

УДК 502:338

**С. Малик, И.В. Минина, К.В. Соболева****ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

*Обсуждаются результаты исследований, выполненных в области новой информационной технологии – логико-вероятностного метода для мониторинга, прогнозирования и управления качеством функционирования систем жизнедеятельности социума различного масштаба, которые относятся к классу структурно сложных систем. Даются схемы анализа и управления качеством функционирования на примере реальных систем питьевого водопотребления при фиксированном масштабе урбанистического сообщества современного социума.*

*Информационные технологии; безопасность жизнедеятельности; логико-вероятностный метод; структурно сложная система; риск некачественного водопотребления.*

**S. Malik, I.V. Minina, K.V. Soboleva****TECHNOLOGIES OF WATER CONSUMING ECOLOGICAL MANAGEMENT  
INFORMATION SUPPORT**

*There are discussing the research results, fulfilled in field of the new information technology – logic probability methods for monitoring, forecasting and controlling quality of acting life-being systems of different scale socium, that relate to structure complex systems. It is presenting plans of real systems analysis on example of water consuming for the fixed scale of urbanistic society of modern socium.*

*Information technologies; life-being; logic-probability method; structure complex system; risk of non-quality water consuming.*

Проблема устойчивого развития неразрывно связана с обеспечением всех видов безопасности социума – от продовольственной до военной. Важнейшим условием является учёт мирового опыта в формировании индикаторов устойчивого развития не в части перенесения его результатов на российскую почву, а для выработки собственных национально-региональных индикаторов и критериев.

Основными направлениями повышения качества функционирования систем жизнеобеспечения, а следовательно и безопасности жизнедеятельности, являются оптимизация структуры системы, качества её отдельных элементов при проектировании, эксплуатации и модернизации. Нынешний этап развития общества характеризуется широким и глубоким внедрением информационных технологий во все сферы жизни и обеспечивает эффект, в ряде случаев соизмеримый или превышающий эффект от материально-технической модернизации элементов системы.

Современные системы питьевого водоснабжения можно отнести к классу структурно-сложных систем. Разнообразие существующих систем и выбор класса структурно-сложных систем для последующего исследования может быть основан на анализе инфологических моделей централизованного, децентрализованного и смешанного водоснабжения, имеющих как структурные, так и географические особенности. К примеру первый тип более адекватен крупным городам, второй – сельской местности, третий – населённым пунктам с окраинными территориями. Здесь и ниже под термином «система» понимается множество (совокупность) действующих элементов, взаимосвязанных между собой и рассматриваемых как единое структурное целое. Эти связи (отношения) и отличают систему от простого конгломерата частей. Рассматриваемые в определенном контексте отношения це-

ликом зависят от решаемой задачи. Для каждой конкретной задачи включаются в рассмотрение те или иные существенные или интересующие исследователя связи и исключаются тривиальные связи. В данной работе представляют только структурно-сложные системы (ССС), к которым относятся системы питьевого водоснабжения всех трёх типов.

Под «сложной системой» понимают систему, которую можно описать не менее чем на двух различных математических языках. Под «структурно-сложными системами» следует понимать такие системы, которые при математическом описании не сводятся к последовательным, параллельным или древовидным структурам. Структурно-сложные системы описываются сценариями сетевого типа с циклами и неустранимой повторностью аргументов при их формализации. Независимо от природы изучаемой ССС при решении соответствующих задач используются одни и те же абстрактные модели, а именно логико-вероятностные.

Современные ЭВМ вместе с приданными вводными и выводными устройствами и соответствующим математическим обеспечением являются весьма универсальным средством, с помощью которого путем моделирования могут и будут изучаться многие ССС, включающие в себя в качестве отдельных элементов и людей-операторов. Таким образом, все дело за разработкой соответствующего математического обеспечения, базирующегося на серьезной теории и апробированных аналитических методах. Несмотря на всю относительность полноты требований к объекту и субъективный характер их установления, в любой момент времени должна быть выделена и зафиксирована какая-то определенная совокупность этих требований (норм), по отношению к которой вполне объективно можно судить о качестве функционирования системы. В этом и состоит диалектика субъективного и объективного в оценке исправности объекта: субъективно устанавливаются требования к объекту и объективно – его состояние по отношению к этим требованиям. Можно рассмотреть кратко основные логические операции, незнание которых является главным тормозом в понимании логико-вероятностных методов:

Логико-вероятностное исчисление – специальный раздел дискретной математики, в котором установлены четкие правила замещения логических аргументов ( $x_i$ ) в функциях алгебры логики –  $y(x_1, \dots, x_n)$  вероятностями их истинности  $P\{x_i = 1\}$  и логических операций: конъюнкции ( $\wedge$ ), дизъюнкции ( $\vee$ ), отрицания ( $\neg$ ) арифметическими операциями: умножения ( $\times$ ), сложения ( $+$ ), вычитания ( $-$ ). Вероятностная функция (ВФ) – это вероятность истинности функции алгебры логики, т.е.  $P\{y(x_1, \dots, x_n) = 1\}$ .

Логическое уравнение – аналитическая запись задачи о разыскании значений аргументов, при которых значения двух данных функций равны

$$f_1(x_1, \dots, x_n) = f_2(x_1, \dots, x_n), \quad (1)$$

где  $x_n$  – неизвестные аргументы.

Решениями (корнями) уравнения являются такие значения неизвестных аргументов  $x_i$ , при которых соблюдается равенство (1). О таких значениях неизвестных говорят, что они удовлетворяют данному уравнению. Системой уравнений называется совокупность уравнений, для которых требуется найти значения неизвестных, удовлетворяющих одновременно всем уравнениям

Детерминированная логическая модель позволяет выявить наиболее существенные комбинации инициирующих условий, защита от которых предотвращает попадание системы в опасное состояние. *Первым этапом технологии информационной поддержки управления качеством нецентрализованного водоснабжения является инфологическое моделирование* [1]. Информационным фундаментом всего программного комплекса является проект базы данных [БД].

Отсюда проект реляционной БД (именно такая модель имеет преимущества, вследствие простоты, наглядности и глубокой математической базы) – это набор взаимосвязанных отношений, в которых определены все атрибуты, заданы первичные ключи отношений и принципы поддержки целостности отношений. Приложения в предметной области, касающейся управления водоподготовкой, водотведением, создаются так, чтобы их можно было многократно модифицировать под специфику (наращивать, приводя в соответствие принятой технологии, структуре управления, формату и характеру данных, решаемым задачам), использовать в схемах распределенной обработки данных. Данные могут иметь тип (символьный, числовой, дата и др.), иметь детерминированную или вероятностную природу, однако сами по себе они не явятся полезной для приложения информацией, пока не задана им определенная структура – тип, формат и связи. Для этого формированию баз данных предшествует анализ предметной области.

В качестве демонстрационного примера применения информационной технологии ОЛВМ в специализированной системе автоматизации проектирования, мониторинга и управления эксплуатацией приведена централизованная система водоснабжения (ЦСВ), которая характеризуется наличием следующих элементов: источник водозабора; устройство очистки; распределенная сеть трубопроводов; групповые коллекторы; водопотребители с устройствами доочистки или без них. Ее модель представлена на рис. 1.

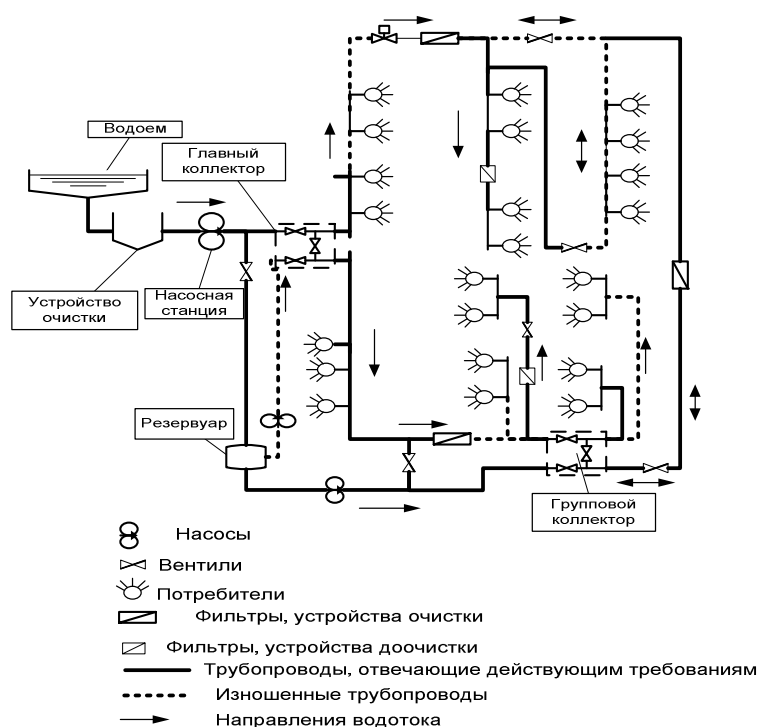


Рис. 1. Модель централизованной системы водоснабжения

По итогам модельного исследования требуется:

1. Оценить возможность и целесообразность развития централизованного водоснабжения и его оптимальные масштабы, а также перехода от НЦСВ к ЦСВ путем подключения локальных сетей к единым источникам водоснабжения, насосным станциям и коллекторам.

2. Оценить целесообразность применения логико-вероятностного метода в проекте ГИС водоснабжения при оценке рисков некачественного водопотребления.

При моделировании в соответствии с информационной технологией ОЛВМ дополнительно по элементам ЦСВ учитывается влияние следующих факторов: параметры воды, внутренние и внешние факторы.

Обе группы факторов описываются разными способами: *от детерминированных (определенных) до вероятностных, логических*. Принципы построения гео-рельефа рисков для проектов территориального планирования [3] состоят в следующем: обобщенные данные по номенклатуре и количеству составных частей ЦСВ, реализующие рассмотренные режимы, характеристикам их безотказности и временным режимам использования.

Рассматривается два варианта ЦСВ:

- ◆ имеющей устаревшие элементы и трубопроводы (характеристики над чертой);
- ◆ имеющей улучшенные элементы и трубопроводы (характеристики под чертой).

Время включенного состояния за расчетный период – 1 год.

Эти данные, хотя и не являются точными статистическими характеристиками конкретной ЦСВ, объективированы, т.е. могут рассматриваться как достоверная характеристика гипотетических вариантов ЦСВ.

При указанных условиях осуществляется расчет показателей безотказности функционирования аппаратуры ЦСВ с применением информационной технологии ОЛВМ в целях сравнения основного и плановых резервных режимов функционирования и с целью определения характеристик только системы водообеспечения в условиях чрезвычайных ситуаций (без учета характеристик потребителей). Первым этапом является определение исходных данных и разработка моделей ЦСВ в терминах ОЛВМ и строятся схемы функциональной целостности ЦСВ.

Характеристика метода ОЛВМ как информационной технологии свидетельствует не только о приемлемости к решаемой задаче, но и к более широким возможностям. Число уравнений вероятностной функции при решении задачи логико-вероятностным методом превышает значение константы-ограничения, выбранной по условию доступного объема машинной памяти. Даже для приближенного варианта решения число одночленов вероятностной функции составило 3 613, а система логических уравнений, отражающая СФЦ, насчитывает 98·2 уравнений, которые являются аналогом системы алгебраических и дифференциальных уравнений А.Н. Колмогорова, составляемых и решаемых при анализе систем с помощью марковских цепей и процессов.

На основании выполненных исследований можно привести ряд аргументов в отношении целесообразности применения ОЛВМ для управления системами обеспечения безопасности жизнедеятельности урбанистического сообщества различного масштаба. Прежде всего, достоинство ОЛВМ состоит в том, что он снимает с пользователя задачу составления и решения этой системы уравнений. Таким образом, имеет место соответствие всеобщему закону постепенного вытеснения в будущем ручного труда и полной автоматизации составления моделей и расчетных методик.

Реальными достоинствами рассматриваемых методов являются также ниже перечисленные.

1. Применение ОЛВМ и программного комплекса, реализующего автоматизированное структурно-логическое моделирование (АСМ), существенно облегчает решение актуальной и сложной научной и практической задачи построения практически значимых математических моделей надежности функционирования структурно-сложных систем.

2. Практическое применение ОЛВМ для моделирования и расчета различных характеристик сложных систем облегчается тем, что все основные технологические этапы построения логических, вероятностных моделей и вычисления показателей полностью автоматизированы и реализованы в программных комплексах автоматизированного структурно-логического моделирования (ПК АСМ).

3. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем «АРБИТР» (ПК АСМ СЗМА) аттестован Советом по аттестации программных средств Ростехнадзора РФ и в настоящее время используется промышленными организациями РФ.

4. На исследователя возлагается только задача составления СФЦ, т.е. задача, свойственная проектировщикам систем. Нет необходимости ни выбора метода, ни аналитической работы по составлению и решению систем алгебраических или дифференциальных уравнений.

5. Таким образом, применением ОЛВМ достигается радикальное разрешение проблемы перехода от качественной графической формы модели структурно-сложной технической системы к формальной вероятностной математической модели с автоматическим обеспечением ее адекватности графической модели и корректности программной реализации.

6. С точки зрения степени адекватности, ОЛВМ обеспечивает моделирование с точным отображением случайности процессов как по их осуществлению во времени, так и по взаимосвязям (структуре), что не доступно квазирегулярным моделям, заменяющим случайные величины оценками их математических ожиданий. Итогом моделирования ОЛВМ являются точно рассчитанные функции вероятностного распределения выходных характеристик любого элемента, входящего в систему.

7. Взгляду исследователя сложно среди многих частных показателей эффективности элементов найти тот из них, затраты на изменение которого приведут к наиболее существенному повышению эффективности реальной подсистемы. Применение информационной технологии ОЛВМ и ПК АСМ делает эту задачу решаемой автоматически.

Это является комплексным решением общей проблемы определения путей создания специализированной системы автоматизации проектирования, мониторинга и управления эксплуатацией систем водоснабжения. Рассмотренные в [3] задачи позволили получить новые научные и практические результаты, составляющие концепцию информационной поддержки управления качеством водопотребления в урбанистических сообществах различного масштаба. Разработанная геоинформационная модель питьевого водоснабжения, включающая слоистое пространственное распределение тенденций изменения параметров источников водозабора, позволяет повысить эффективность управления качеством водопотребления на основе прогноза и учёта факторов влияния, пространственных характеристик территорий и масштабов урбанистических сообществ.

Методика обоснования масштаба урбанистического сообщества в системе доочистки воды при централизованном водоснабжении определило для выбранных условий масштаб порядка 400–500 жителей, что является научно обоснованной информационной поддержкой принятия решений в этой области. Методика сравнительной оценки соответствия российских и международных «индикаторов устойчивого развития» в части хозяйственно-питьевого водоснабжения на основе ГЭП-анализа позволяет определить целесообразные направления деятельности научных, технических и общественных организаций по решению проблем обеспечения безопасности социума в рассматриваемой области.

Рекомендации по рациональному оборудованию городов и населённых пунктов системами водоподготовки для хозяйственно-питьевых целей являются важным инструментом, содействующим реализации программ устойчивого развития регионов РФ, где учитываются стоимость или соотношение риск-стоимость средств в зависимости от масштаба социума. Научно обоснованные предложения повышения качества питьевого водоснабжения, включённые в доктрину продовольственной безопасности и программу «Чистая вода», должны повысить качество водопотребления и обеспечить право каждого члена общества на обеспечение питьевой водой, соответствующей мировым стандартам качества.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Минина М.В.* Инновационные технологии повышения качества питьевого водоснабжения урбанистических сообществ // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 7 (96). – С. 71-75.
2. *Минина М.В., Митько В.Б., Можжев А.С.* Применение логико-вероятностного метода при оценке качества питьевого водопотребления в централизованной системе водоснабжения // Сборник научных трудов II Всероссийской научно-практ. конф. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 191-206.
3. *Минина М.В.* Системы питьевого водоснабжения коллективного пользования, основанные на инновационных технологиях // Труды межд. конф. «День Балтийского моря». – СПб., 2008. – С. 502-503.
4. *Минина М.В.* Внедрение инновационных технологий в системах очистки воды коллективного пользования // Труды Конгресса «Цели развития тысячелетия» и инновационные принципы устойчивого развития Арктических регионов. Т. 2. – СПб.: Инсанта, 2008. – С. 106-110.
5. *Минина М.В.* Инновационные технологии в системах очистки воды коллективного пользования // Труды Всерос. научн. конф. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – С. 109-113.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. В.В. Яковлев.

#### **Минина Марина Виссарионовна**

ООО «Агентство по наукоёмким и инновационным технологиям».

Арктическая общественная академия наук.

E-mail: m-minina@yandex.ru; selin1@mail.ru.

197198, Санкт-Петербург, ул. Маркина, 14-16, оф. 42.

Тел.: +78122344868; +79216321186; тел/факс: +78124984227.

Исполнительный директор; учёный секретарь; к.т.н.

#### **Малик Саад**

Российский государственный гидрометеорологический университет.

E-mail: mr.saad@gmail.com.

195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

Тел.: +79643651396.

Кафедра морских информационных технологий; аспирант.

#### **Соболева Ксения Валерьевна**

Ленинградское областное отделение ВПП «Единая Россия».

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет.

E-mail: ksumitko@yandex.ru.

198188, Санкт-Петербург, ул. Васи Алексеева, 30, кв. 62.

Тел. +78127847518; факс: +78123719257; +79516654323.

Пресс-секретарь; аспирант.

**Minina Marina Valer'evna**

Open Company «Agency on the High Technology and Innovative Technologies».

The Arctic Public Academy of Sciences.

E-mail: m-minina@yandex.ru; selin1@mail.ru.

14-16, Markina Street, Off. 42, S.-Peterburg, 197198, Russia.

Phones: +78122344868; +79216321186; Phone/Fax: +78124984227.

Executive Director; the Scientific Secretary; Cand. of Eng. Sc.

**Malik Saad**

The Russian State Hydrometeorological University.

E-mail: mr.saad@gmail.com.

3, Metallistov, Avenue, St.-Petersburg, 195196, Russia.

Phone: +79643651396.

The Department of Sea Information Technologies; Post-graduate Student.

**Soboleva Kseniya Valer'evna**

Leningrad Regional branch VPP "Uniform Russia".

The St.-Petersburg State Electrotechnical University.

E-mail: ksumitko@yandex.ru.

30, Vasi Alexeeva Street, Off. 62, St.-Petersburg, 198188, Russia.

Phones: +78127847518; Fax: +78123719257; +79516654323.

Press-secretary; Post-graduate Student.

УДК 534.29:551.594.25

**М.А. Тимошенко**

**ДИФФУЗИОННЫЙ ПОТОК ПРИ ОСАЖДЕНИИ НАНОАЭРОЗОЛЕЙ  
В ЗВУКОВОМ ПОЛЕ**

*Рассматривается диффузия аэрозолей в акустическом поле с целью их осаждения. Получены аналитические выражения для потока наноразмерных частиц через гидродинамический и акустический пограничные слои в зависимости от частоты диффузионного потока через пограничный слой в звуковом поле для разных радиусов частиц. Приводятся трёхмерные нанофотографии исследованных типов табака. В конце работы приведены краткие выводы о поведении диффузионного потока нано- и субмикронных частиц при прохождении их через акустический и гидродинамический пограничные слои.*

*Диффузия; граничные слои; наночастицы; звуковое поле.*

**М.А. Timoshenko**

**DIFFUSION STREAM AND PRECIPITATION OF NANO AEROSOL  
IN THE SHAMP ACOUSTIC**

*The aerosol diffusion with the purpose of precipitation is considered in the article. Analytical expressions for a stream nano particles through hydrodynamic and acoustic interfaces depending on frequency of a diffusive stream through an interface in a sound field for different radiuses of particles are received. Are resulted three-dimensional nanofotograph the investigated types of tobacco. In the end of work short conclusions about behavior of a diffusive stream nano- and sub-micronic particles are resulted at their passage through acoustic and hydrodynamic interfaces.*

*Diffusion; boundary layers; nanoparticales; shamp acoustic.*

После подстановки в конечную формулу  $P_y(x)$  для диффузионного потока ([1]. С. 139-144) соответствующих выражений [2, 3], для толщин акустического  $\delta_a$  и гидродинамического  $\delta_h$  пограничных слоев, коэффициента диффузии  $D$ , начального потока  $P_0 = n_0 v_0$  и коэффициента  $\beta = n_{\text{мол}} / n_0$ , где  $n_0$  и  $n_{\text{мол}}$  – концентрация наночастиц и газа около источника, получаем расчетные формулы для оценки относи-