

с е т е в о й   н а у ч н ы й   ж у р н а л   ISSN 2518-1092

# НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

RESEARCH RESULT

Том 2 | № 1  
Volume 2 |

ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION  
TECHNOLOGY

Сайт журнала:  
[rinformation.ru](http://rinformation.ru)

сетевой научный рецензируемый журнал  
online scholarly peer-reviewed journal



Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл. № ФС77-69101 от 14 марта 2017 г.

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor)  
Mass media registration certificate El. № FS 77-69101 of March 14, 2017



Том 2, № 1. 2017

СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2016 г.

ISSN2518-1092



Volume 2, № 1. 2017

ONLINESCHOLARLYPEER-REVIEWEDJOURNAL

First published online: 2016

ISSN 2518-1092

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:** *Жиликов Е.Г.*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:** *Черноморец А.А.*, кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:** *Болгова Е.В.*, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

**РЕДАКТОР АНГЛИЙСКИХ ТЕКСТОВ СЕРИИ:** *Ляшенко И.В.*, кандидат филологических наук, доцент

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:**

**Ломакин В.В.**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой прикладной информатики и информационных технологий НИУ «БелГУ»

**Гахова Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий НИУ «БелГУ»

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

**Волчков В.П.**, доктор технических наук, профессор (Московский технический университет связи и информатики, г. Москва)

**Дмитриенко В.Д.**, доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков, Украина)

**Капалин В.И.**, доктор технических наук, профессор (Московский государственный институт электроники и математики (технический университет), г. Москва)

**Корсунов Н.И.**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Ломазов В.А.**, доктор физико-математических наук, профессор (Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, г. Белгород)

**Маторин С.И.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Рубанов В.Г.**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород)

**Белов С.П.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Коськин А.В.**, доктор технических наук, профессор (Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, г. Орел)

**Иващук О.А.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**EDITORIAL TEAM:**

**EDITOR-IN-CHIEF:** *Evgeniy G. Zhilyakov*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State National Research University

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:** *Andrey A. Chernomorets*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

**EXECUTIVE SECRETARY:** *Evgeniya V. Bolgova*, Senior Lecturer, Belgorod State National Research University

**ENGLISH TEXT EDITOR:** *Igor V. Lyashenko*, Ph.D. in Philology, Associate Professor

**EDITORIAL BOARD:**

**Vladimir V. Lomakin**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Belgorod State National Research University

**Nina N. Gahova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

**CONSULTING EDITORS:**

**Valery P. Volchkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Valery D. Dmitrienko**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Ukraine)

**Vladimir I. Kapalin**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Nikolay I. Korsunov**, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Vadim A. Lomazov**, Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor (Russia)

**Sergey I. Matorin**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Vasily G. Rubanov**, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Sergey P. Belov**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Alexander V. Koskin**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Olga A. Ivaschuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Издатель: НИУ «БелГУ». Адрес издателя: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85.

Журнал выходит 4 раза в год

Founder: Federal state autonomous educational establishment of higher education  
«Belgorod State National Research University»

Publisher: Belgorod State National Research University

Address of publisher: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

Publication frequency: 4 / year

## СОДЕРЖАНИЕ

### СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

<b>Пигнастый О.М.</b> Модель производственного процесса обработки партии предметов труда	<b>3</b>
<b>Путивцева Н.П., Зайцева Т.В., Пусная О.П., Трошина Т.С., Васина Н.В.</b> О разработке методики комплексного оценивания принадлежности учителей к категории	<b>14</b>
<b>Оладько В.С., Бабенко А.А., Алексина А.А.</b> Оценка защищенности системы дистанционного образования вуза	<b>20</b>
<b>Карви Д.К., Салах Х.А., Брусенцев А.Г.</b> Система поддержки принятия решений для оценки уровня загрязнения воды в реке Тигр	<b>28</b>
<b>Путивцева Н.П., Пусная О.П., Игрунова С.В., Зайцева Т.В., Нестерова Е.В.</b> Сравнительный анализ применения многокритериальных методов	<b>40</b>
<b>Жихарев А.Г., Шаратов Д.П.</b> Системно-объектное имитационное моделирование систем массового обслуживания на примере "Многофункционального центра предоставления государственных и муниципальных услуг"	<b>48</b>

### ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Жиляков Е.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В.</b> О субинтервальных матрицах на основе унитарных преобразований	<b>55</b>
--	-----------

## CONTENTS

### SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

<b>Pihnastyi O.M.</b> The model of production process of the party of the subjects of labour	<b>3</b>
<b>Putivtseva N.P., Zaitseva T.V., Pusnaya O.P., Troshina T.S., Vasina N.V.</b> On the development of methods of comprehensive evaluation of conformity of teachers to categories	<b>14</b>
<b>Oladko V.S., Babenko A.A., Aleksina A.A.</b> Security assessment of university distance education	<b>20</b>
<b>Karwi J.Q., Salah H.A., Brusentsev A.G.</b> Decision support system for the evaluation of water pollution in Tigirs river	<b>28</b>
<b>Putivtseva N.P., Pusnaya O.P., Igrunova S.V., Zaitseva T.V., Nesterova E.V.</b> Comparative analysis of the use multi- criteria methods	<b>40</b>
<b>Zhikharev A.G., Sharapov D.P.</b> System-object imitative modeling of the mass service system by the example "multifunctional center of providing state and municipal services"	<b>48</b>

### SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

<b>Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Bolgova E.V.</b> About subinterval matrices based on unitary transformations	<b>55</b>
--	-----------

УДК 004.2

DOI:10.18413/2518-1092-2017-2-1-28-39

Карви Д.К.<sup>1</sup>  
Салах Х.А.<sup>2</sup>  
Брусенцев А.Г.<sup>1</sup>**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В РЕКЕ ТИГР**<sup>1)</sup> Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, ГК 209,  
г. Белгород 308012, Россия<sup>2)</sup> Срединный технический университет, г. Сувайра, Ирак  
*e-mail: jalalalqaisy1@gmail.com, husseinalali6@gmail.com, brusentsev@mail.ru***Аннотация**

В данной работе представлена разработка системы поддержки принятия решений (WATER-DSS) для оценки уровня загрязнения воды в реке Тигр. Данная СППР (Decision Support System, DSS) предлагает ряд стратегий для определения качества воды и мер по очистке воды для защиты здоровья населения, путем создания системы поддержки принятия решений для обеспечения специалистов на станциях водоснабжения информацией по качеству воды. СППР предназначена для использования специалистами в сфере водного хозяйства, при работе с различными причинами загрязнения воды в районе города Багдад. Система оценивает качество воды и уровень загрязнения воды, используя индекс качества воды (WQI). Она способна определять тип и источник загрязнения воды и предлагать меры по ее очистке для того, чтобы сделать воду пригодной для использования людьми. Система использует набор из 24 параметров загрязнения воды, специфичных для каждого типа загрязнения, с целью принятия эффективных мер по устранению последствий загрязнений. В качестве рабочего примера была выбрана вода в реке Тигр. Работа СППР основана на математической модели. Результаты оценки, производимой данной СППР, могут стать важным элементом принятия решений в случае экологических кризисов и поиска наиболее оптимальных методов по очистке воды.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений; дерево решений; загрязнение воды; причины загрязнения воды; очистка воды.

UDC 004.2

Karwi J.Q.<sup>1</sup>  
Salah.H.A.<sup>2</sup>  
Brusentsev A.G.<sup>1</sup>**DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE EVALUATION OF WATER  
POLLUTION IN TIGRIS RIVER**<sup>1)</sup> Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov, 46 Kostyukova St., Belgorod, 308012, Russia<sup>2)</sup> Middle Technical University, Suwaira, Iraq  
*e-mail: jalalalqaisy1@gmail.com, husseinalali6@gmail.com, brusentsev@mail.ru***Abstract**

This article presents the development of a decision support system for water pollution in Tigris River (WATER-DSS). This DSS presents several strategies to manage water evaluation and treatment in order to protect human health by building a decision support system to help the authority of water supply stations to find information about water management. This DSS is designed to help address and support multiple water pollution causes and multiple decision makers, in several places in Baghdad. The evaluation of the DSS discusses the effect of water quality index management on the water pollution. The system detects the pollution causes and type and suggests a decision for cleaning the water so that it can be used by human. The application uses a set of (24) water-pollution parameters, specific to the pollution causes, in order to deal with the water pollution accidents and take emergency measures effectively. Tigris River is selected as the case study in this paper. The frame of the water pollution DSS is based on a mathematical model. The results support the primary decision in emergency cases and offer a suggestion to apply a suitable method for treatment the polluted water.

**Keywords:** decision support system; decision tree; water pollution; water pollution causes; water pollution treatment.

**Введение**

Под загрязнением воды понимают изменение физических, химических и биологических свойств водных ресурсов, которое оказывает негативное влияние на живые организмы и делает воду непригодной для использования. Наиболее остро данная проблема стоит в развивающихся странах, где промышленные выбросы,

неудовлетворительное санитарное состояние и ненадлежащая утилизация отходов приводят к загрязнению водных ресурсов и атмосферы, что оказывает вредное воздействие на здоровье человека [1].

Загрязнение окружающей среды (нефтяные разливы, промышленные выбросы и отходы) – один из главных источников заболеваний. Оно представляет угрозу для жизни и здоровья людей, так как в результате динамичного развития современных технологий образуется большое количество токсинов, которые загрязняют каждый квадратный сантиметр почвы. В новом докладе [2] агентства по охране окружающей среды сообщается, что в будущем уровень загрязнения окружающей среды и ущерб для живой природы будет только возрастать, в результате все более масштабного воздействия человека на природную среду. Также в докладе указано, что достигнутое за последнее десятилетие сокращение загрязнения окружающей среды будет полностью нивелировано всё возрастающими масштабами строительства дорог, ростом количества наземного, морского и воздушного транспорта. Попытки снизить количество производимых отходов также не принесли результата, и количество токсичных отходов продолжает расти. Всё это представляет угрозу для животных и рыбы, разрушая их естественную среду обитания. Наряду с разрушением природных экосистем, загрязнение вод становится одним из рисков для здоровья человека.

Загрязнение воды подразделяется на две категории: природное, которое заключается в изменении ее температуры, солености или содержания взвешенных веществ, и химическое, которое происходит в результате сброса сточных вод, разливов нефти, применения сельскохозяйственных химикатов, таких как пестициды, инсектициды и удобрения. Загрязнение воды может принимать различные формы и приводить к различным нежелательным последствиям.

Загрязнения могут затрагивать как воду в реках, озерах и океанах, так и дождевую воду, почвенные воды и воду из природных источников, делая ее непригодной для потребления людьми и животными, полива растений и обитания водных организмов [2].

Целью данной работы является представление разработки новой системы принятия решений для контроля качества воды в реке Тигр в районе города Багдад. СППР способна определять тип загрязнения и генерировать решение по поводу оптимальной стратегии обработки и очистки воды с целью сделать её пригодной для потребления. Насчитывается 8 основных типов загрязнения воды, и для каждого из них существуют определенные технологии очистки воды от загрязняющих веществ. Структура работы построена следующим образом. Вначале представлена концепция СППР для контроля качества воды и описаны основные причины загрязнения вод.

### ***1. Система поддержки принятия решений для оценки уровня загрязнения воды в реке Тигр***

Багдад, крупнейший город в Ираке, расположен на берегах реки Тигр (рис. 1). Большая часть населения Ирака проживает в этом регионе. Вода из реки Тигр используется для орошения и для снабжения населения питьевой водой, будучи единственным источником питьевой воды в районе города Багдад. Потребность в питьевой воде в городе Багдад постоянно возрастает в связи с быстрым ростом населения и динамичным развитием промышленности. Сельское хозяйство также весьма развито на обоих берегах реки. Таким образом, крайне важным является постоянный контроль качества воды, применяемой для различных целей. Для решения этих проблем, местные разработчики, менеджеры и другие специалисты заинтересованы в создании рациональных стратегий развития, которые позволят совместить индустриальный прогресс с контролем качества воды, устранением проблемы загрязнения воды и защитой здоровья населения. Для достижения этих целей необходимо обрабатывать огромное количество информации и анализировать различные альтернативы стратегий развития. В настоящем исследовании рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются местные управляющие органы и специалисты в связи с вопросами водопользования, и методы их решения при помощи системы поддержки принятия решений (WATER-DSS), предназначенной для станций водопользования и способной определять различные экологические критерии и оценивать их приоритет [3]. На рис. 1 показано расположение станций, рассматриваемых в данной статье. Эти станции охватывают также большинство водоснабжающих подстанций в городе Багдад. После выбора конкретной станции, открывается новое окно для введения данных по качеству воды и степени загрязнения воды. Таким образом, можно определить и принять меры для избегания загрязнения воды и устранения источников загрязнения воды с целью защиты здоровья населения.

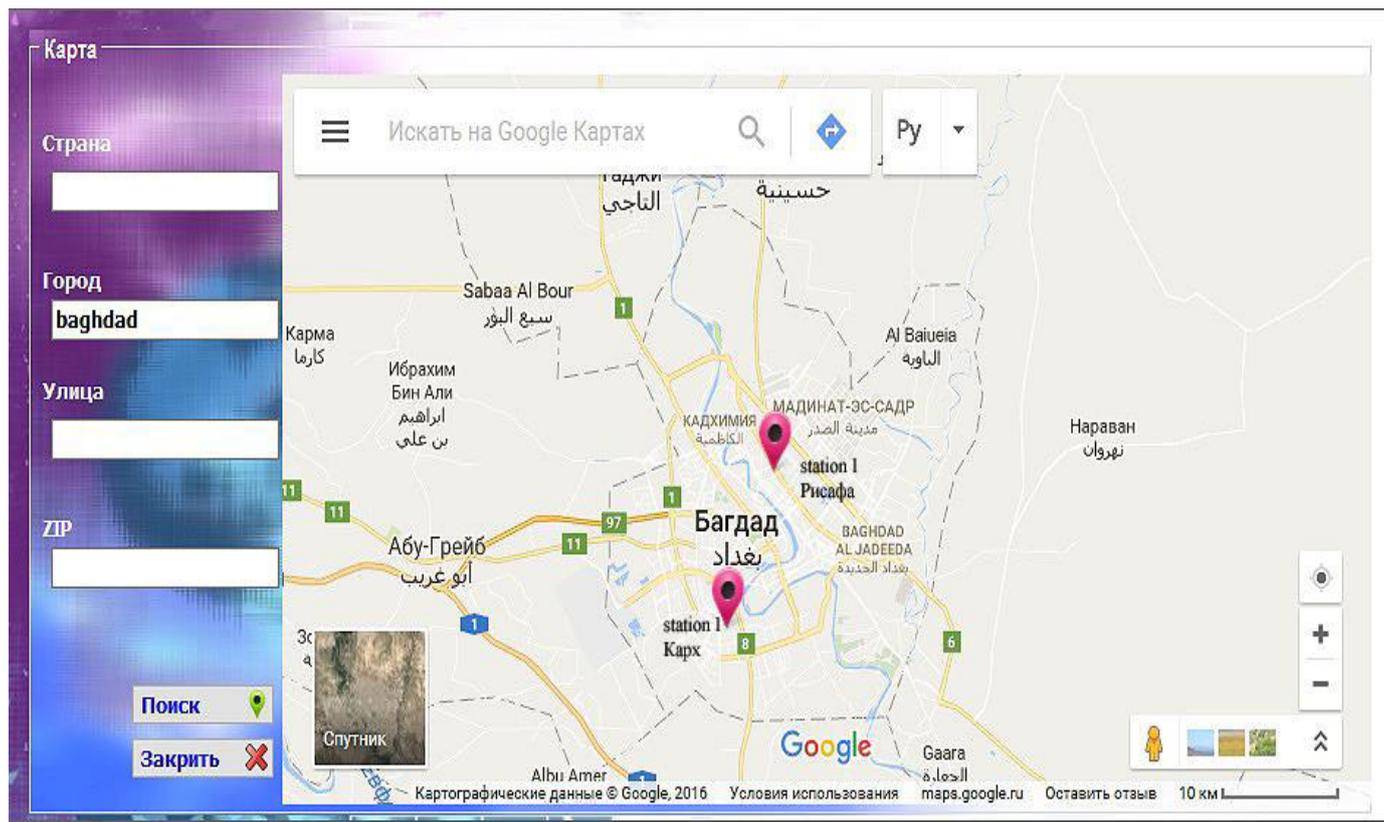


Рис. 1. Расположение станций водоснабжения в районе реки Тигр (Багдад)

Fig. 1. Water Stations locations on the Tigris River

## 2. Моделирование решений (Decision Modeling)

Цель данной модели – разработка DSS для контроля качества воды (WATER-DSS) на основании четырех основополагающих компонентов (рис. 2) база данных, модель управления водными ресурсами, основанная на математических моделях для оценки качества воды, логический координационный блок, ответственный за связь с моделями контроля за загрязнениями воды, и пользовательский интерфейс, способный определять требуемые параметры и отображать полученные результаты посредством настраиваемых таблиц и графиков. Различные сценарии описывают различные стратегии или конкретные мероприятия по устранению загрязнений воды; результатом является инструмент поддержки принятия решений при определении причин загрязнения и оптимальных технологий очистки загрязненной воды.

### 3. Виды загрязнения воды и их последствия

#### 1) Возбудители инфекций (Infectious Agents)

Наиболее опасными для здоровья человека загрязняющими агентами являются патогенные организмы. Главным их источником являются необработанные или недостаточно обработанные отходы жизнедеятельности.

#### 2) Сточные воды с высоким БПК (Oxygen-Demanding Wastes)

Биохимическая потребность в кислороде (BOD) – это стандартный анализ количества растворенного кислорода, поглощаемого водными микроорганизмами в течение пяти суток. Количество растворенного в воде кислорода является индикатором качества воды и типов организмов, которые могут в ней существовать. При анализе растворенного кислорода (DO) проводятся прямые замеры количества кислорода при помощи кислородного электрода.

#### 3) Неорганические загрязняющие вещества (Inorganic Pollutants)

Многие из металлов, такие как ртуть, свинец, кадмий, никель высоко токсичны. Тяжелые металлы попадают в окружающую среду в результате деятельности человека, а также накапливаются в результате гидрологических и биологических процессов. Шахтный дренаж и выщелачивание отходов горного производства являются основными источниками загрязнения воды металлами.

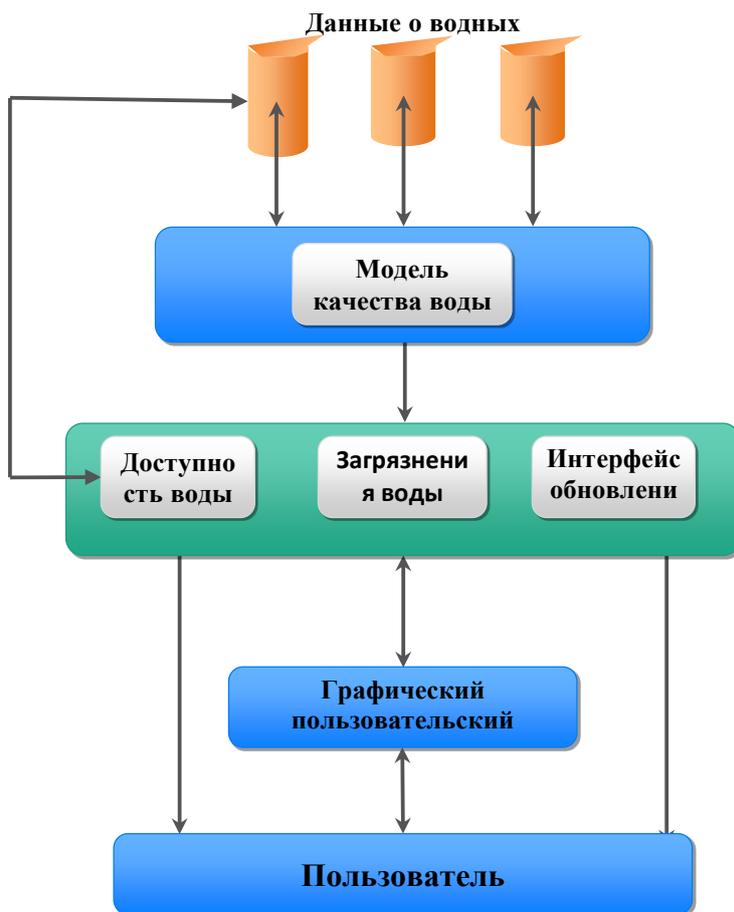


Рис. 2. Архитектура приложения для контроля качества воды  
Fig. 2. The water pollution application architecture

#### 4) Неметаллические соли (Nonmetallic salts)

Пустынные почвы часто содержат высокие концентрации растворимых солей, в том числе ядовитых солей селена и мышьяка. Соли, которые нетоксичны в малых концентрациях, например, хлорид натрия, могут накапливаться в результате орошения полей, их концентрация повышается по мере испарения воды и достигает уровня, токсичного для растений и животных.

#### 5) Кислоты и основания (Acids and bases)

Кислоты попадают в окружающую среду в ходе производственных процессов (напр. выделка кожи, металлургия, текстильная промышленность). Сжигание угля и нефти также приводит к формированию серных и азотных кислот в атмосфере, которые разносятся на большие расстояния, нанося вред окружающей среде.

#### 6) Тепловое загрязнение (Thermal pollution)

Под данным видом загрязнения подразумевается ухудшение качества воды в результате изменения температуры природных водоемов. Отклонение температуры воды выше или ниже нормального уровня может негативно повлиять на качество воды, а также на водные организмы. Тепловое загрязнение водоемов вызывается сбросом нагретой воды непосредственно в реки и озера, что негативно влияет на растительность. Кроме того, наиболее дешевым способом охлаждения различных промышленных установок является подведение воды из океана, реки, озера или водонапорного бассейна; вода проходит через теплообменник, забирая избыточное тепло, и снова сбрасывается в природные водоемы.

#### 7) Осадок (Sediment)

Реки всегда несли в океан донные осадочные отложения, но интенсивность эрозии во многих регионах значительно возросла в результате деятельности человека. Эрозию вызывают вырубка лесов, использование земель под пастбища и расширение городских территорий, что в свою очередь приводит к избыточному образованию осадка в реках. Осадочные отложения могут приносить и пользу. Ил, приносимый рекой, служит удобрением для полей, расположенных на затопляемых поймах.

## 8) Органические химикаты (Organic Chemicals)

Многие вещества, используемые в химической промышленности для производства пестицидов, пластика, медицинских препаратов, пигментов и других продуктов, используемых в быту, высоко токсичны. Двумя основными источниками загрязнения воды токсичными органическими химикатами являются ненадлежащая утилизация промышленных и бытовых отходов и сточные воды, содержащие пестициды [4].

Таблица 1

### Основные виды загрязняющих веществ [4]

Table 1

#### Main types of water pollutants

№	Вид	Примеры	Источники
1.	Возбудители инфекций	Бактерии, вирусы, паразиты	Отходы жизнедеятельности человека и животных
2.	Органические химикаты	Пестициды, пластик, детергенты, нефть, бензин	Применение органических химикатов в быту, промышленности и сельском хозяйстве
3.	Неорганические химикаты	Кислоты, едкие щелочи, соли, металлы	Промышленные сточные воды, бытовые чистящие средства, поверхностные стоки.
4.	Радиоактивные вещества	Уран, торий, цезий, йод, радон	Горно-обогатительные комбинаты, электростанции, военная промышленность, природные источники
5.	Осадок	Грязь, ил	Эрозия почв
6.	Биогенные элементы (питательные вещества для растений)	Нитраты, фосфаты, аммоний	Сельскохозяйственные удобрения и удобрения для городских насаждений, бытовые стоки, животный навоз
7.	Сточные воды с высоким БПК	Животный навоз и растительные остатки	Бытовые стоки, сельскохозяйственные сточные воды, целлюлозно-бумажные комбинаты, пищевая промышленность
8.	Тепловое загрязнение	Тепло	Электростанции, промышленные системы охлаждения

## 4. Стандартные методы обработки воды (water treatment)

### 1) Оксидизация или подготовка (Oxidation or facilitation)

Когда в воде содержится слишком высокая концентрация органических, химических или минеральных веществ, например, железа, марганца или кальция, первым видом обработки обычно является оксидизация. Для этого в воду добавляют определенное количество хлора, озона или гашеной извести, для дальнейшего отмучивания растворенных в воде веществ.

### 2) Очистка (Clearance)

Используются крупноячеистые сита для того, чтобы задержать взвешенные твердые вещества перед сливом воды в бассейны-отстойники.

### 3) Отстаивание (Sedimentation)

В процессе отстаивания используется сила тяжести, под действием которой взвешенные частицы из потока воды осаждаются на дно. Поток воды проходит несколько последовательно расположенных резервуаров разной формы, в результате чего происходит осаждение взвешенных веществ.

### 4) Фильтрация (Percolation)

Фильтрация производится для отделения осадка и оставшихся взвешенных веществ. Вода при этом фильтруется через несколько слоев песка.

### 5) Флокуляция (Flocculation)

Флокуляцией называется метод добавления в воду определенного количества некоторых веществ, например, сульфата алюминия, хлорида железа, для осаждения водорослей и бактерий, что способствует более эффективному отделению осадка в резервуарах. Также для адсорбции многих видов веществ применяется активированный уголь.

### 6) Микрофильтрация (Microfiltration)

В данном методе используются мембраны из микроволокон, которые устанавливаются внутри

стальной трубы. В каждом из волокон имеется множество микроскопических отверстий. Вода прокачивается под давлением сквозь мембрану, и мембрана задерживает частицы растворенных веществ размером крупнее микроотверстий, а также бактерии и вирусы. Мембраны регулярно очищаются.

#### 7) Опреснение морской воды (Seawater desalination)

В некоторых странах традиционных источников воды недостаточно для снабжения населения питьевой водой; по этой причине рассматриваются альтернативные способы добычи питьевой воды, из которых перспективным является опреснение морской воды и слабоминерализованных грунтовых вод.

#### 8) Биовосстановление (Bioremediation)

Определенные виды бактерий уже много лет используются для биологической очистки сточных вод. В некоторых странах этот метод используется также для очистки питьевой воды. Данная технология весьма эффективна для очищения воды от органических, минеральных и химических веществ.

#### 9) Обеззараживание или дезинфекция (Sterilization or disinfection)

Данный метод используется на заключительных этапах обработки воды, и предназначен для уничтожения болезнетворных бактерий и вирусов. Обеззараживание производится путем применения химических дезинфицирующих веществ, таких как хлор или озон, а также при помощи нагревания. Процесс дезинфекции производится на протяжении всей сети каналов, по которым проходит вода, чтобы бактерии или вирусы не оставались в каком-либо из резервуаров или труб.

В Таб.1 приведена информация об условиях качества воды и уровнях загрязнения, обрабатываемая системой для распространения данной информации среди специалистов на станциях водоснабжения и предоставления этой информации пользователю. Информационная система полностью компьютеризирована, и вся информация и данные хранятся в системе WATER-DSS и могут выбираться пользователем при необходимости. На практике, большинство информационных систем представляют собой сочетания данных функций, предоставляемых достаточно мощным и недорогим программным обеспечением. Основные типы данных, которые требуется обрабатывать при работе с загрязнениями воды в районе города Багдад, показаны в табл. 2.

Таблица 2

**Основные категории видов и источников загрязнений воды в реке Тигр и методы устранения загрязнений**

Table 2

**The main categories of causes and treatment of water pollutants in the Tigris River**

№	Виды загрязнений	Значение	Метод обработки
1	Возбудители инфекций		
	1. Биохимическая потребность в кислороде за 5 сут. (BOD5) при температуре 20 С	>10	1. Мембранная фильтрация 2. Обеззараживание или дезинфекция
	2. Химическое потребление кислорода (COD)	>60	
	3. Мутность	В пределах 5	
2	Органические химикаты		
	1. Общее содержание нефтепродуктов (н-гексановых материалов)	>10	1. Биовосстановление 2. Карбонизация или восстановление
	2. Бензол	>0.005	
	3. Толуол	>0.002	
3	Неорганические химикаты		
	1. Водородный показатель (рН)	6 > рН > 9	1. Опреснение морской воды 2. Оксидизация или подготовка
	2. Растворенное железо (Fe)	>1.0	
	3. Общее содержание мышьяка (As)	>0.01	
	4. Общее содержание ртути (Hg)	>0.005	
	5. Общее содержание цианидов (CN-)	>0.01	
	6. Сульфаты (SO4)	>200	
	7. Общее содержание остаточного хлора (Cl2)	>0.2	
	8. Общее содержание фторидов (F-)	1.5	
4	Радиоактивные материалы		
	Радиоактивность	1,0	

5	Осадок		
	1. Общее количество взвешенных твердых веществ (TSS)	>15	1. Отстаивание 2. Фильтрация
	2. Растворенный шестивалентный хром (Cr6+)	>0.05	
6	Биогенные элементы (питательные вещества для растений)		
	1. Аммиак, соединения азота (NH <sub>3</sub> -N)	>0.01	Флокуляция
	2. Общее содержание фосфора (P)	>0.1	
	3. Соединения фенола (фенол)	>0.1	
7	Сточные воды с высоким БПК		
	1. Содержание растворённого кислорода (DO)	<4	Мембранная фильтрация
	2. Бактерии группы кишечной палочки	>100	
	3 Биохимическая потребность в кислороде (BOD5 при температуре 20 C)	>10	
8	Тепловое загрязнение	Максимальное отклонение в пределах 30 C от нормальной	Подведение холодной воды из реки

В табл. 2 показаны основные категории источников загрязнения воды, уровни загрязнения и методы устранения загрязнений для реки Тигр в городе Багдад. Насчитывается 8 основных типов загрязнений, каждый из которых обусловлен определенными причинами, и, в зависимости от уровня этого загрязнения, оказывает влияние на качество воды. Для каждого из видов загрязнений приведены технологии очистки [5].

#### 5. Алгоритм локального поиска

```

1: N: = количество повторений
   параметров загрязнения воды
2: S: = 0
3: A: = фактическая величина
   загрязнения
4: For i: = 1 to N do
5:   C: = начальная величина
   загрязнения;
6: While A соответствует источнику
   данного вида загрязнения,
   выполнить
7:   C: = один из видов загрязнения;
8: end while
9: if C выше чем S, то
10: S: = C;
11: End if
12: End for
13: Return S;

```

Рис. 3. Алгоритм вычисления уровня загрязнения системой поддержки принятия решений  
Fig. 3. Algorithm for calculating water pollution of water decision support system

#### 6. Практические результаты

Общий вид рабочего процесса модели по анализу загрязнения для обеих станций показан на рис. 4 и 5. Нормативные значения параметров загрязнения изначально хранятся в таблице DBMS (MySQL server).

вычислительные загрязнения воды

Текущего пользователя  
Имя пользователя: jalal      Фамилия: karwi      Имя: jalal  
Тип пользователя: admin      Станция: 1      Город: baghdad

ID	Фамилия	Имя	имя по...	Тип	Город	Станция	(БПК5) ...	(ХПК) X...	Мутность	(извлек...	Бензол	Толуол	(pH) Во...	(Fe) Об...	(As) Об...	(Hg) О...	(в виде...	Сульфат...
1	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	9	58	4	9	0,004	0,001	5	0,9	0,001	0,004	0,001	180
2	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	15	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
3	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	11	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
4	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
5	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150
6	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150
7	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150

Статус: Общее количество образцов: 7

идентификационный номер:

**1- Возбудители инфекций**

1. Биологическое потребление кислорода 5 сут. (БПК5 при 20oC)

2. Химическое потребление кислорода (ХПК)

3. Мутность

**4- Радиоактивные вещества**

1. Радиоактивное излучение

**6- Удобрения**

1. Аммиачный азот (в виде NH3-N)

2. Общее содержание фосфора (в виде P)

3. Фенольные соединения (в виде фенола)

**2- Органические вещества**

1. Общее содержание нефтесмазочных материалов (извлекаемых n-гексаном)

2. Бензол

3. Толуол

**5- Образование осадка**

1. Общее содержание взвешенных веществ (TSS)

2. Шестивалентный хром растворенный (Cr6+)

**7- Стоки с высоким БПК**

1. Содержание растворенного кислорода (DO)

2. Бактерии группы кишечной палочки

3. Биологическое потребление кислорода (БПК5 при 20oC)

**3- Неорганические вещества**

1. Водородный показатель (pH)

2. Общее содержание железа (Fe)

3. Общее содержание мышьяка (As)

4. Общее содержание ртути (Hg)

5. Общее содержание цианидов (в виде CN-)

6. Сульфаты (в виде SO4)

7. Общий остаточный хлор (в виде Cl2)

8. Общее содержание фторидов (F-)

**8- Тепловое загрязнение**

1. Тепловое загрязнение

Компетентный человек  
Имя пользователя:      Фамилия:      Имя:      Станция:      Город:      Дата испытания:

Результаты

Только админы

Текущее время: 27.02.2017 0:22:59

Рис. 4. Главное окно вычисления уровня загрязнения системой (WATER-DSS)  
Fig. 4. Main window for calculating water pollution of water decision support system

введите параметры 

**1- Возбудители инфекций**

1. Биологическое потребление кислорода 5 сут. (БПК5 при 20oC)

2. Химическое потребление кислорода (ХПК)

3. Мутность

**3- Неорганические вещества**

1. Водородный показатель (pH)

2. Общее содержание железа (Fe)

3. Общее содержание мышьяка (As)

4. Общее содержание ртути (Hg)

5. Общее содержание цианидов (в виде CN-)

6. Сульфаты (в виде SO4)

7. Общий остаточный хлор (в виде Cl2)

8. Общее содержание фторидов (F-)

**7- Стоки с высоким БПК**

1. Содержание растворенного кислорода (DO)

2. Бактерии группы кишечной палочки

3. Биологическое потребление кислорода (БПК5 при 20oC)

**2- Органические вещества**

1. Общее содержание нефтесмазочных материалов (извлекаемых n-гексаном)

2. Бензол

3. Толуол

**4- Радиоактивные вещества**

1. Радиоактивное излучение

**5- Образование осадка**

1. Общее содержание взвешенных веществ (TSS)

2. Шестивалентный хром растворенный (Cr6+)

**6- Удобрения**

1. Аммиачный азот (в виде NH3-N)

2. Общее содержание фосфора (в виде P)

3. Фенольные соединения (в виде фенола)

**8- Тепловое загрязнение**

1. Тепловое загрязнение

Рис. 5. Окно ввода новых данных для вычисления параметров загрязнения воды  
Fig. 5. Interface to insert a new data for calculating the water pollution parameters

Существует 6 параметра, определяющих загрязнение воды, и для каждого из них установлено нормативное значение (см. табл. 2). На основании этих параметров мы можем определить тип загрязнения, а также соответствующий метод очистки, то есть принять решение по поводу оптимального метода обработки воды для конкретного загрязнения. Приложение автоматически отправляет электронное сообщение специалисту/группе специалистов, содержащее всю информацию о конкретном случае загрязнения. Оно включает в себя информацию о причине загрязнения, источнике, угрозах, которые оно представляет, и рекомендуемых методах его устранения. Вся информация сохраняется в метабазе данных.

На рис. 6 показан пример результата анализа программой данных из табл. 2. Система определяет тип загрязнения воды. Для этого сначала вводится значение параметра, система выполняет интеллектуальный анализ данных, и в итоге предлагает решение для указанного типа загрязнения, методы очистки, некоторые примеры и источники данного загрязнения (рис. 7). Наконец, программа отправляет электронное сообщение специалистам на станции водоснабжения, в котором содержится вся информация по данному анализу.

вычислительные загрязнения воды

Текущего пользователя  
Имя пользователя: jalal      Фамилия: karwi      Имя: jalal  
Тип пользователя: admin      Станция: 1      Город: baghdad

ID	Фамилия	Имя	имя по...	Тип	Город	Станция	(БПК5)...	(ХПК) X...	Мутность	(извлек...	Бензол	Толуол	(pH) Во...	(Fe) Об...	(As) Об...	(Hg) O...	(в виде...	Сульфа...
1	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	9	58	4	9	0,004	0,001	5	0,9	0,001	0,004	0,001	180
2	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	15	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
3	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	11	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
4	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
5	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150
6	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150
7	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	1	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150

идентификационный номер: 5      Статус: Общее количество образцов: 7

**1- Возбудители инфекции**

1. Биологическое потребление кислорода 5 сут. (БПК5 при 20°C)

2. Химическое потребление кислорода (ХПК)

3. Мутность

**2- Органические вещества**

1. Общее содержание нефтесмазочных материалов (извлекаемых n-гексаном)

2. Бензол

3. Толуол

**3- Неорганические вещества**

1. Водородный показатель (pH)

2. Общее содержание железа (Fe)

3. Общее содержание мышьяка (As)

4. Общее содержание ртути (Hg)

5. Общее содержание цианидов (в виде CN-)

6. Сульфаты (в виде SO4)

7. Общий остаточный хлор (в виде Cl2)

8. Общее содержание фторидов (F-)

**4- Радиоактивные вещества**

1. Радиоактивное излучение

**5- Образование осадков**

1. Общее содержание взвешенных веществ (TSS)

2. Шестивалентный хром растворенный (Cr6+)

**6- Удобрения**

1. Аммиачный азот (в виде NH3-N)

2. Общее содержание фосфора (в виде P)

3. Фенольные соединения (в виде фенола)

**7- Стоки с вывозом БПК**

1. Содержание растворенного кислорода (DO)

2. Бактерии группы кишечной палочки

3. Биологическое потребление кислорода (БПК5 при 20°C)

**8- Тепловое загрязнение**

1. Тепловое загрязнение

Компетентный человек  
Имя пользователя: jalal      Фамилия: karwi      Имя: jalal  
Тип пользователя: admin      Станция: resafaa      Город: baghdad  
Дата испытания: 14.07.2016 19:07:37

Есть загрязнение в воде      Результаты      Отправить по электронной почте

только админы

Отчеты      Редактировать      Удалить      Добавить      Назад

Текущее время: 22.02.2017 17:17:21

Рис. 6. Главный пользовательский интерфейс вычисления уровня загрязнения в системе WATER-DSS  
Fig. 6. Main window for calculating water pollution of WATER-DSS for user

На рис. 8 показано окно, демонстрирующее результаты всех анализов воды на всех станциях; отправитель может выбрать нужный и указать имя получателя сообщения, которому будут отосланы данные о загрязнении.

На рис. 9 показан снимок экрана с результатами анализов загрязнений, проведенных программой с использованием информации из табл. 2. На рисунке указан набор опций для печати (размер бумаги, качество изображений, цвет и фон). Кроме того, программа отправляет по электронной почте вложенный информационный файл с вариантами принятия решений для данного случая загрязнения. Также система предусматривает возможность удаления информации о каждом из проведенных анализов (рис. 10).

**Результаты**

№	типы	Загрязняющий фактор	Значение	Примеры	Источники	Меры ликвидации
1	Возбудители инфекций	Биологическое потребление кисло...	>10	Бактерии, ...	Отходы жизнеде...	1.Мембранная фил
2	Неорганические вещ...	Водородный показатель (рН)	6>рН>9	Кислоты, ...	Промышленные ...	1.Опреснение вод
3	Стоки с высоким БПК	Содержание растворенного кислор...	< 4	Навоз, рас...	Бытовые стоки, ...	Мембранная фильт

**Закреть** ✕

Рис. 7. Результат вычисления параметров загрязнения воды  
Fig. 7. The result for calculating water pollution parameters

reportform2

Поиск :

	id	id_u	family	name	type	user_	city	station	bod5	cod	turbic	toag	benzen	toluen	ph	fe	tas	thg	tcn	so4	trc	tf	radi	tss
▶	1	3...	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	9	58	4	9	0,004	0,001	5	0,9	0...	0...	0,001	180	0,1	1,4	0,9	14
	2	31	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	15	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0...	0...	0,005	150	0,1	1	0,5	10
	3	31	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	11	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0...	0...	0,005	150	0,1	1	0,5	10
	1...	31	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0...	0...	0,005	150	0,1	1	0,5	10
	1...	31	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0...	0...	0,005	150	0,1	1	0,5	10
	1...	31	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0...	0...	0,005	150	0,1	1	0,5	10
	1...	31	karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	1	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0...	0...	0,005	150	0,1	1	0,5	10

Печать отчета для одного теста 
 Печать отчета для всех тестов 
 Назад ✕

Текущее время : 22.02.2017 17:24:20

Рис. 8. Главное окно отчетов о параметрах загрязнения воды на станциях  
Fig. 8. Main window for tests report of water pollution parameter in the stations

family	name	type	user name	city	station	bod5	cod	turbidity	toag
karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	9	58	4	9
karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	15	50	4	8
karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	11	50	4	8
karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	8	50	4	8
karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	8	50	4	8
karwi	jalal	admin	jalal	baghdad	resafaa	8	50	4	8

Рис. 9. Снимок экрана с отчетами вычислений параметров загрязнения воды  
Fig. 9. Print screen for the input data report for calculating water pollution parameters

**Текущего пользователя**  
Имя пользователя: jalal      Фамилия: karwi      Имя: jalal  
Тип пользователя: admin      Станция: 1      Город: baghdad

ID	Фамилия	Имя	имя по...	Тип	Город	Станция	(БПК5)...	(ХПК) X...	Мутность	(извлеч...	Бензол	Толуол	(pH) Во...	(Fe) Об...	(As) Об...	(Hg) O...	(в виде...	Сульфат...
2	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	15	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
3	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	11	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
4	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	4	0,5	0,005	0,003	0,005	150
5	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150
6	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	resafaa	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150
7	karwi	jalal	jalal	admin	baghdad	1	8	50	4	8	0,003	0,001	7	0,5	0,005	0,003	0,005	150

**идентификационный номер** 7      Статус: **Общее количество образцов** 7

**1- Возбудители инфекции**  
1. Биологическое потребление кислорода 5 сут. (БПК5 при 20оС) 8  
2. Химическое потребление кислорода (ХПК) 50  
3. Мутность 4

**4- Радиоактивные вещества**  
1. Радиоактивное излучение 0,5

**6- Удобрения**  
1. Аммиачный азот (в виде NH3-N) 0,005  
2. Общее содержание фосфора (в виде P) 0,04  
3. Фенольные соединения (в виде фенола) 0,06

**7- Стоки с тяжелыми металлами**  
1. Содержание растворенного кислорода (DO) 5  
2. Бактерии группы кишечной палочки 80  
3. Биологическое потребление кислорода (БПК5 при 20оС) 7

**8- Тепловое загрязнение**  
1. Тепловое загрязнение 20

**5- Органические вещества**  
родный показатель (pH) 7  
щее содержание железа (Fe) 0,5  
щее содержание мышьяка (As) 0,005  
щее содержание ртути (Hg) 0,003  
щее содержание иодов (в виде CN-) 0,005

**6. Сульфаты (в виде SO4)** 150  
**7. Общий остаточный хлор (в виде Cl2)** 0,1  
**8. Общее содержание фторидов (F-)** 1

Компетентный человек  
Имя пользователя: jalal      Фамилия: karwi      Имя: jalal  
Тип пользователя: admin      Станция: 1      Город: baghdad  
Дата испытания: 18.11.2016 22:15:51

**Нет загрязнения в воде**      Результаты

Только админы

Отчеты    Редактировать    Удалить    Добавить    Назад

Отправить по электронной почте      Текущее время: 22.02.2017 17:26:39

Рис. 10. Окно удаления результатов анализа загрязнения воды  
Fig. 10. Interface to delete the test for calculating the water pollution

### Список литературы

1. У. Симон, Р. Брюгеманн, С. Пуденц. «Аспекты поддержки принятия решений в управлении водными ресурсами на примерах Берлина и Потсдама (Германия). Пространственно-дифференцированная оценка», Исследование вод, 38 7, 1809-1816.(2004).
2. Проект стратегии водного хозяйства, разработка стратегий контроля и управления водными ресурсами и водопотребления в засушливых регионах. Научно-исследовательская работа, EVK1-CT-2001-00098, <http://environ.chemeng.ntua.gr/wsm/> (2002-05).
3. Карви Д., Брусенцев А.Г. Разработка экологической системы поддержки принятия решений для оценки качества воды // Научный результат. Информационные технологии. Том 1, №4. 2016. С. 36-43.
4. Мойр Дж.В.Б., (2011), Обмен азота в бактериях: Молекулярный анализ. Caister Academic Press. ISBN 978-1-904455-86-8.
5. Салах Х., Мариана Мокану, Адина Флореа, (2014a), К разработке комплексной системы поддержки принятия решений для оценки уровня загрязнения в бассейне реки Тигр (DSSWAPIT), Сборник докладов 10-й Международной конференции по интеллектуальной компьютерной связи и обработке информации, ICCP2014, Клуж-Напока, Румыния, С. 391-398.

### References

1. U. Simon, R. Brugemann, S. Pudenz. "Aspects of decision support in water management-example Berlin and Potsdam (Germany) I-spatially differentiated evaluation, Water Research, 38 7, 1809-1816.(2004).
2. The WaterStrategyMan Project, Developing Strategies for Regulating and Managing Water Resources and Demand in Water Deficient Regions. EU DG Research, EVK1-CT-2001-00098, <http://environ.chemeng.ntua.gr/wsm/> (2002-05).
3. Karwi J.Q., Brusentsev A.G., Development of an environmental decision support system to calculate water quality // Research Result. Information Technology. Volume 1, № 4. 2016 pp. 36-43.
4. Moir JWB., (2011), Nitrogen Cycling in Bacteria: Molecular Analysis. Caister Academic Press. ISBN 978-1-904455-86-8.
5. Salah H., Mariana Mocanu, Adina Florea, (2014a), Towards an Integrated Decision Support System for the Evaluation of Water Pollution in Tigris Basin (DSSWAPIT), Proceedings of the 10<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent computer communication and Processing, ICCP2014, Cluj-Napoca, Romania, pp. 391-398.

**Карви Джалал**, магистрант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

**Салах Хусейн**, старший преподаватель кафедры компьютерных систем, технический институт

**Брусенцев Александр Григорьевич**, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, доктор физ.-мат. наук, профессор

**Carvey Jalal**, Master Degree Student, Department of Software Computer Technology and Automated Systems

**Salah Hussein**, Lecturer, Department of Computer Systems, Technical Institute

**Brusentsev Alexander Grigoryevich**, Professor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Software Computer Technology and Automated Systems