

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«Витебский государственный технологический университет»

## **ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Методические указания к выполнению практических занятий для  
слушателей специальности переподготовки  
1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непроизводственной сферы»

Витебск  
2016

УДК 658.345:574

Основы экологической безопасности : методические указания к выполнению практических занятий для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непромышленной сферы» (заочная форма обучения).

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2016.

Составители : доц., к.т.н. Гречаников А.В.,  
доц., к.т.н. Тимонова Е.Т.

В методических указаниях изложен материал, необходимый для выполнения практических занятий по дисциплине «Основы экологической безопасности» для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непромышленной сферы».

Одобрено кафедрой «Охрана труда и химия» УО «ВГТУ».  
« 29 » августа 2016 г., протокол № 13.

Рецензент : доц. Потоцкий В. Н.  
Редактор : доц. Савенок В. Е.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом  
УО «ВГТУ». Протокол № 7 от 28 сентября 2016 г.

Ответственный за выпуск : Сяборова В.А.

Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

---

Подписано к печати 08.11.16. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. лист. 1,9.  
Печать ризографическая. Тираж 40 экз. Заказ № 352.

---

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12.02.2014.

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ (УЧЕБНО-ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА «ВОЗДУХ»)	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ	14
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ «ОЗЕРО» (УЧЕБНО-ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА «ОЗЕРО»)	18
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. РАСЧЕТ ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ ВОДОЕМОВ	26
ЛИТЕРАТУРА	30

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ (УЧЕБНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА «ВОЗДУХ»)

Экологическая обстановка в современном городе нестабильна. Поэтому возникла необходимость оперативного контроля качества всех составляющих среды и управления ими. Для всестороннего анализа состояния окружающей среды используются различные системы экологического мониторинга.

*Экологический мониторинг* – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Это процесс сбора информации в пространстве и времени о состоянии окружающей среды в глобальном, региональном, национальном и локальном масштабах. На основе собранной информации производится оценка прошлого и современного состояния окружающей среды и предсказываются будущие тенденции ее изменения, имеющие прямое и косвенное значение для человека. Данные мониторинга позволяют осуществлять в дальнейшем регулирование и управление параметрами окружающей среды.

Контроль качества воздуха населенных пунктов проводится в соответствии с санитарными правилами и нормами (СанПиН) «Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных пунктов» 2.1.6.9 – 18 – 2002 и ГОСТ 17.2.3.01 – 86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов», которыми предусмотрены регулярные наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы стационарными, маршрутными и передвижными постами (станциями).

Стационарный пост наблюдений предназначен для обеспечения непрерывной регистрации загрязняющих веществ ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , пыли и т. д.) и регулярного отбора проб воздуха для последующих анализов.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в нескольких точках местности по временному графику.

Размещение стационарных и маршрутных постов должно способствовать выявлению максимумов концентраций загрязняющих веществ.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под газовым факелом выброса, то есть в местах выброса загрязняющих веществ организованными источниками.

На постах ведутся наблюдения как за основными ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , пыль), так и за специфическими (характерными для данного района) примесями, которые содержатся в выбросах предприятий, расположенных вблизи поста.

Для стационарных наблюдений используются специальные павильоны, оснащенные аппаратурой для отбора проб воздуха, автоматическими газоанализаторами и приборами для измерения метеопараметров. Маршрутные и под-

факельные наблюдения проводятся с помощью специализированных автолабораторий.

Содержание загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов не должно превышать установленные нормативы качества атмосферного воздуха.

**Нормативы качества атмосферного воздуха** – величины допустимых концентраций химических веществ, их смеси в атмосферном воздухе, при соблюдении которых не оказывается ни прямое, ни косвенное вредное воздействие, включая отдаленные последствия, на окружающую среду и здоровье человека.

К нормативам качества атмосферного воздуха населенных пунктов относятся нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК): ПДК максимальная разовая, ПДК среднесуточная и среднегодовая.

**ПДК<sub>м.р.</sub> максимальная разовая** ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) – максимально допустимая концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая при вдыхании в течение 20 мин не вызывает рефлекторных реакций в организме человека.

**ПДК<sub>с.с.</sub> среднесуточная (среднегодовая)** ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) – максимально допустимая концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании. ПДК среднесуточная устанавливается для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного или другого влияния вещества на организм человека.

В крупных промышленных центрах, где сосредоточено много предприятий, соблюдение лишь нормативов ПДК недостаточно для сохранения качества воздуха. Если каждый завод (объект) будет выбрасывать в атмосферу загрязняющие вещества в количествах, близких к верхнему пределу этих норм, суммарный эффект загрязнения атмосферы окажется значительно выше допустимого. Поэтому для каждого действующего источника загрязнения атмосферы установлены нормативы допустимых выбросов.

**Нормативы допустимых выбросов** загрязняющих веществ в атмосферный воздух – максимальные величины поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества атмосферного воздуха.

К нормативам допустимых выбросов (НДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух относится *предельная масса выброса загрязняющего вещества в единицу времени (ПДВ)* (т/год, г/с) и др.

Главным условием при установлении НДВ является то, что выбросы загрязняющих веществ не создадут приземных концентраций загрязняющих веществ, превышающих нормативы качества атмосферного воздуха в жилой зоне, и обеспечат выполнение требований, установленных в технических нормативных правовых актах.

Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух устанавливаются с учетом:

- нормативов качества атмосферного воздуха;
- фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;
- прогнозов развития производства в данной местности и др.

В настоящее время во многих крупных промышленных городах внедрена автоматизированная система наблюдения и контроля окружающей среды. В центре системы информацию принимает вычислительная машина, которая воспроизводит ее на экране.

Автоматизированные системы контроля загрязнения воздуха проводят анализ складывающейся ситуации и вырабатывают меры для ее улучшения. Контроль качества воздуха осуществляется с помощью аппаратуры, а анализ и выработка рекомендаций производится диспетчером-экологом. Учебная имитационная игра «Воздух» может служить тренажером для такого диспетчера.

В городском районе (рисунок 1.1) находится 15 предприятий-источников выброса загрязняющих веществ, из них 9 работают только днём, остальные круглосуточно.

Рабочий день диспетчера продолжается с 7.00 до 19.00. В течение рабочего дня он должен собрать максимум информации об экологической обстановке в городе и представить в санэпидемстанцию специальную справку. ЭВМ по этой справке оценит полноту и достоверность собранной информации и выставит оценку деятельности диспетчера. 12- часовая рабочая смена вполне укладывается в 45 минут игры за пультом дисплея.

Контроль состояния воздуха ведется с помощью 4 стационарных и 2 передвижных станций. Стационарные станции контроля (ССК) производят каждые 30 минут анализ проб воздуха и фиксируют метеоусловия. Замеряются концентрации следующих ингредиентов: оксид серы, диоксид азота, оксид углерода, неорганическая пыль, аммиак.

Каждая передвижная станция контроля (ПСК) может быть послана в любую точку территории города для проведения анализа проб воздуха (для этого требуется около 1 часа) либо на предприятие для замера его выбросов (для этого необходимо около 3 часов). Если ПСК направляется на предприятие, то об этом следует предупредить его директора.

Для проведения ремонтных работ на ССК имеется специальная бригада.

Основная задача состоит в том, чтобы в конце рабочего дня представить в санэпидемстанцию итоговую сводку. Это не столь простая задача, как может показаться в начале, ибо действовать придется в условиях неполной и не всегда достоверной информации. Поэтому рекомендуется по ходу игры делать заметки, а не полагаться на свою память.

От степени правильности составленной справки зависит оценка, которую Вам выставит программа.

Значения ПДК для ингредиентов, мг/м<sup>3</sup>:

Оксид серы	- 0,500
Диоксид азота	- 0,085
Оксид углерода	- 5
Неорганическая пыль	- 0,500
Аммиак	- 0,200

Паспортные данные источников загрязнения приведены в таблице 1.1.

Для сбора информации у диспетчера есть следующие возможности.

1. Получить (СПРАВКА)\*:

- а) инструкцию диспетчеру;
- б) паспортные данные источников загрязнения;
- в) значения ПДК;
- г) схему городского района;
- д) состояние стационарных станций контроля (ССК);
- е) место нахождения передвижных станций контроля (ПСК);
- ж) текущие метеоданные;
- з) место ремонтной бригады.

2. Запросить метеосводку о прогнозе на определенный час текущего дня или на несколько суток вперед (МЕТЕО).

3. Обратиться к стационарным станциям контроля за их показаниями о концентрации в воздухе каждого из пяти ингредиентов (оксид серы, диоксид азота, оксид углерода, неорганическая пыль, аммиак) (ССК).

4. Направить на неисправную ССК ремонтную бригаду (РЕМОНТ).

5. Связаться по телефону с предприятием, чтобы передать туда информацию или запросить нужные сведения (СВЯЗЬ).

6. Использовать ЭВМ с набором служебных программ (СЕРВИС):

- а) программа расчёта поля загрязнения по известным выбросам предприятий;
- б) программа интерполяции по показаниям ССК;
- в) программа оценки виновника повышенного загрязнения воздуха;
- г) программа прогноза качества воздуха;
- д) программа работы с банком данных, где хранится информация, собираемая в течение рабочего дня.

\* - в скобках указано место хранения информации в программе.

Карта-схема городского района, представленная на рисунке 1.1, неизменна, но данные о работе предприятий и метеоданные для каждого играющего диспетчера индивидуальны.

Для освоения работы с программой «Воздух» в диалоговом режиме не требуется специальной подготовки. Программа сама подскажет, какими клавишами и когда пользоваться.

Клавиши, которые следует использовать в игре:

Стрелки ↓↑, ←→ – при выборе одного варианта из меню.

Enter – после выбора варианта как запуск ЭВМ в работу.

Esc – для отмены выбранного варианта, для возврата к предыдущей ситуации.

«+», «-» – для увеличения или уменьшения задаваемого числа.

←→ – для перехода в задаваемом числе к соседней позиции справа или слева.

1, 2...9 – для набора числа процентов.

PgUp, PgDn – для листания страниц инструкции.

Esc и End – при выходе из игры.

МЕНЮ: (СЕРВИС) (СПРАВКА) (МЕТЕО) (ССК) (ПСК) (РЕМОНТ) (СВЯЗЬ) (СЭС) (ПЕРЕРЫВ)

Справка об экологической обстановке (СЭС) включает:

*Пункт 1*

Указать квадраты на карте-схеме городского района (рисунок 3.1), на территории которых прошедшей ночью было превышение ПДК хотя бы по одному ингредиенту.

*Пункт 2*

Указать квадрат, в котором днем была наихудшая экологическая обстановка. НОРМА означает, что днем всюду концентрации всех ингредиентов были не выше ПДК.

*Пункт 3*

Указать, по какому ингредиенту (из 5-ти) были наихудшие показатели в квадрате с наихудшей экологической обстановкой.

*Пункт 4*

Указать в течение прошедших суток:

- каждое предприятие не превышало ПДВ;
- превышение – ПДВ было, но не было аварий;
- на предприятиях были аварии.

Если были аварии, то для каждого предприятия укажите:

- НЕТ – аварий на предприятии не было;
- ПРД – авария продолжалась более суток;
- ВЗН – авария возникла сегодня;
- Устр. – авария сегодня устранена.

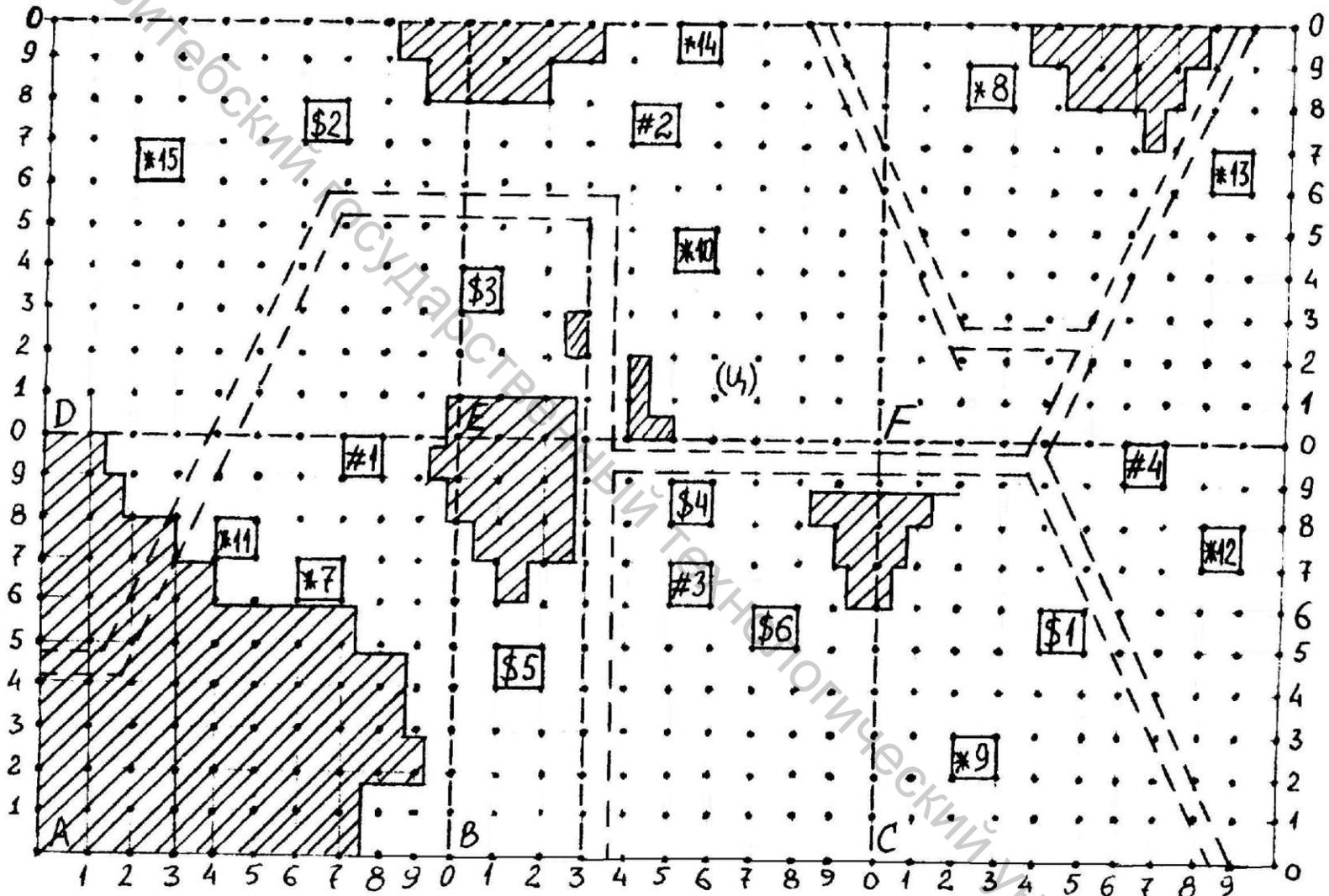


Рисунок 1.1 – Карта-схема городского района

### Пункт 5

Указать, какая экологическая обстановка ожидается в квадрате с наихудшими показателями завтра в 15 часов:

а) при сохранении имеющихся сейчас выбросов преимущественно:

– от НОРМЫ до 2-х ПДК;

– СВЫШЕ 2-х ПДК;

б) при паспортных выбросах всех предприятий:

– НОРМА;

– от НОРМЫ до 2-х ПДК;

– СВЫШЕ 2-х ПДК.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Цель работы: собрать максимальное количество информации по состоянию воздушной среды в городском районе и в конце рабочего дня составить справку в санэпидемстанцию (СЭС), где указать:

⇒ квадрат района с наихудшей экологической обстановкой;

⇒ по какому ингредиенту были наихудшие показатели в квадрате с наихудшей экологической обстановкой.

2. Познакомьтесь с картой-схемой городского района, за экологической обстановкой которого вы будете наблюдать в течение рабочего дня с 7 до 19 часов (время в правом верхнем углу экрана).

2.1. Городской район разбит на 6 квадратов (А, В, С, D, E, F). Найдите их на схеме. Определите координаты квадратов.

2.2. Воздух в районе загрязняется выбросами 15 предприятий-источников (найдите их на схеме), а также выбросами от транспорта и загрязнениями, заносимыми из-за границ района.

2.3. Состояние воздуха контролируется 4 стационарными станциями контроля (ССК). Найдите их на карте. Сориентируйтесь, из каких квадратов будут давать информацию конкретные станции. Отбор проб на ССК и их анализ по условиям игры производится каждые 30 минут машинного времени.

2.4. Для наблюдения за состоянием воздуха имеются также 2 передвижные станции контроля (ПСК), которые находятся в центре управления (точка Ц на схеме). ПСК можно направлять в любую точку территории района, где анализ производится в течение 1 часа или на предприятия, где анализ проходит в течение 3 часов.

3. Познакомьтесь с «меню» программы, которое находится в верхней части экрана.

4. Перейдите в раздел «меню» «ССК», нажав клавишу →, а затем клавишу Enter. Далее машина работает с вами в диалоговом режиме: она задает вопросы и дает варианты ответов, вы выбираете нужный ответ.

В настоящий момент машина спрашивает:

Вы запрашиваете показания:

⇒ одной станции;

⇒ всех станций.

С помощью клавиш  $\downarrow\uparrow$  выберите нужный вариант (лучше проверить показания всех ССК). После каждой выбранной команды сейчас и в дальнейшем нажимайте клавишу «Enter».

Далее машина спрашивает:

Вам необходима:

⇒ полная числовая информация;

⇒ сравнение показаний станций с ПДК.

Лучше выбрать первую строку.

На экране появилась таблица, в которой указаны концентрации ингредиентов на ССК в данный момент времени (время на экране).

Зарисуйте верхнюю часть таблицы.

Показания ССК

№ ССК	Оксид серы	Диоксид азота	Окись углерода	Неорг. пыль	Аммиак	Время

Выпишите в таблицу показания одной-двух ССК с наихудшими значениями. Наихудшими считаются станции, у которых имеется большее количество значений концентраций ингредиентов, превышающих ПДК (эти значения выделены темным или красным цветом), и эти значения максимальны по сравнению со значениями концентраций на остальных станциях контроля.

Сориентируйтесь по номеру ССК, в каком квадрате района худшая обстановка на данный момент.

В течение работы в раздел ССК нужно обращаться как можно чаще, каждый раз выписывая в таблицу показания ССК с наихудшими значениями.

5. В случае если какая-либо ССК неисправна (вместо конкретных значений напротив номера ССК стоит надпись «Станция неисправна»), нажав несколько раз клавишу Esc, выйдете в меню, а затем ( $\rightarrow$ ) в раздел «Ремонт». С помощью курсора, мигающего в точке (Ц), укажите неисправную станцию, нажав клавиши  $\rightarrow\leftarrow\downarrow\uparrow$  и поставив курсор под значок # нужной станции.

6. Выйдите в раздел меню «Сервис». Здесь находятся подпрограммы, которые будут помогать вам обрабатывать информацию:

⇒ построение поля загрязнения по известным выбросам предприятий;

⇒ интерполяция поля загрязнения по замерам станций контроля;

⇒ расчет прогноза качества воздуха;

⇒ определение источника, имеющего повышенный выброс;

⇒ работы с банком данных.

7. Перейдите к подпрограмме «Определение источника, имеющего повышенный выброс». Укажите время, когда хотите определить наличие аварий

на предприятиях. Нужное время устанавливается клавишами «+» или «—» отдельно по каждому разряду цифры. Выпишите из появившейся информации номера аварийных предприятий, если таковые имеются. Если аварии нет, переходите к пункту 9.

8. В случае если на предприятии есть авария, перейдите в раздел меню «Связь». Укажите курсором аварийное предприятие. Уточните, действительно ли на предприятии авария, узнайте, когда она будет ликвидирована, и предупредите руководство о том, что высылаете ПСК. После подтверждения готовности принять ПСК перейдите в раздел меню «ПСК» и вышлите на предприятие передвижную станцию. Заметьте время, когда вы это сделали. Анализ будет готов через 3 часа. Результаты анализа вы сможете найти в разделе меню «Сервис», «Работы с банком данных», «Замеры ПСК».

9. В разделе меню «Сервис» обратитесь к подпрограмме «Построение поля загрязнения по выбросам предприятий». Если аварий на предприятиях до сих пор не было, пользуйтесь первой строкой диалога. Если аварии были и уже выяснены размеры превышений ПДВ, пользуйтесь второй строкой и просите дополнительных разъяснений у преподавателя.

Укажите время текущих суток, когда хотите построить поле загрязнения (см. п. 7, переход с указания часов на минуты осуществляется с помощью клавиши Enter). Получите концентрацию каждого ингредиента в каждом квадрате района.

9.1. Постройте верхнюю часть полученной таблицы на отдельном листе.

Поле загрязнения по известным выбросам предприятий

X	Y	Оксид серы	Диоксид азота	Окись углерода	Неорг. пыль	Аммиак	Время

Выпишите в таблицу квадрат с наихудшими показателями (критерии выбора те же, что и в пункте 4).

В течение дня эту операцию следует выполнить несколько раз.

10. Интерполяция поля загрязнения по замерам станций контроля осуществляется, как правило, в конце рабочего дня после 18 часов, для более точного выяснения квадрата с наихудшей экологической обстановкой. При этом указывается время, когда было обнаружено самое плохое качество воздушной среды, и место (курсором) предполагаемого наихудшего квадрата.

11. Ознакомьтесь с меню «Справка», «Метео», «ПСК» самостоятельно.

12. В раздел «СЭС» до конца рабочего дня **НЕ ВХОДИТЬ**, так как программа устроена так, что выхода из этого раздела нет. Здесь вы должны ответить на вопросы, поставленные в пункте 1, и получить оценки за работу.

Далее работа выполняется самостоятельно в зависимости от складывающейся ситуации. За каждым компьютером свой вариант игры.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

1. Название практической работы.
2. Показания станций контроля (ССК и ПСК) (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Показания станций контроля

№ ССК	Оксид серы	Диоксид азота	Оксид углерода	Неорг. пыль	Аммиак
1					
2					
3					
4					

3. Поле загрязнения по известным выбросам предприятий (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Поле загрязнения по известным выбросам предприятий

Квадрат	Координаты		Оксид серы	Диоксид азота	Оксид углерода	Неорг. пыль	Аммиак
	X	Y					
A	5	5					
B	15	5					
C	25	5					
D	5	15					
E	15	15					
F	25	15					

4. Интерполяция поля загрязнения по показаниям ССК в квадратах района с неблагоприятной экологической обстановкой (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Интерполяция поля загрязнения по показаниям ССК

Квадрат	Координаты		Оксид серы	Диоксид азота	Оксид углерода	Неорг. пыль	Аммиак
	X	Y					
A	5	5					
B	15	5					
C	25	5					
D	5	15					
E	15	15					
F	25	15					

5. **ВЫВОДЫ.** Указать квадрат, где днем была наихудшая экологическая обстановка, и ингредиент, по которому были обнаружены наихудшие показатели в этом квадрате.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ

Загрязнение атмосферного воздуха является актуальной проблемой для городов Беларуси. Главными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия. Валовые выбросы от стационарных и передвижных источников в 2008 г. на территории Беларуси составили 1596,6 тыс. т (75,2 % – от передвижных источников, 24,8 % – от стационарных) (таблица 2.1).

Около 70 % от всего объема выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников составляет промышленность. Наибольшее количество выбросов характерно для топливной отрасли (32 %) и электроэнергетики (21 %).

В составе валовых выбросов загрязняющих веществ преобладает оксид углерода (56,6 %). На долю углеводородов приходится 21,4 %, оксидов азота – 11,1 %, твердых веществ – 5,4 %, диоксида серы – 4,1 %. Большая часть выброшенных в атмосферу оксида углерода (90,2 %), углеводородов (67,2 %), а также оксидов азота (65,5 %) обусловлена работой передвижных источников. От стационарных источников эмиссии в атмосферу поступило 97,6 % диоксида серы и 55,4 % твердых веществ.

Распределение выбросов по территории Беларуси неравномерно. По количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников выделяются Новополоцк и Минск.

В целом для Беларуси величина показателя выбросов, рассчитанная на единицу площади, составила 7,69 т/км<sup>2</sup>, изменяясь в пределах страны от 5,4 т/км<sup>2</sup> (Могилевская область) до 13,2 т/км<sup>2</sup> (Минская область).

Показатели выбросов основных загрязняющих веществ, рассчитанные для страны в целом, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников на территории Беларуси в 2008 г.

Показатель	Ингредиент			
	Диоксид серы	Оксиды азота	Оксид углерода	Твердые частицы
т/км <sup>2</sup>	0,32	0,86	4,35	0,41
т/чел.	0,007	0,018	0,093	0,009

С целью характеристики не только объема выброса, но и его опасности для окружающей среды введено понятие **приведенная масса выброса**. Приведенная масса выброса  $M$  вычисляется на основе информации о количестве поступающих в атмосферу веществ и их относительной агрессивности:

$$M = \sum_{i=1}^n (m_i \cdot A_i), \quad (2.1)$$

где  $M$  – приведенная масса выброса, условных тонн / год;  $m_i$  – фактическая масса выброса примеси  $i$ -го типа, т/год;  $A_i$  – показатель относительной агрессивности примеси, характеризующий количество СО, эквивалентное по воздействию на окружающую среду одной тонне примеси  $i$ -го типа, усл.т/т.

Таким образом, чем более опасно вещество, тем больше получается его приведенная масса.

Количество поступающего в атмосферу вещества  $i$ -го типа определяется по формуле:

$$m_i = C_i \cdot F \cdot v \cdot \tau \cdot 10^{-9}, \quad (2.2)$$

где  $C_i$  – концентрация вещества  $i$ -го типа, поступающего в атмосферу, мг/м<sup>3</sup>;  $F$  – площадь поперечного сечения устья источника организованного выброса в атмосферу, м<sup>2</sup>;  $v$  – скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с;  $\tau$  – продолжительность работы источника выброса, с/год,

**ЗАДАЧА.** Определите приведенную массу выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и оцените их значимость для атмосферы. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные для расчета

№ вар.	№ источника	Наименование выбрасываемых веществ	Показатель относительной агрессивности вещества, усл.т/т	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Площадь поперечного сечения источника, м <sup>2</sup>	Скорость выхода смеси из источника, м/с	Продолжительность работы источника выброса, с/год,
1	1	Оксид углерода	1	254	0,8	13,6	14400000
		Летучие углеводороды	1.3	186			
	2	Ацетон	1.9	145	0,6	7,6	
		Аммиак	4.6	67			
2	1	Пыль нетоксичная	15.1	74	1,2	12,8	13200000
		Диоксид серы	16.5	28			
	2	Диоксид азота	17.9	19	0,7	11,3	
		Древесная пыль,	19.6	32			
3	1	Асбест	33.8	8	0,8	14,5	7000000
		Сероводород	41.1	21			
	2	Пыль углерода (сажа)	41.5	16	1,1	12,5	
		Серная кислота	49.0	5			
4	1	Диоксид кремния	83.2	9	0,9	9,3	11500000
		Хлор	89.4	18			
	2	Цианистый водород	282	0,8	0,3	9,4	
		Никель и его оксиды	17.30	2,2			
5	1	Соединения. хрома	10000	0,2	0,4	5,1	5200000
		Соединения ртути	22400	0,4			

## Окончание таблицы 2.2

	2	Соединения свинца	22400	0,5	0,2	6,8	2100000
		Бенз(а)пирен	126000	0,003			
6	1	Оксид углерода	1	134	0,8	10,6	13400000
		Летучие углеводороды	1.3	171			
	2	Ацетон	1.9	95	0,6	15,7	11800000
		Аммиак	4.6	53			
7	1	Пыль нетоксичная	15.1	126	1,2	16,2	14400000
		Диоксид серы	16.5	22			
	2	Диоксид азота	17.9	17	1,3	13,6	12500000
		Древесная пыль,	19.6	38			
8	1	Асбест	33.8	6	0,6	7,6	11000000
		Сероводород	41.1	16			
	2	Пыль углерода (сажа)	41.5	21	0,9	12,8	14400000
		Серная кислота	49.0	4			
9	1	Диоксид кремния	83.2	11	0,5	11,3	12400000
		Хлор	89.4	18			
	2	Цианистый водород	282	0,7	0,3	14,5	6200000
		Никель и его оксиды	17.30	1,2			
10	1	Соединения. хрома	10000	0,3	0,4	12,5	5500000
		Соединения ртути	22400	0,2			
	2	Соединения свинца	22400	0,4	0,5	9,3	3800000
		Бенз(а)пирен	126000	0,004			

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

#### УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ «ОЗЕРО» (УЧЕБНО-ИММИТАЦИОННАЯ ИГРА «ОЗЕРО»)

Слушатель в игре выполняет роль диспетчера по управлению экологической системой. Его задача состоит в том, чтобы в течение первого месяца управления вывести озеро из запущенного состояния до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК) по кислороду, органическим и неорганическим веществам, а в течение второго месяца поддерживать в озере качество воды на уровне ПДК.

Управляемая экологическая система включает в себя:

1. Водоем средних размеров в черте города, разбитый на три зоны: промышленную, среднюю и культурную.
  2. Прибрежные предприятия, использующие воду озера для своих технологических процессов, тем самым загрязняя его органическими и неорганическими веществами.
  3. Гидрометеослужбу, обеспечивающую краткосрочный прогноз.
  4. Две стационарные станции ежедневного взятия проб воды в промышленной и средней зонах озера и одну передвижную – для взятия проб воды по необходимости в культурной зоне озера.
  5. Службу управления качеством воды: подкачку (Р) чистой воды в промышленную зону, откачку воды из культурной зоны (сброс (S) воды), искусственную аэрацию вод средней ( $A_1$ ) и культурной зон ( $A_2$ ).
- Общая схема системы представлена на рисунке 3.1.
6. Финансирующий орган.

Управление экосистемой циклическое. В начале каждого цикла обучаемые оценивают:

- а) состояние озера – качество воды в каждой зоне озера, уровень воды [СОСТОЯНИЕ];
- б) прогноз погоды на текущую декаду [ПРОГНОЗ];
- в) прогноз деятельности прибрежных предприятий по объему используемой воды и концентрациям органики и неорганики в сточных водах [ПРОГНОЗ];
- г) имеющуюся в его распоряжении денежную сумму для расхода на перекачку воды и аэрацию [СОСТОЯНИЕ].

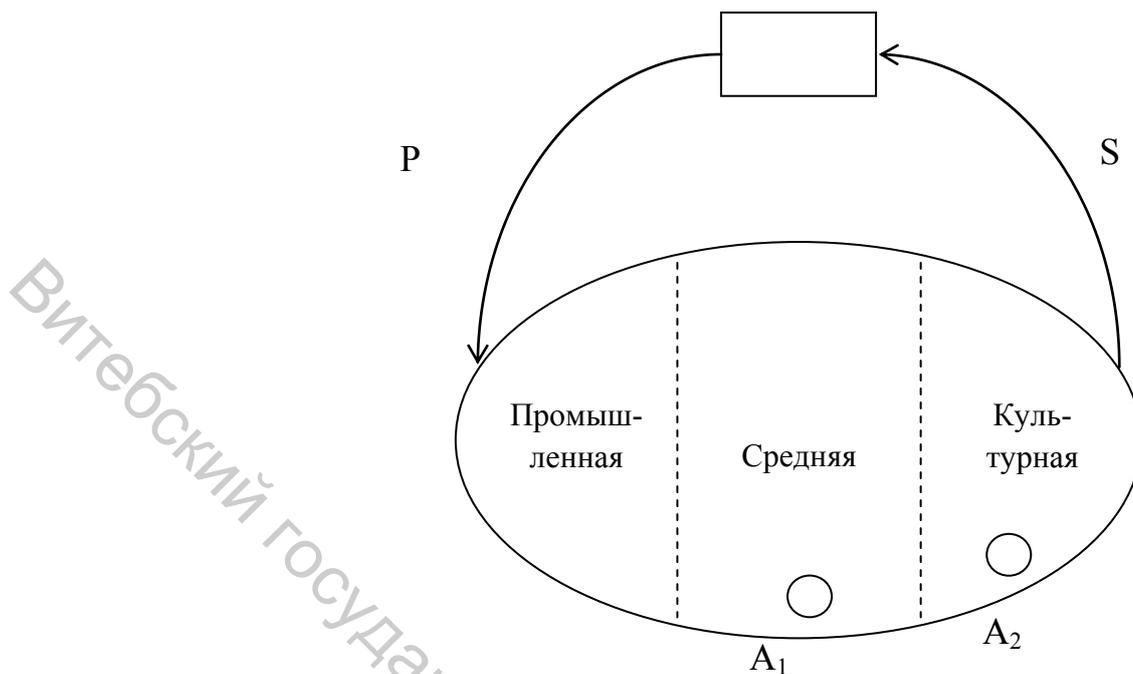


Рисунок 3.1 – Общая схема системы регулирования качества и уровня воды в озере

После этого задачей обучаемого оказывается выбор:

- ◆ продолжительности очередного цикла (от 3 до 10 суток);
- ◆ мощности подкачки (P) чистой воды и сброса (S) воды, (от 0 до 5000 м<sup>3</sup>);
- ◆ интенсивности искусственной аэрации (A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub>) (от 0 до 10). [УПРАВЛЕНИЕ].

После ввода этих данных в ЭВМ моделируется естественное поведение экологической системы в течение длительности выбранного цикла [РАБОТА].

В управлении системой необходимо учитывать следующее:

⇒ завод, фабрика, база забирают воду из озера и после использования, загрязненную органикой и неорганикой, сбрасывают обратно. Ботанический сад забирает воду только на полив;

⇒ в круговороте воды учитываются также осадки, испарение, подкачка и сброс воды. Уровень воды должен находиться в пределах от 9,8 до 10,2 м, иначе станции перекачки воды переключаются на специальный режим автоматического подъема уровня или его снижения.

Кислород в воде расходуется, в основном, на разложение органики. Пополняется за счет искусственной и естественной аэрации. Естественная аэрация тем выше, чем интенсивнее ветер и дождь. Насыщенность воды кислородом повышается с понижением температуры и ростом давления. ПДК по кислороду определяет нижнюю границу содержания этого вещества в воде, зависящую от зоны озера.

Концентрация органики растет только за счет сброса сточных вод. Скорость разложения пропорциональна концентрации кислорода и температуре воды. Уменьшению органики в воде также способствует и проточность, то есть скорость течения воды в озере, вызванная подкачкой (P) и сбросом (S) воды.

Концентрация неорганики увеличивается за счет сброса сточных вод, разложения органики, около 4 % неорганики выпадает на дно, остальное следует очищать проточностью. ПДК для органики и неорганики задает верхнюю границу загрязнения воды.

На два летние месяца выделено 300 усл. ден. ед. Эти деньги будут расходоваться на перекачку воды из расчета 0,5 усл. ден. ед. за каждую 1000 м<sup>3</sup> и на аэрацию по 0,25 усл. ден. ед. за повышение концентрации кислорода в одной зоне за сутки на 1 мг/л.

Если выделенная на управление денежная сумма оказывается израсходованной раньше двухмесячного срока, то обучаемый в оставшиеся дни не может воздействовать на систему (экосистема развивается с отключенными станциями перекачки воды и ее аэрации).

Начиная со второго месяца управления системой, обучаемому начисляются штрафные баллы по одному за каждый день, когда не было обеспечено качество воды. Обучаемый отстраняется от должности диспетчера после получения 16-го штрафного балла.

Таким образом, для успешного управления качеством воды в озере необходимо освоить закономерности, лежащие в основе водного баланса, превращения и деструкции веществ, насыщения воды кислородом, влияния метеоусловий на экологические процессы. Необходимо научиться оптимальному планированию нескольких взаимосвязанных параметров управления в условиях ограничения суммарной стоимости расходов.

Для освоения работы с программой в диалоговом режиме не требуется специальной подготовки. Знакомство с условиями работы за ЭВМ, с экологической системой и ее закономерностями, с целью обучения и оценкой деятельности обучаемого производит сама программа.

На экране имеется «меню» (рисунок 3.2):

[помощь] [управление] [состояние] [работа] [прогноз]



Рисунок 3.2 – Вид окна с разделами МЕНЮ программы «Озеро»

Для того, чтобы войти в режим «меню», необходимо нажать клавишу Esc. Для выбора одного из режимов следует использовать клавиши ← и →. Для фиксации выбранного режима необходимо нажать клавишу Enter.

ПОМОЩЬ – выдача на экране инструкции к программе;

УПРАВЛЕНИЕ – задание параметров (используются клавиши ←, →, ↑, ↓);

СОСТОЯНИЕ – состояние экологической системы на определенную дату.

РАБОТА – запуск системы на выбранный цикл.

ПРОГНОЗ – прогноз погоды на текущую декаду; прогноз деятельности предприятий на текущую декаду.

Для выхода из программы необходимо использовать клавишу F10.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Войдите в раздел меню СОСТОЯНИЕ. На экране появляется изображение, приведенное на рисунке 3.3.

Ознакомьтесь с состоянием озера на 1 июня (дата в правом верхнем углу экрана). Характеристика загрязнения воды дана в виде таблицы. По каждой зоне (промышленной, средней, культурной) указаны фактические и допустимые концентрации неорганических, органических веществ и кислорода.

В настоящий момент все фактические концентрации отклоняются от нормы в худшую сторону и выделены красным цветом. По неорганике и органике они выше ПДК, по кислороду – ниже. Ваша задача заключается в том,

чтобы изменить состояние озера к лучшему и к концу первого месяца (июня) достичь нормы по всем показателям (все цифры в таблице должна стать одного цвета (желтого)).

Под таблицей указаны параметры погоды, уровень воды в озере, остаток денежной суммы, выделенной на управление, и количество штрафных баллов.

Метеоданные необходимы для оценки интенсивности естественной аэрации.

СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА НА						1.06
ЗОНА ГРЯЗ- НЕНИЯ	ПРОМЫШЛЕННАЯ ЗОНА		СРЕДНЯЯ ЗОНА		КУЛЬТУРНАЯ ЗОНА	
	НАЛИЧИЕ	п. д. к.	НАЛИЧИЕ	п. д. к.	НАЛИЧИЕ	п. д. к.
НЕОРГА- НИКА	500.0	350.0	450.0	300.0	400.0	230.0
ОРГА- НИКА	100.0	60.0	100.0	40.0	100.0	25.0
КИСЛО- РОД	0.5	2.0	1.0	4.0	1.5	6.0
БАЛЛ ВЕТРА	1		t° ВОДЫ	18		
ДАВЛЕНИЕ	795		УРОВЕНЬ ВОДЫ	9.80		
ОСАДКИ	0		ОСТАТОК СУММЫ	300.00		
t° ВОЗДУХА	21		ШТРАФНЫХ БАЛЛОВ	0		

Рисунок 3.3 – Вид окна раздела меню СОСТОЯНИЕ

Уровень воды должен поддерживаться в пределах от 9,8 до 10,2 м. Сейчас он минимальный, и необходимо принять меры для его удержания, а, возможно, и повышения.

Денежная сумма, выделенная на управление – 300 условных денежных единиц. После принятия Вами шагов по управлению системой эта сумма будет уменьшаться в соответствии с условиями, указанными в общих сведениях по работе.

Штрафные баллы начнут начисляться, начиная с июля месяца. За каждый день невыполненных норм хотя бы по одному показателю начисляется 1 штрафной балл. При получении 16 штрафных баллов Вы отстраняетесь от работы, менее 16 баллов – получаете оценку.

2. Войдите в раздел меню ПРОГНОЗ (рисунок 3.4).

Здесь приведены 2 вида прогноза:

◆ Прогноз работы предприятий, расположенных в прибрежной зоне (в таблице);

◆ Прогноз погоды (в графиках).

Прогноз работы предприятий содержит информацию о количестве (объеме, м<sup>3</sup>) воды, забираемой объектами на технологические нужды, и количестве воды, загрязненной неорганическими и органическими веществами, сбрасываемой в озеро. В данный момент в первом столбике таблицы приведен прогноз предприятий на 1 декаду. После начала работы данные появятся и во 2-м столбике, что позволит судить об изменениях воздействия объектов на озеро.

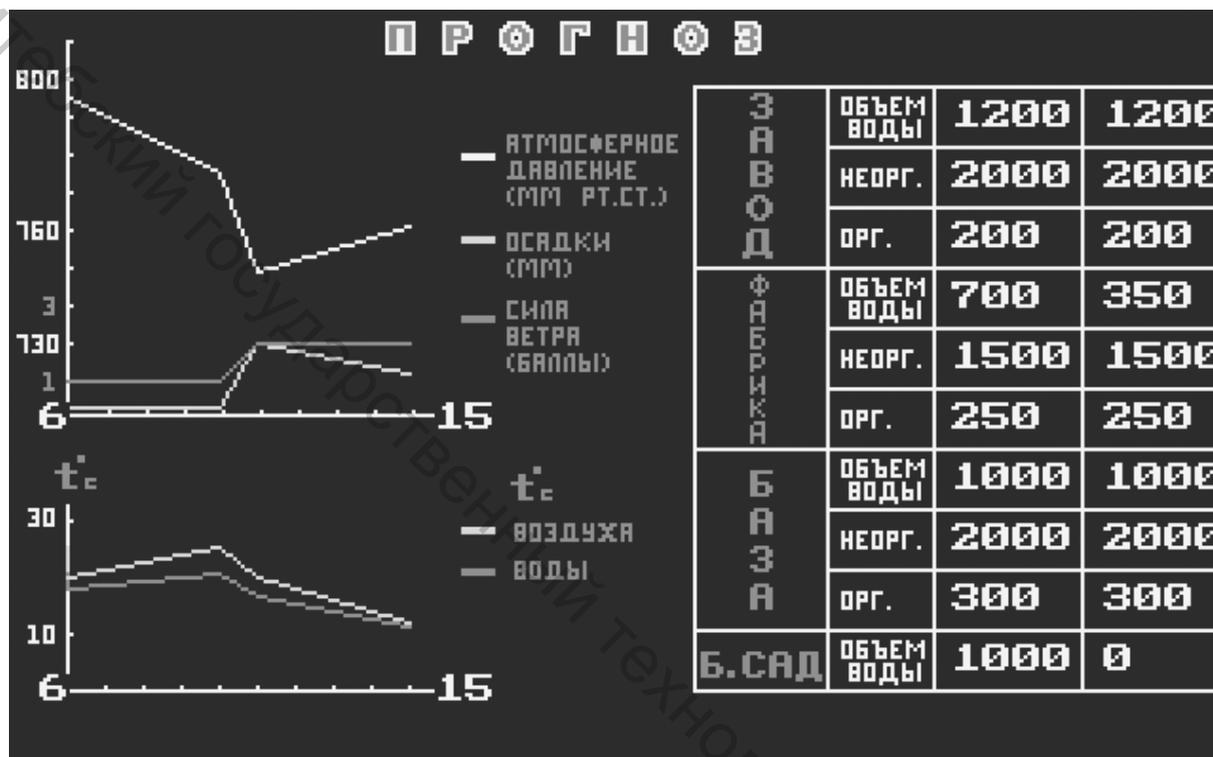


Рисунок 3.4 – Вид окна раздела меню ПРОГНОЗ

Прогноз погоды на первую декаду показан в графиках. Он необходим для выявления условий естественной аэрации, то есть поступления кислорода в воду из атмосферы. Оцените насколько интенсивно будет идти процесс обогащения воды кислородом на начальном этапе работы (см. общие сведения по работе).

3. Войдите в раздел меню УПРАВЛЕНИЕ (рисунок 3.5.).

Учитывая, что озеро находится в крайне тяжелых условиях, примите первые шаги по управлению системой.

Регулирование подкачки и сброса воды позволяет изменять скорость движения (проточность) воды в озере, воздействуя при этом на процессы разбавления и рассеивания загрязнителей. Искусственная аэрация дает возможность насыщать воду кислородом.

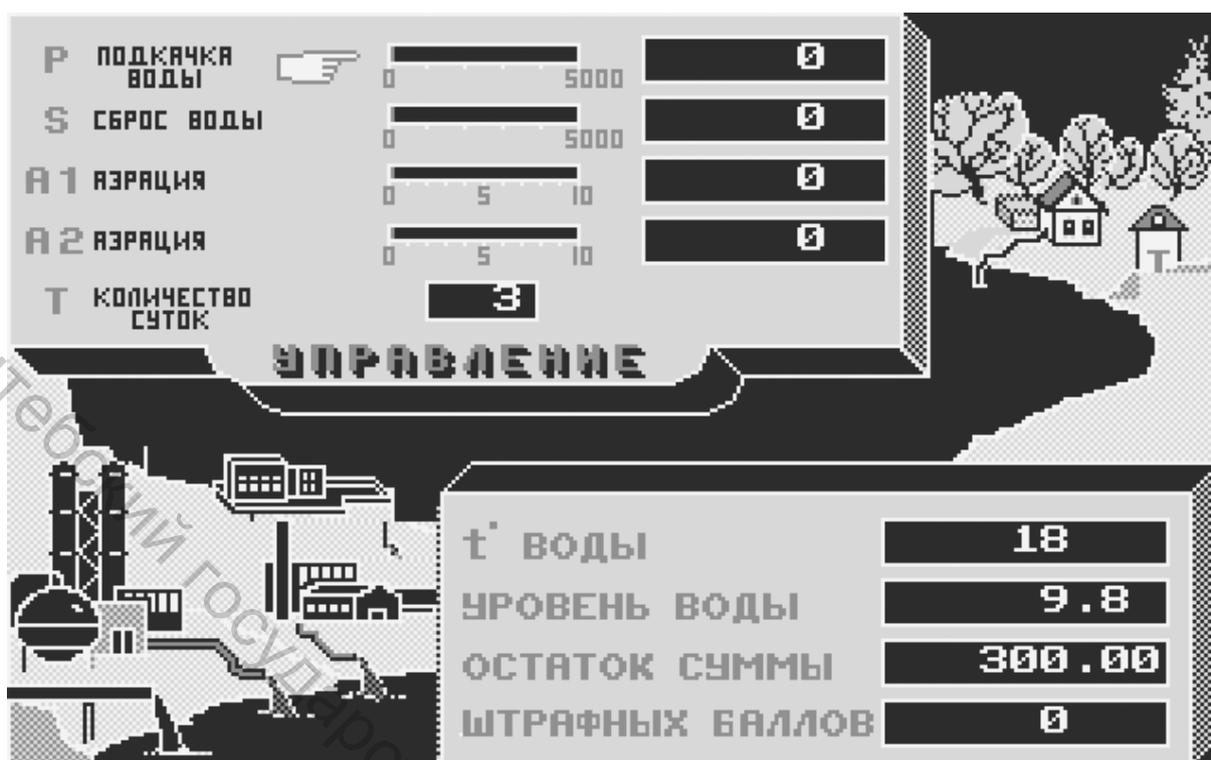


Рисунок 3.5 – Вид окна раздела меню УПРАВЛЕНИЕ

Чтобы избавиться от избыточного количества неорганики и органики установите подкачку P и сброс S таким образом, чтобы достичь скорость течения воды, обеспечивающую интенсивную очистку. Кроме того, проследите, чтобы при этом не снизился уровень воды в озере, так как он сейчас минимальный.

Чтобы избавиться от органических веществ, необходимо, чтобы в воде было достаточно кислорода. Для этого задайте параметры A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub>.

Задавая параметры, пользуйтесь клавишами PgUp и PgDn для выбора разряда числа, и → ← для выбора цифры.

Укажите период времени T (от 3 до 10 суток), в течение которого Вы хотите поддерживать введенные значения.

#### 4. Войдите в раздел меню РАБОТА (рисунок 3.6).

На экране в виде гистограмм представлены результаты Вашего первого воздействия на систему в промышленной и средней зонах. Проанализируйте их. На каждой гистограмме имеется горизонтальная линия, соответствующая ПДК. Фактические концентрации по содержанию кислорода должны быть не менее ПДК, по неорганике и органике – не более ПДК. Оцените достаточно ли в воде кислорода, насколько интенсивно идет снижение концентрации загрязнителей. Если неорганика снижается слабо, то примите меры к увеличению проточности. Если органика не уменьшается – проследите за достаточностью в воде кислорода.



Рисунок 3.6 – Вид окна раздела меню РАБОТА

5. Выйдите в раздел меню СОСТОЯНИЕ. Проанализируйте изменившиеся параметры в таблице и сведения под таблицей. Сделайте выводы.
6. Перейдите в раздел меню ПРОГНОЗ. И оцените складывающуюся ситуацию. Примите ее к сведению.
7. Выйдите в раздел меню УПРАВЛЕНИЕ и на основании анализа и оценки ситуации (п. 4, 5, 6) примите новые управленческие воздействия на систему.
8. Далее работайте самостоятельно в цикле СОСТОЯНИЕ – ПРОГНОЗ – УПРАВЛЕНИЕ – РАБОТА.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

### РАСЧЕТ ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ ВОДОЕМОВ

Характеристика качества поверхностных вод, оценка состояния водных объектов и уровня их загрязнения проводится с использованием утвержденных критериев оценки показателей качества воды, нормативов предельно допустимой концентрации (ПДК) химических веществ в воде водоемов, а также интегрального показателя качества - индекса загрязненности вод (ИЗВ).

В основе определения ИЗВ лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов: растворённого кислорода, легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора фосфатов и нефтепродуктов. Расчет ИЗВ производят по формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C}{ПДК_i}, \quad (4.1)$$

где  $C$  – концентрация  $i$ -го показателя, мг/дм<sup>3</sup>;  $ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация по  $i$ -му показателю;  $6$  – строго лимитированное число контролируемых веществ, включая растворенный кислород, легко окисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>), азот аммонийный, азот нитридный, нефтепродукты, фосфора фосфаты.

Классификация качества вод по величине ИЗВ приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Классификация качества вод по величине ИЗВ

Класс качества	Величина ИЗВ	Характеристика качества
I	менее или равно 0,3	чистая
II	более 0,3-1,0	относительно чистая
III	более 1,0-2,5	умеренно загрязненная
IV	более 2,5-4,0	загрязненная
V	более 4,0-6,0	грязная
VI	более 6,0-10,0	очень грязная
VII	более 10,0	чрезвычайно грязная

Показатели качества воды и нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Показатели качества воды и нормативы ПДК химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов

Показатели и ингредиенты	Лимитирующий показатель вредности	Критерии ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3
рН	–	не должен выходить за пределы 6,5-8,5
Запахи, привкусы		вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыбы
Растворённый кислород	–	в зимний (подледный) период – не менее 4 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> в летний период - не менее 6 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Жесткость	–	до 7 мг-экв/дм <sup>3</sup>
Минерализация		не более 1000мг/дм <sup>3</sup>
ХПК <sub>Cr</sub>	–	в зонах рекреации - до 30 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
БПК <sub>5</sub> .	–	не более 6,0 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Азот аммонийный	токсикологический	0,39
Азот нитритный	токсикологический	0,024
Азот нитратный	санитарно-токсикологический	9,03
Фосфаты	санитарный	0,066 (по Р)
Фосфор общий	токсикологический	0,2
Железо общее	токсикологический	0,1 мг/дм <sup>3</sup> к природному естественному фону
Медь	токсикологический	0,001 мг/дм <sup>3</sup> к природному естественному фону
Марганец	токсикологический	0,01 мг/дм <sup>3</sup> к природному естественному фону
Цинк	токсикологический	0,01 мг/дм <sup>3</sup> к природному естественному фону
Никель	токсикологический	0,01
Хром общ.	токсикологический	0,005

Окончание таблицы 4.2

1	2	3
Хром трехвалентный	токсикологический	0,005
Хром шестивалентный	санитарно-токсикологический	0,001
Свинец	токсикологический	0,1
Кобальт	токсикологический	0,01
Кадмий	токсикологический	0,005
Молибден	токсикологический	0,0012 (к природному содержанию)
СПАВ	токсикологический	0,1
Нефтепродукты	рыбохозяйственный	0,05

В рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь проводится гидрохимический мониторинг качества поверхностных вод, оценка качества и уровня их загрязнения. Данный контроль осуществляет Департамент гидрометеорологии. Сеть мониторинга поверхностных вод насчитывает 276 пунктов створов наблюдений, расположенных на 142 водных объектах. Отборы проб воды и их анализ осуществляется периодически один раз в месяц. Кроме того, предприятия имеют свои аналитические лаборатории, которые определяют качество сбросных вод, а также и качество воды на 500 метров выше и на 500 метров ниже сброса сточных вод.

Согласно полученным данным по индексу загрязнения воды за 2009 год:

Свислочь (под Минском) – 4,6;

Осиповичское водохранилище (ниже города Осиповичи) – 2,7;

Свислочь (в черте населенного пункта) – 1,5;

Браславские озера – от 0,4 до 0,6.

Нарочь (в черте населенного пункта) – 0,3.

**ЗАДАЧА.** Установите уровень качества воды в водоеме на основе расчета индекса загрязненности воды (ИЗВ). Исходные данные приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Исходные данные

№ вар.	Концентрации ингредиентов, мг/дм <sup>3</sup>					
	растворённый кислород	органические вещества (по БПК <sub>5</sub> )	азот аммонийный	азот нитритный	фосфаты	нефтепродукты
1	3,8	14,5	1,1	0,05	0,12	2,13
2	5,1	8,7	0,9	0,18	0,07	5,82
3	8,0	21,1	2,5	0,02	0,09	0,15
4	2,6	13,8	1,8	0,66	0,14	0,03
5	4,5	9,4	3,6	0,35	0,21	0,88
6	6,2	5,7	0,4	0,04	0,03	1,63
7	7,4	4,8	0,7	0,08	0,02	0,08
8	3,3	16,2	1,5	0,06	0,13	0,02
9	5,8	10,5	2,9	0,11	0,08	0,56
10	6,7	27,3	0,3	0,07	0,01	0,07

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тимонова, Е. Т. Основы экологии и охрана окружающей среды: учебно-методическое пособие / Е. Т. Тимонова, И. А. Тимонов.; УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – 228 с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987.
3. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». – Минск : ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», 2008. – 160 с.
4. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 343 с.
5. Гридэл, Т. Е. Промышленная экология : Учеб. пособие для вузов / Т. Е. Гридэл, Б. Р. Алленби ; пер. с англ. под ред. проф. Э. В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.
6. Бронштейн, Д. А. Современные средства измерения загрязнения атмосферы / Д. А. Бронштейн, Н. Н. Александров. – Москва : Гидрометеоиздат, 1989. – 327 с.
7. Штокман, Е. А. Очистка воздуха : учеб. пособие / Е. А. Штокман. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 312 с.
8. СанПиН 2.1.6.9–18–2002. Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных пунктов.
9. Инструкции о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от 23.06.2009 г. – Минск, 2009. – 24 с.
10. Охрана окружающей среды : учеб. для техн. спец. вузов / под ред. С. В. Белова. – Москва : Высшая школа, 1991. – 319 с.
11. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды : учебник для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – Москва : Химия, 1989. – 512 с.
12. СанПиН 2.1.2.12–33–2005. Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения. – Минск : ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», 2005. – 24 с.
13. [http://vstu.by/ru/in\\_coop/project/tempus/proekt-ecobru/library](http://vstu.by/ru/in_coop/project/tempus/proekt-ecobru/library)