

МРНТИ 50.41.25

УДК 004.4

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И  
ВЫБОР МОДЕЛИ****К.С. ДУЙСЕБЕКОВА, Н.Т. ДУЗБАЕВ, С.Т. АМАНЖОЛОВА***Международный университет информационных технологий*

**Аннотация:** В статье представлены основные цели и задачи экологического мониторинга, описан процесс разработки инфологической модели для выбранной предметной области. Охарактеризованы способы моделирования системы с помощью средств унифицированного языка моделирования. Проблема прогнозирования погоды была и всегда будет актуальной. Но еще одна серьезная проблема заключается в том, как много людей имеют легкий доступ к информации о погоде. На сегодняшний день в мире много ресурсов, но не все эти ресурсы хорошо адаптированы для достижения ситуации Казахстана в ее функциях. Эти функции очень ограничены, максимум, который они могут обеспечить, - это настоящая погода. Хотя пользователи других стран могут быть довольны своими приложениями с помощью карты ветров, облаков, уровней загрязнения и т.д. На сегодняшний день существует множество различных мобильных и настольных приложений для проверки прогнозов погоды и других метеорологических данных. Каждый из них пытается выделиться из других с его многофункциональностью, удобством и красивым интерфейсом. Но не все они хорошо адаптированы для пользователей Казахстана, а именно для прогнозирования погоды в нашей местности.

**Объект исследования:** приземный воздушный слой над г.Алматы. Целью исследования является анализ, моделирование и разработка ИС, производящей расчет концентрации загрязняющих веществ в атмосфере города, поступающих от стационарных источников загрязнения, а также расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы. Используются следующие методы исследования: сбор, систематизация данных о загрязнении воздушного бассейна города Алматы основными загрязняющими веществами. Основными характеристиками работы являются ИС «Мониторинг атмосферы», которые созданы для контроля состояния атмосферы населенного пункта путем расчетов индексов загрязнения атмосферы. Также информационная система осуществляет хранение заносимых данных в базе данных, что обеспечивает обзор комплексного индекса загрязнения атмосферы за последние 6 и 12 месяцев.

Анализируя полученные данные можно строить прогнозы на ближайшее время, а также принимать экологически важные решения для улучшения состояния атмосферы. Результаты исследования могут быть применены в интересах обеспечения экологически безопасного проживания населения.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, природная среда, система, экология, загрязнение атмосферы, уровень концентрации загрязняющих веществ, семантическая модель данных, графовая модель данных, унифицированный язык моделирования

**FORMALIZATION OF THE TASK OF ENVIRONMENTAL MONITORING AND  
MODEL SELECTION**

**Abstract:** The article presents the main goals and objectives of environmental monitoring, describes the process of developing an infological model for a selected subject area. The ways of modeling the system using the means of a unified modeling language are characterized. The problem of weather forecasting has been and will always be relevant. But another serious problem is how many people have easy access to weather information. Today there are many resources in the world, but not all of these resources are well adapted to

achieve the situation of Kazakhstan in its functions. These functions are very limited, the maximum that they can provide is the real weather. Although users of other countries can be happy with their applications using a map of winds, clouds, pollution levels, etc. Today, there are many different mobile and desktop applications for checking weather forecasts and other meteorological data. Each of them tries to stand out from the others with its versatility, convenience and beautiful interface. But not all of them are well adapted for users of Kazakhstan, namely, to predict the weather in our area.

Object of study: ground-level air layer over Almaty. The aim of the study is the analysis, modeling and development of IP, which calculates the concentration of pollutants in the atmosphere of the city, coming from stationary sources of pollution, as well as the calculation of the complex index of air pollution. The following research methods were used: collection, systematization of data on air pollution of the city of Almaty by the main pollutants. The main characteristics of the work are the Information System “Atmospheric Monitoring” created to monitor the state of the atmosphere of the settlement, by calculating the atmospheric pollution indices. The information system also stores the recorded data in a database, which provides an overview of the complex index of air pollution over the past 6 and 12 months. Analyzing the data obtained, it is possible to build forecasts for the near future, as well as make environmentally important decisions for improving the state of the atmosphere. The results of the study can be applied in the interests of ensuring an environmentally safe population.

**Keywords:** environmental monitoring, natural environment, system, ecology, air pollution, level of concentration of pollutants, semantics data model, graph data model, unified modeling language

## ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДІ ТАҢДАУ МӘСЕЛЕЛЕРІНІҢ ФОРМАЛИЗАЦИЯСЫ

**Андатпа.** Мақалада қоршаған ортаны бақылаудың негізгі мақсаттары мен міндеттері көрсетілген, таңдалған тақырыптық салаға арналған инфологиялық модельді құру үдерісі сипатталады. Біртұтас модельдік тілдің құралдарын пайдалана отырып, жүйені модельдеу жолдары айқындалады. Қазіргі таңда ауа-райы болжамы туралы жайт, үнемі өзекті мәселе болып қала береді. Бірақ ауа-райы туралы ақпарат адамдар үшін қаншалықты қолжетімді екендігі тағы бір маңызды мәселе екені сөзсіз. Бүгінгі күні әлемде атмосфераның қалып-күйін қадағалау үшін көптеген мүмкіндіктер бар, тегінде, олардың көбісіне Қазақстан жағдайында қол жеткізу мүмкін болмай отыр. Дегенмен, көптеген елдердегі қолданушылар жел бағытының, бұлттардың, ластану деңгейі картасының көмегіне жеңіл жүгіне алады. Қазір ауа-райы болжамын алуға және басқа да метеорологиялық деректерге қол жеткізу үшін мобильді, жұмыс үстелі қосымшалары бар. Олардың әрқайсысы өзінің әмбебаптығымен, ыңғайлылығымен және көркем интерфейсімен басқалардан ерекшеленуге тырысады. Бірақ олардың барлығы да Қазақстан жағдайына бейімделмеген, атап айтатын болсақ, өз облысымыздағы ауа-райы болжамы туралы ақпараттың өзі шетелдік қосымшалар арқылы алынады. Мақалада келтірілген мәліметтерді талдай отырып, нақты уақыт мерзіміне болжамдар жасауға болады, сондай-ақ атмосфераның жай-күйін жақсарту үшін қоршаған орта күйін жақсарту бағытында маңызды шешімдерді қабылдауға мүмкіндік береді. Зерттеудің нәтижелерін халықтың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мүддесі үшін қолдануға болады.

**Түйінді сөздер:** қоршаған ортаның мониторингі, табиғи орта, жүйе, экология, ауаның ластануы, ластанушы заттардың концентрациясының деңгейі, семантикалық үлгілік деректер, графикалық деректер моделі, бірыңғай модельдеу тілі

## Введение

Подвергающиеся воздействию антропогенных факторов природные среды представляют сложные взаимодействующие между собой системы. Комплексный мониторинг таких сложных систем складывается из сочетания контактных и дистанционных измерений характеристик практически всегда неоднородных сред, выявления их пространственно-временных зависимостей, а также прогноза возможных состояний этих сред. Активный целенаправленный мониторинг среды предполагает и оптимальное управление контролируемым изменением их состояний. Главной особенностью систем с природными компонентами является их многомерность, неполная предсказуемость их поведения, обусловленная стохастичностью происходящих в них процессов, неопределенностью целей функционирования, неточностью описания их состояния. Это существенно затрудняет проведение натуральных экспериментов с такими системами. Поэтому важную роль в проведении с ними исследований играют их математическое моделирование, проведение численных экспериментов и активный мониторинг, то есть контроль состояния среды, сопровождаемый целенаправленным воздействием на нее. Комплексный мониторинг состояния неоднородных сред включает в себя сложную систему разномасштабных наблюдений различных характеристик среды с одновременным анализом полученных данных и прогнозом последующего изменения состояния среды. Следует отметить важную роль прямых измерений характеристик природной среды, позволяющих существенно увеличить информативность косвенных дистанционных методов, обладающих преимуществом экспрессного наблюдения изменений состояния среды в большом диапазоне пространственных масштабов. Глобальный мониторинг проводится с помощью спутниковых наблюдений и сопровождается подспутниковыми локальными и дистанционными измерениями [1].

Таким образом, мониторинг загрязнения атмосферы – это объемный проект, который

играет ключевую роль в вопросах экологии. Но чтобы реализовать информационную систему мониторинга окружающей среды требуется провести заведомо анализ природных явлений, выявить непосредственное их влияние на состояние окружающей среды, в данном случае атмосферы. Затем нужно провести тщательный анализ антропогенного воздействия на состояние приземного воздушного слоя данного промышленного центра, то есть выявить основные стационарные и передвижные загрязняющие факторы. В нашем случае проводим анализ основных стационарных загрязнителей: заводы, фабрики различного рода, теплоэнергоцентралы и тому подобные промышленные объекты, которые совершают выбросы вредных загрязняющих веществ в атмосферу с постоянной и непрерывной длительностью. Чтобы определить уровень загрязнения, нужно производить замеры выбросов в определенные промежутки времени в определенных местах населенного пункта, в зависимости от выбранной методики исследования. Чтобы численно реализовать полученные данные необходимо применить модель расчета уровня концентрации загрязняющих веществ, которая в результате будет выдавать численное выражение, показывающее состояние атмосферы в данном промышленном районе. Задача данной работы заключается в программной реализации действий, перечисленных выше, то есть создание программного обеспечения, основанного на конкретной адекватной математической модели, позволяющего производить расчет концентраций загрязняющих веществ и на их основе подсчитывать комплексный индекс загрязнения атмосферы [2,3]. Чтобы производить анализ, выявлять характерные черты концентраций для определенного времени года, строить прогнозы, принимать определенные решения для понижения уровня загрязнения необходимо отслеживать динамику изменения индекса загрязнения атмосферы за продолжительные периоды времени, это означает, что необходимо создание базы данных для фиксирования измерений, а также возможность их просмотр-

ра в любое время наглядно, например на графике.

### 1 Разработка инфологической модели выбранной предметной области

Инфологическая модель, как правило, отображает реальный мир в некоторой понятной человеку концепции, полностью независимой от параметров среды хранения данных[4]. Существует множество известных подходов к построению таких моделей: графовые модели, семантические сети, модель «сущность-связь» и т.д. *Сущность* – это любой различимый объект (объект, который любой проектировщик может отличить от другого), информацию о котором необходимо обычно хранить в базе данных. *Атрибут* – поименованная характеристика сущности. Его наименование должно быть и обязательно является уникальным для конкретного типа сущности, но может быть одинаковым для различного типа сущностей, имеющих в структуре. *Связь* – ассоциирование обычно двух или более сущностей. Если бы назначением базы данных было только хранение отдельных, не связанных, как правило, между собой данных, то ее структура могла бы быть очень простой. Диаграмма «сущность-связь» (ERD) как правило предназначена для графического представления моделей данных разрабатываемой для существующей информационной системы и предлагает стандартный набор обозначений для определения данных отношений между ними. С помощью данной модели описываются отдельные компоненты концептуальной модели данных и совокупность взаимосвязей между ними, имеющих важное значение для разрабатываемой системы. Основными понятиями нотации являются понятия сущности и связи. Данный раздел будет посвящен построению семантической модели данных, которая отображает смысловое содержание нашей системы (Рис.1). Выделим необходимые сущности, определим их атрибуты, а также создадим отношения между ними. Далее, как правило опишем сущности и их атрибуты, а также дадим необходимую краткую характеристику некоторым из них для более легкого восприятия предметной области. Для построе-

ния модели нашей системы, в первую очередь определим сущности. Несмотря на то, что разрабатываемая система рассчитывается на мониторинг концентрации загрязняющих веществ от антропогенного воздействия (промышленных объектов), неотъемлемой частью будет сущность «Метео», так как погодные условия, такие как скорость ветра, турбулентность, выпадение осадков и другие, будут оказывать непосредственное влияние на концентрацию той или иной примеси. Соответственно, сущность «Метео» имеет следующие атрибуты:

- температуравоздуха
- влажность
- атмосферноедавление
- выпадение осадков
- скорость и направление ветра
- турбулентность

Сущность «Метео» имеет непосредственную связь – отношение с сущностью «Город», которая в свою очередь является одним из ключевых элементов в общей системе, так как экологический мониторинг проводится в крупных промышленных центрах (Рис. 1), т.е. в городах, где множество факторов принимают участие в загрязнении атмосферы. Далее, сущность «Город» имеет отношение с сущностью «ПНЗ»- пункт наблюдения за состоянием атмосферы, и с сущностью «Источник», в нашем случае – стационарный источник загрязнения, который имеет атрибут

- координаты

Далее, по логической цепочке источник загрязнения осуществляет выброс загрязняющих веществ, соответственно сущность «Источник» имеет отношение с сущностью «Выброс». Сущность «Выброс» связан отношением «содержание» с сущностью «Вещество», которое имеет следующие атрибуты:

- концентрация
- название

Также, сущности «ПНЗ» и «Вещество» связаны отношением, так как именно пункт наблюдения за состоянием атмосферы обеспечивает контроль за вредными веществами, попадающими в атмосферу, определяет их концентрацию[5].

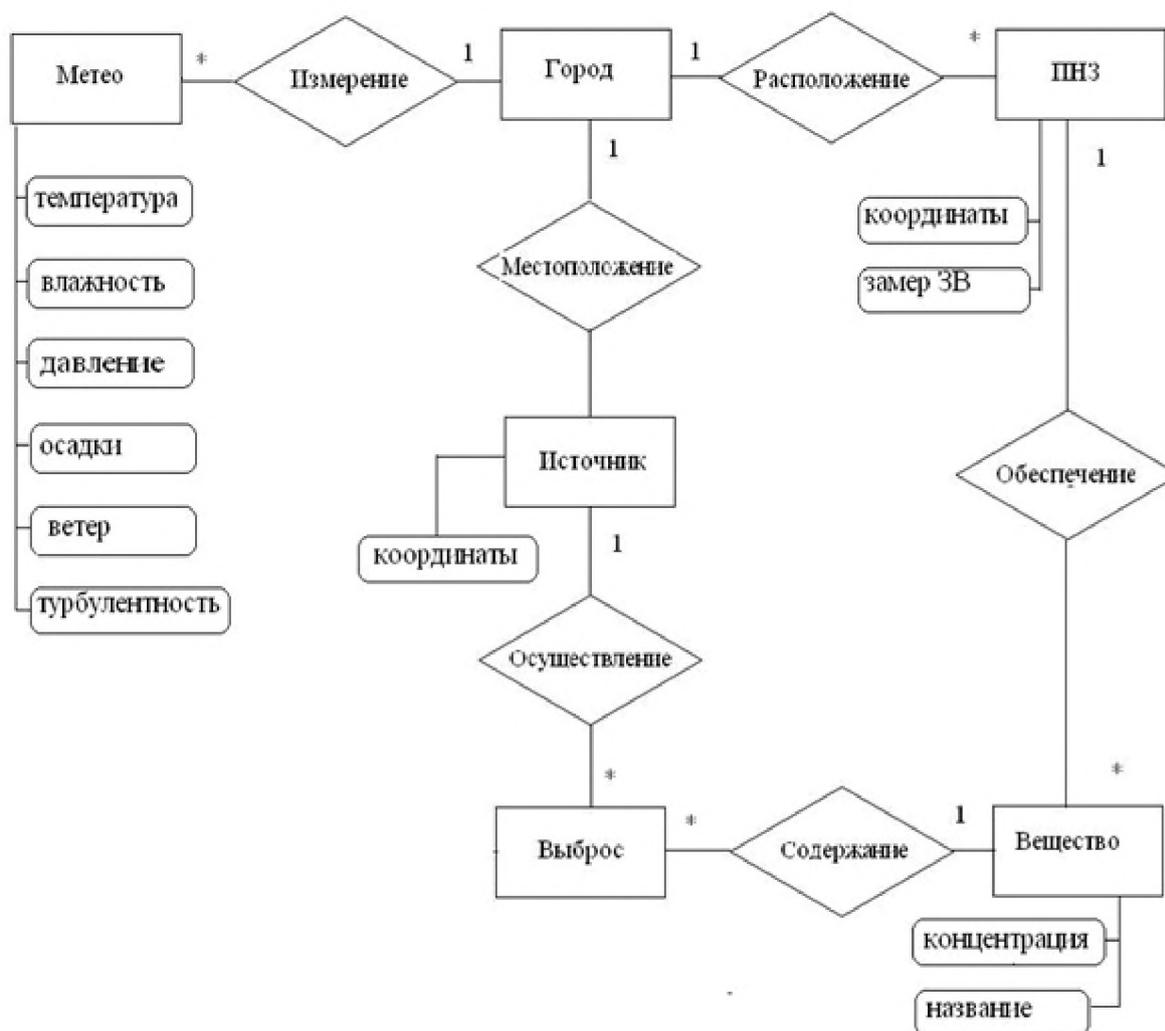


Рис. 1 – Инфологическая модель предметной области

**Моделирование системы с помощью средств UML. Диаграмма классов**

Для того чтобы созданная модель была хорошо понимаемой, необходимо организовать ее иерархически как принято в методах построения подобных моделей, оставляя на каждом уровне иерархии небольшое число сущностей[6]. UML включает, как обычно, средство организации иерархического представления модели – пакеты. Любая подобная модель состоит из набора пакетов, которые обычно содержат классы, варианты использования и прочие сущности и диаграммы. UML (англ. Unified Modeling Language -унифицированный язык моделирования) -язык для графического описания для объектного

моделирования в области разработки программного обеспечения. UML является, как известно, языком широкого профиля, это – открытый стандарт, использующий известные графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой UML-моделью. UML был создан и предназначен для определения, визуализации, проектирования и документирования, в основном, программных систем. Диаграмма классов (Static Structure diagram) – статическая структурная диаграмма, стандартный инструмент, который описывает структуру системы, так же демонстрирует классы системы, их атрибуты, методы и зависимости между классами (Рис.2).

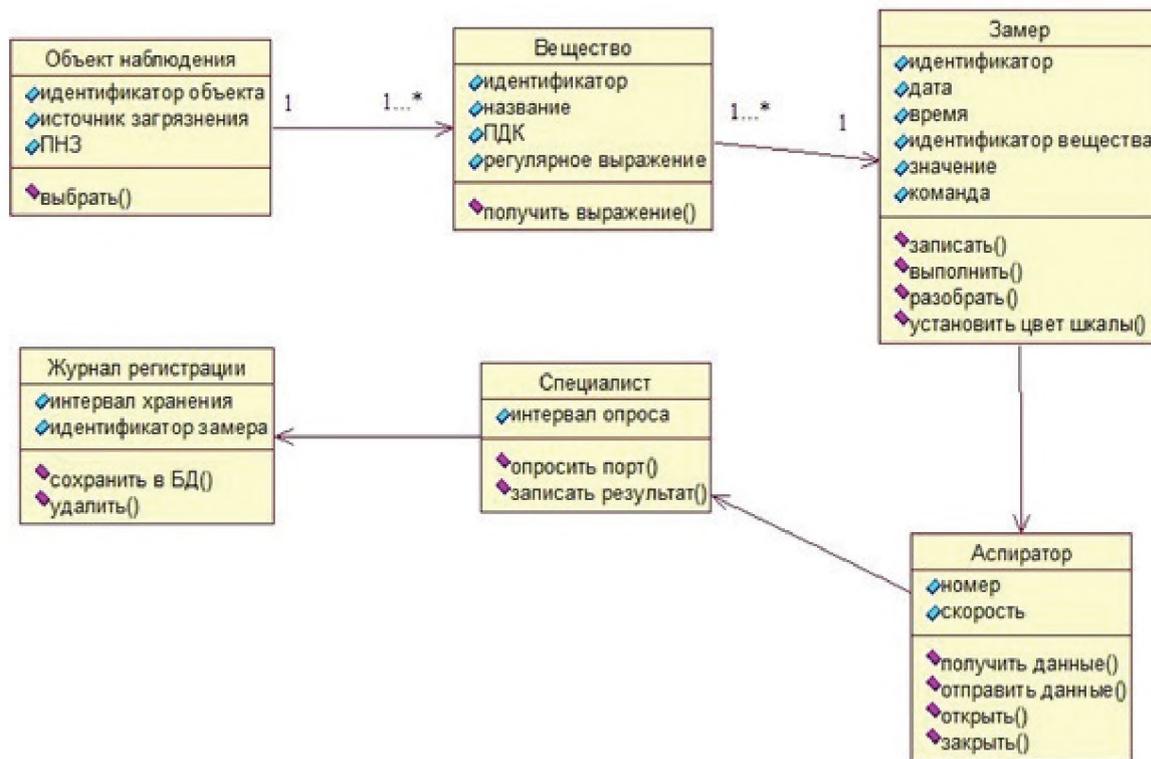


Рис. 2 – Диаграмма классов

Данную диаграмму классов следует рассматривать с концептуальной точки зрения, так как она моделирует предметную область проекта. Все классы диаграммы связаны отношением направленной ассоциации, которое соответствует наличию некоторого отношения между классами. Все классы, то есть: «Объект наблюдения», «Вещество», «Замер», «Журнал регистрации», «Специалист», «Аспиратор» выстроены по логической цепочке функционирования в системе и имеют собственные атрибуты и операции. Под классом «Объект наблюдения» подразумевается определенный промышленный объект, в котором проводятся замеры выбросов от стационарных источников загрязнения [7]. Этот класс связан отношением «один-ко-многим» с классом «Вещество», потому как в одном исследуемом промышленном центре производится замер нескольких основных вредных веществ, точнее самых токсичных, по которым оценивается состояние атмосферы. В свою очередь класс «Вещество» связан отношением ассоциации «один-ко-многим» с классом «Замер»,

так как замер производится несколько раз по разным загрязняющим веществам. Замеры веществ производятся специальными приборами, например газоанализатор или аспираторы. Собранные с устройств показания обрабатываются специалистами, заносятся в базы данных.

### Диаграмма компонентов

Диаграмма компонентов (Component diagram) – необходимая статическая структурная диаграмма, которая показывает разбиение программной системы на необходимые структурные компоненты и связи (зависимости) между имеющимися компонентами (Рис.3). В качестве физических компонент как правило могут выступать файлы, библиотеки, модули, исполняемые файлы, пакеты и т. п.

В основе мониторинга атмосферы лежит расчет индекса загрязнения атмосферы, который в свою очередь зависит от замера концентрации загрязняющих веществ [8]. Компонент «Замер концентрации вещества» связан со своими составляющими компонен-

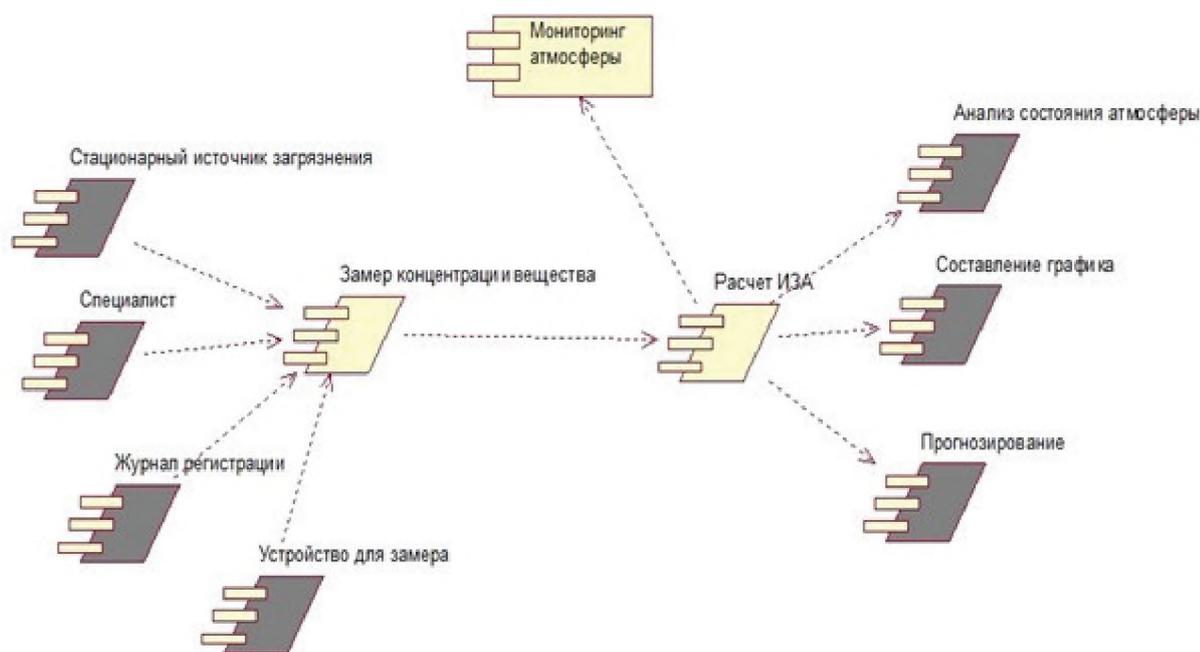


Рис. 3 – Диаграмма компонентов

тами: «Стационарный источник загрязнения», «Специалист», «Журнал регистрации», «Устройство для замера». Далее исходя из расчетов ИЗА строятся графики изменения концентраций, проводится анализ полученных данных, а также рассматривая поведение ИЗА за продолжительный промежуток времени можно прогнозировать концентрацию веществ на ближайшее время. В соответствии с этим распределением компонент «Расчет ИЗА» связан отношением с компонентами «Прогнозирование», «Составление графика», «Анализ состояния атмосферы».

### Заключение

Решение задач экологического мониторинга невозможно без применения современных средств измерения и связи, новых компьютерных технологий. Интегрирование всех составных частей мониторинга в единой технологии минимизирует затраты на их стыковку, сокращает время обмена и преобразования данных, исключает потери информации, повышая тем самым надежность и эффективность создаваемых систем. Открытая архитектура аппаратного и программного обеспечения позволяет наращивать состав измерительной аппаратуры

и вводить новые алгоритмы контроля состояния окружающей среды, развивать и модернизировать уже внедренные системы. В ходе выполнения данного исследования было выполнено большой объем работы: анализ и сравнение существующих математических моделей и численных методов в задачах экологического мониторинга атмосферы, сбор сведений о показателях концентрации примесей в атмосфере г.Алматы, планируется проведения расчета комплексного индекса загрязнения атмосферы на основе решения полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии. Полученные данные могут быть использованы в области экологии и охраны окружающей среды, для дальнейшего ведения работ по разработке улучшения качества атмосферного воздуха в населенных пунктах [9]. Результаты выполненных исследований в данной работе представляют интерес для проектных организаций, разрабатывающих проекты транспортной инфраструктуры и генеральных планов развития города. Также полученные сведения могут быть полезны для сопоставления санитарно - эпидемиологическими органами, степени загрязнения окружающей среды в интересах обеспечения экологически безопасного проживания населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия по окружающей среде в ННГ.: Основополагающий документ (Предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды) - Всемирная организация здравоохранения европейское региональное бюро. - 2006-№ 4. – С. 92-128..
2. В.И.Наац, И.Э.Наац - Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы –Москва, Физматлит 2010- Т. 4. – С. 101-117.
3. В.И.Наац, И.Э.Наац, Р.А. Рыскаленко - Параметризованные модели теориипереноса в задачахэкологическогомониторингаатмосферыипринцип минимакса-Ставропольский государственный университет (Ставрополь) 2009-№ 2. – С. 132-172;
4. Конспект: Модели организации баз данных. [Электрон.ресурс]-URL-<https://www.ronl.ru/konspekty/informatika/278572/> (дата обращения 16.10.2018).
5. Оценка влияния физических и химических процессов на озоновый слой Земли, а также изменение состояния озонового слоя, особенно изменение ультрафиолетового, солнечного излучения на здоровье человека и другие живые организмы, на климат, на природные и искусственные материалы, используемые человеком: отчет о НИР / Республиканское государственное предприятие Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата (КазНИИЭК). – Алматы, 2006. – 133 с.
6. Самоучитель UML. Леоненков Александр. [Электрон.ресурс]-URL-<http://www.e-reading.club/book.php?book=33640>, (дата обращения 17.10.2018)
7. Процессы диффузии вредных примесей в атмосфере [Электрон.ресурс]-URL-[http://uchebniki.ws/14250725/ekologiya/protsessy\\_diffuzii\\_vrednyh\\_primesey\\_atmosfere](http://uchebniki.ws/14250725/ekologiya/protsessy_diffuzii_vrednyh_primesey_atmosfere) (дата обращения 05.04.2013)
8. А.К.Муртазов Экологический мониторинг [Электрон.ресурс]- URL- [http://www.rsu.edu.ru/files/e-learning/murtazov\\_eco\\_mon.pdf](http://www.rsu.edu.ru/files/e-learning/murtazov_eco_mon.pdf)(дата обращения 09.05.2013).
9. Решение полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии в задачах переноса загрязняющих примесей приближением гаусса. Дуйсебекова К.С., Тайжуманова Ж.А. //ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ №11, 2013. – С. 1815-1818.