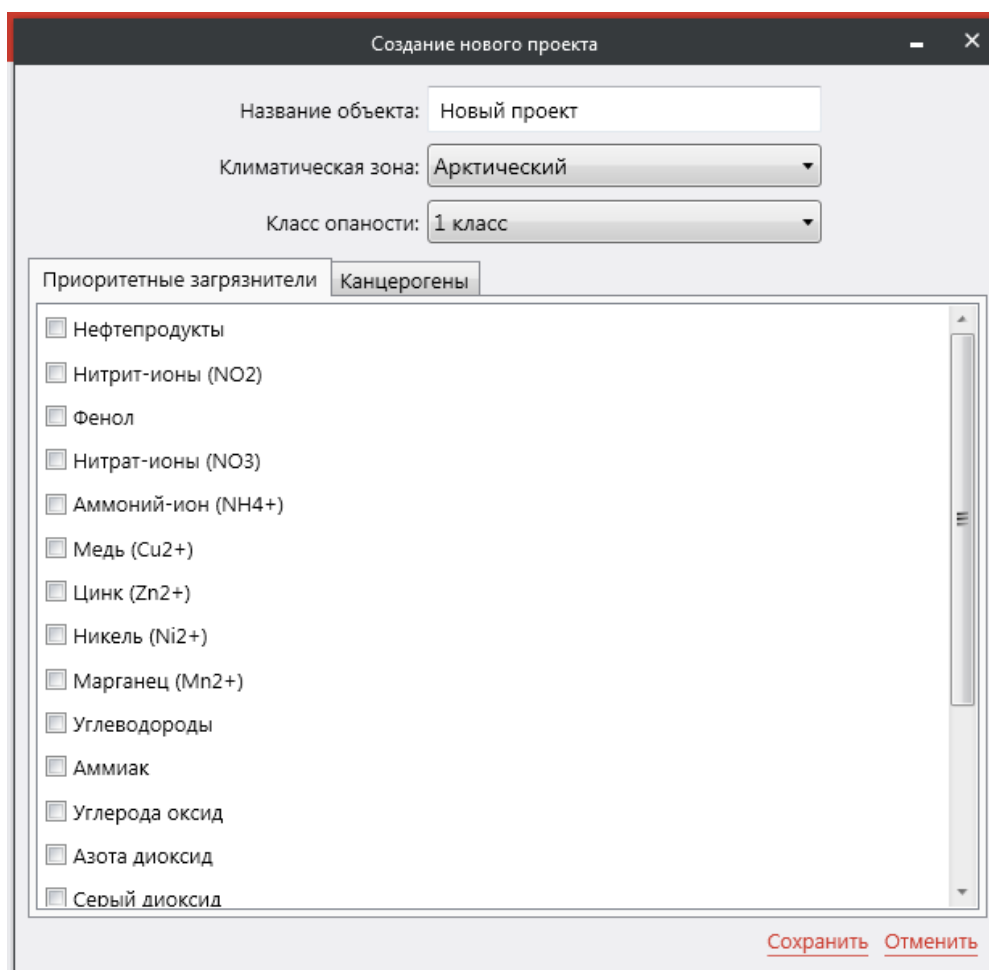
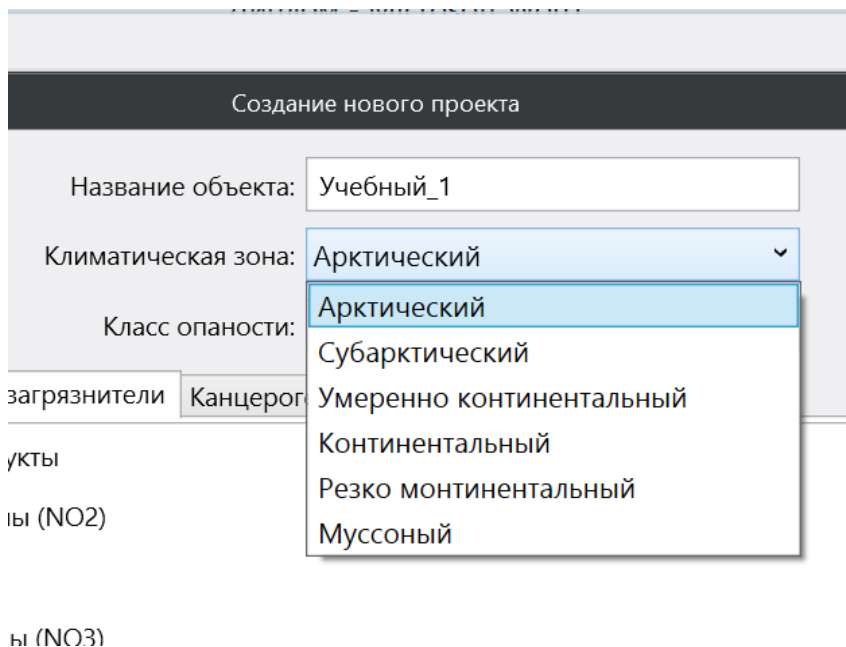


Рис. 6 – Создание нового объекта.

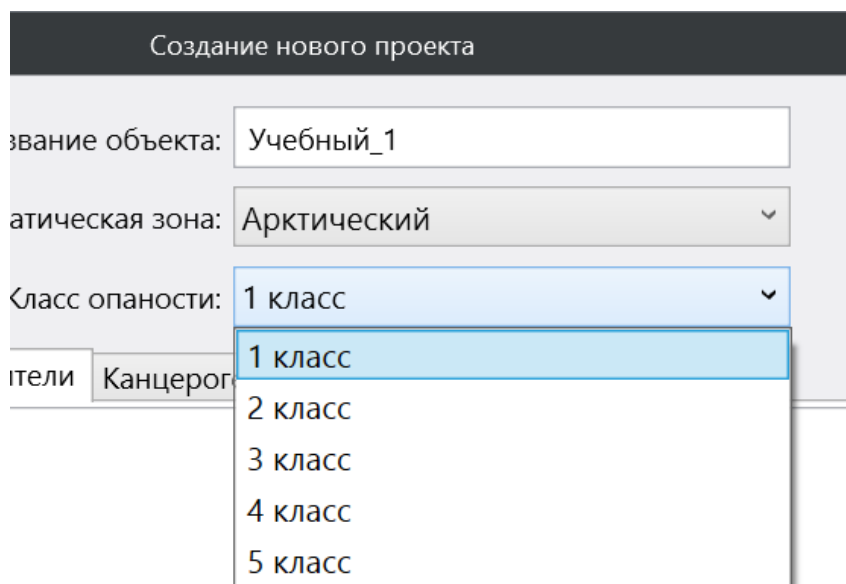
Новые объекты добавляются нажатием «Добавить проект» (рис.6). При создании нового объекта необходимо указать его название, к какой климатической зоне относится территория, на которой функционирует данное предприятие (рис.7).



The screenshot shows a web form titled "Создание нового проекта". It contains several input fields and a dropdown menu. The "Название объекта:" field contains "Учебный_1". The "Климатическая зона:" dropdown is open, showing a list of climate zones: "Арктический", "Субарктический", "Умеренно континентальный", "Континентальный", "Резко континентальный", and "Муссонный". The "Арктический" option is currently selected. Below the form, there are labels for "загрязнители" and "Канцерогены", with "Канцерогены" being partially visible.

Рис. 7 –Представленные климатические зоны

Так же необходимо выбрать класс опасности. (рис.8).



The screenshot shows the same "Создание нового проекта" form. The "Класс опасности:" dropdown is open, showing a list of hazard classes: "1 класс", "2 класс", "3 класс", "4 класс", and "5 класс". The "1 класс" option is currently selected. The "Название объекта:" field still contains "Учебный_1", and the "Климатическая зона:" dropdown is still set to "Арктический".

Рис. 8 – Представленные классы опасности

Для более точного анализа выбираем приоритетные вещества, которые были установлены врачам гигиенистом на этапе идентификации опасности. Так как число вредных веществ и канцерогенов, внесенных в справочники,

превышает более 3000, а их ПДК и референтные дозы каждые пять лет пересматриваются и могут измениться, то в программу добавлена возможность добавления новых веществ и редактирование уже внесенных. Изначально в программе заложены 50 приоритетных веществ по городу Воронежу и 20 канцерогенов. Переключаясь между вкладками «приоритетные вещества» и «канцерогены» выбираем вещества по которым будет проводить расчеты и анализ. После заполнения всех полей сохраняем проект «Сохранить». В «дереве» появляется новый объект, в данном случае это «ЕВРАЗ» (рис. 9).

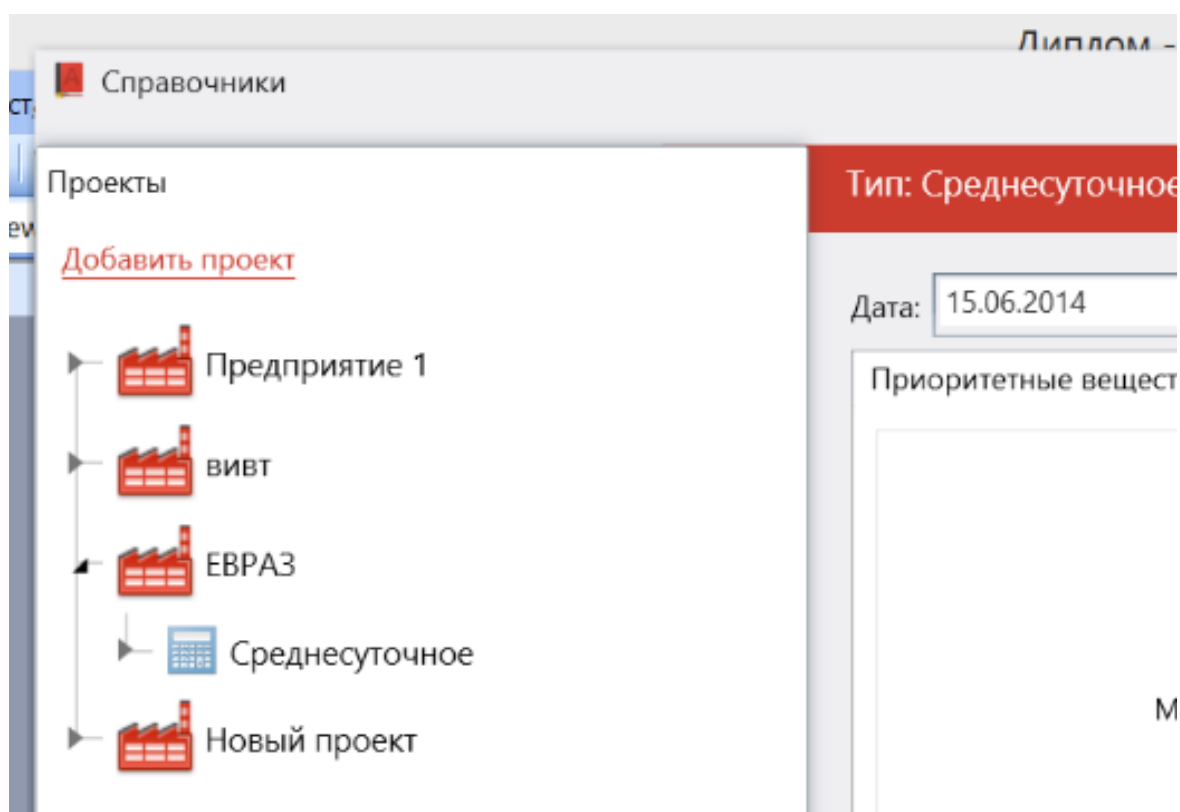


Рис. 9. – Добавленный новый объект «ЕВРАЗ».

Заходим в этот проект, пока что там нет ничего кроме «среднесуточное». В данной форме необходимо ввести средние арифметические значения концентраций приоритетных веществ снятые на стационарных и передвижных постах. Выставить дату формирования отчета. В нижней части экрана программа предлагает выбрать для кого мы проводим исследования (дети; взрослые) и каким путем попадает вещество в организм человека (Ингаляционно или перорально) (рис.10). В зависимости от выбранных параметров будут использоваться соответствующие значения переменных.

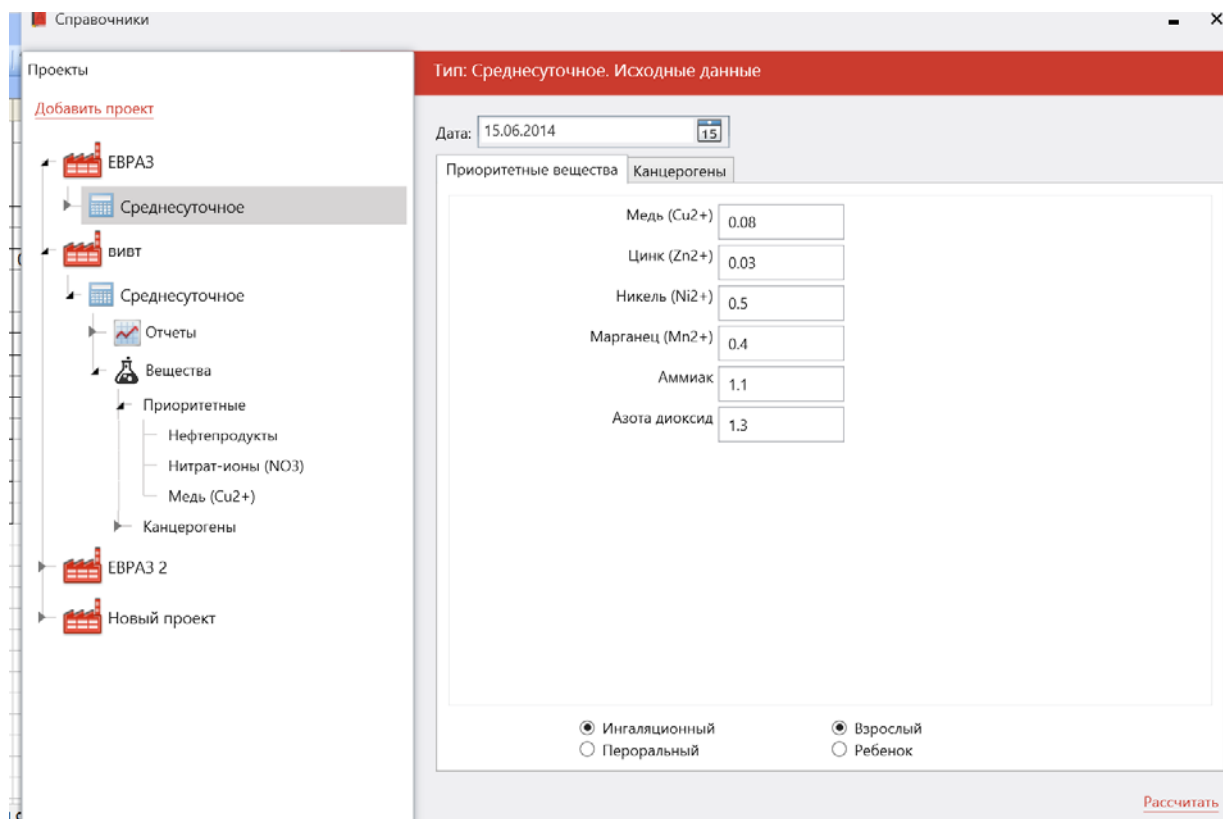


Рис. 10. – Окно для ввода данных.

После выполнения расчетов Программный продукт формирует отчет, в котором отображает среднесуточные концентрации вещества, поступающие в организм человека. Деля полученные значения на референтную дозу можно получить коэффициент на основании, которого делается заключение представлено на рис. 11. для приоритетных загрязнителей и рис. 12. для канцерогенов.

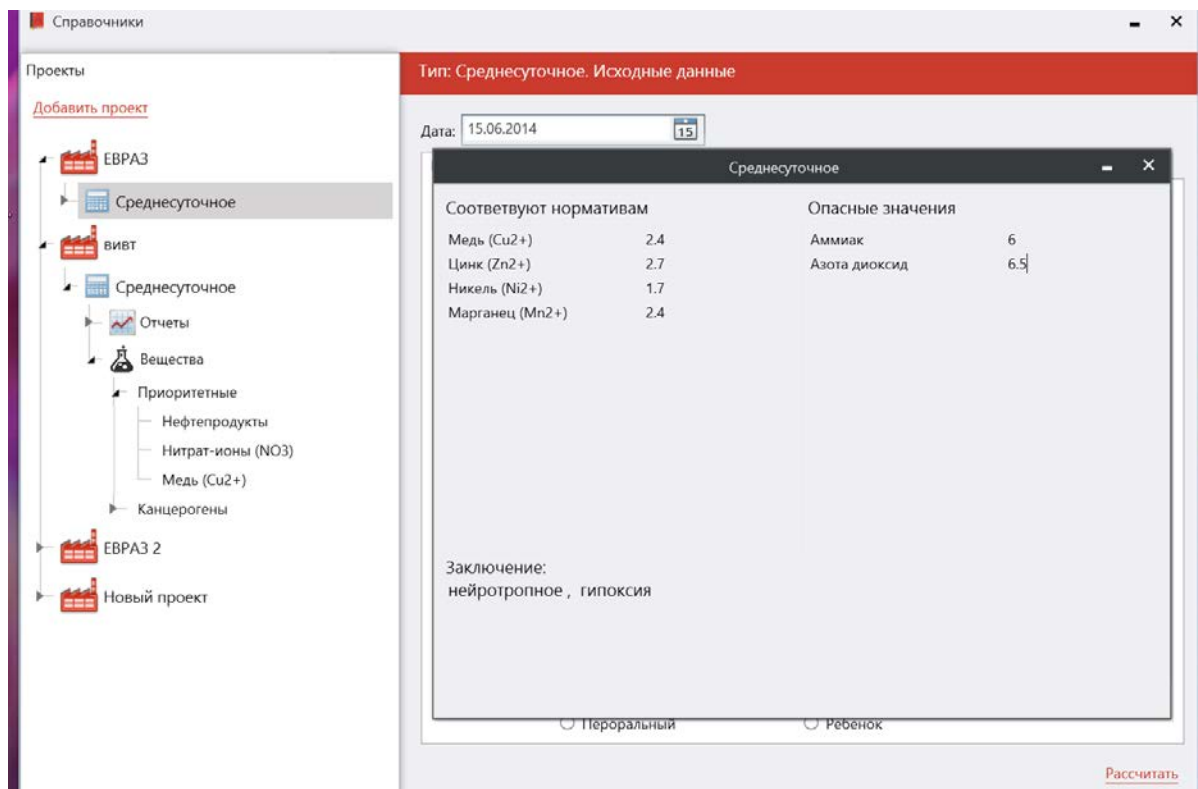


Рис. 11. – Результат расчетов для приоритетных загрязнителей.

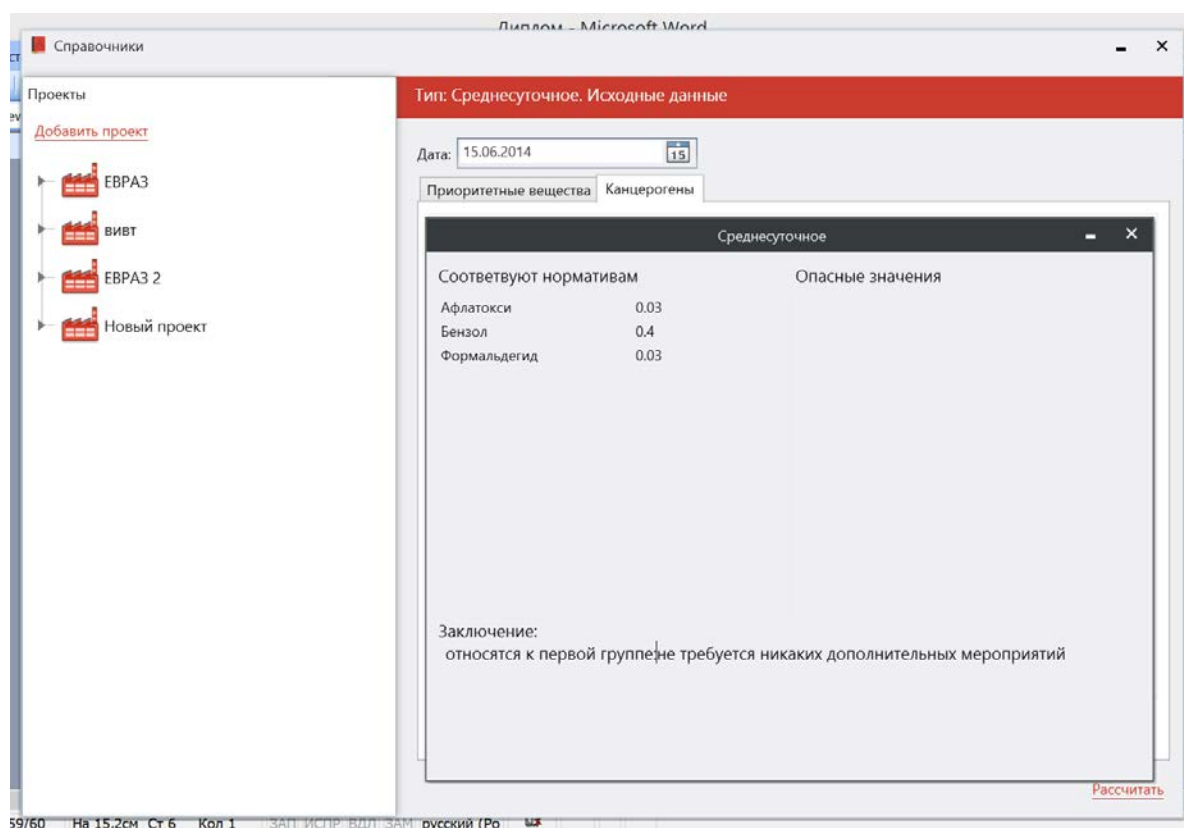


Рисунок 12. – Результат расчетов для канцерогенных веществ.

В пункте «Среднесуточное» два подпункта отчеты и вещества, каждый в свою очередь делится еще на подпункты. «Отчеты» – на «канцерогены» и

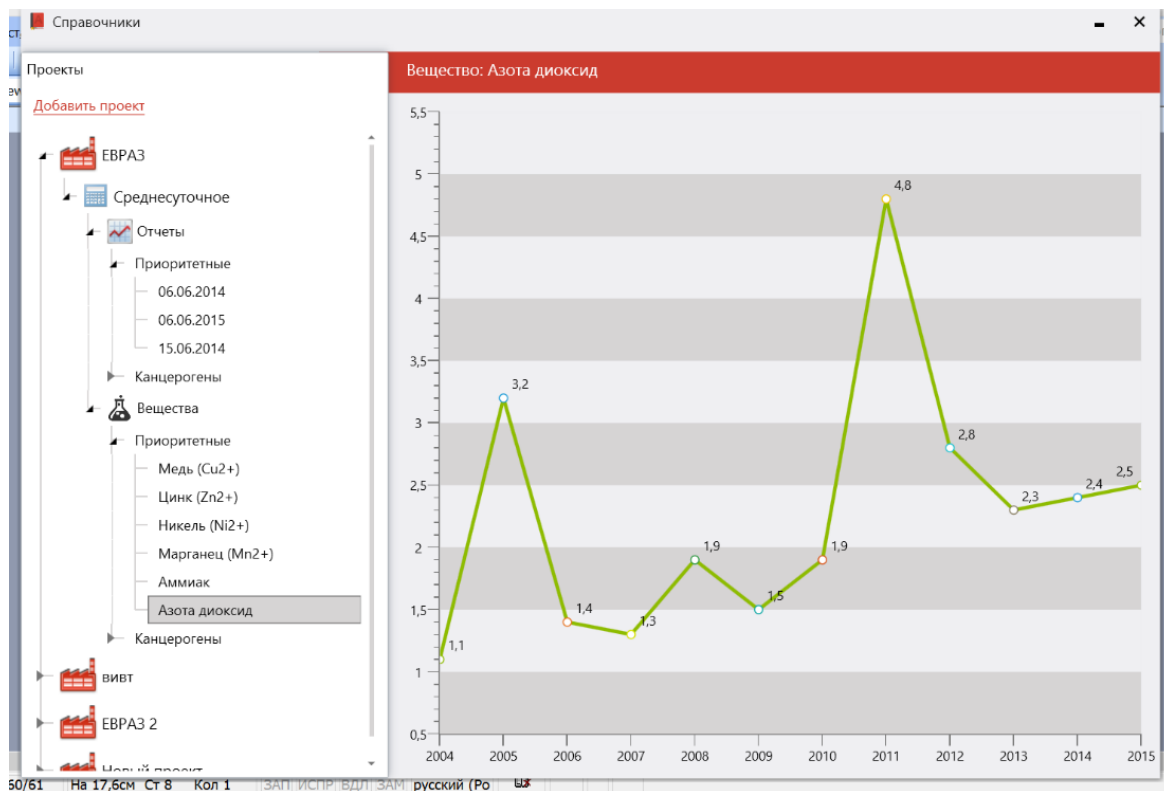


Рис.14– Динамика и прогноз среднесуточных значений (среднегодовых) для азота диоксида.

Все данные сохраняются по закрытию программы.

Выводы

-Проведен анализ нормативно- правовой документации, методических указаний и рекомендаций. Изучены действующие СанПиН, ГН, руководства.

-Разработана методика прогнозирования показателей среднесуточного поступления вредных веществ /канцерогенов, в организм человека.

-Реализован программный комплекс «Предприятие», позволяющий хранить данные, производить расчеты и прогнозировать среднесуточные концентрации вредных веществ и канцерогенов.

Литература:

1. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А., Меньшиков В.В. и др. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие. Часть 2. Специальная – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001.
2. Меньшиков В.В., Савельева Т.В. Методы оценки загрязнения окружающей среды: Учебное пособие – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.
3. Быков А.А. Моделирование природоохранной деятельности: Учеб. пособие. - М.: Изд-во НУМЦ Госкомсэкологии России, 1998.
4. Меньшиков В.В., Швыряев А.А., Захарова Т.В. Анализ риска при систематическом загрязнении атмосферного воздуха опасными химическими веществами: Учебное пособие. М.: Изд-во Химич. ф-та МГУ, 2003. – 120 с.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. – М.: Гидрометеиздат, 1987.
6. Экология, охрана природы и экологическая безопасность: Учебное пособие / Под общей ред. Данилова-Данильяна В.И. - М: Изд-во МНЭПУ, 1997.
7. Антропогенные изменения климата / Под ред. Будыко М.И., Израэля Ю.Я. - Л.: Гидрометеиздат, 1987.
8. Балашов А.Л., Максимов В.М. Моделирование загрязнения верхнего почвенного слоя жидкими углеводородами Основные направления в решении проблемы экологического риска топливно-энергетического комплекса. - М.: ВНИИГАЗ, 1994.
9. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Временные методические рекомендации по расчету предельно допустимых сбросов. (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты со сточными водами. - Л.: Госкомприрода, 1990.
11. Гидрометеорология Серия 87. Мониторинг состояния окружающей природной среды. Обзорная информация. Коэффициенты превращения (распада) загрязняющих веществ в воде. - Выпуск 1, Обнинск, 1987.

12. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ. - М.: Медицина, 1986.
13. ОНД-90 Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы,- СПб: ч.1., 1991, ч. 2., 1992.
14. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды: Учебное пособие для инженера-эколога / Под ред. Порядина А.Ф., Хованского А.Д. - М.: НУМЦ Минприроды России, 1996.
15. Пененко В.В., Алоян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. Новосибирск: Наука, 1985.
16. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов - М.: 1995.
17. Детков С.П., Детков В.П., Астахов В.А. Охрана природы нефтегазовых районов. - М.: Недра, 1994.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Алгоритмы построения вероятностных зон поражения при выбросах загрязняющих веществ в атмосферу

1.1 Из истории

1.2 Основные положения

1.2 Требования к проведению анализа риска

1.4 Количественные показатели риска

1.5 О методических особенностях расчетов рассеивания выбросов в атмосфере

1.6 Особенности алгоритма проведения расчетов риска вероятности при летальном исходе для выбросов токсических веществ

1.7 Разработка методики прогнозирования

2. Результаты разработки программного продукта "Предприятие"

Выводы