

## Модуль 8 ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, ОХРАНА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ, БИОТЕХНОЛОГИИ

### ***Практическая работа***

***«Компьютерная имитационная игра «Управление состоянием водной системы»***

**Цель занятия:** усвоить закономерности, лежащие в основе водного баланса, превращений и деструкции веществ, насыщения воды кислородом, влияния метеоусловий на экологические процессы; научиться оптимальному планированию нескольких взаимосвязанных параметров управления в условиях ограничения суммарной стоимости расходов.

**Место:** компьютерный класс в учреждении общего среднего образования, учебная лаборатория в университете.

**Необходимо для работы:** эмулятор MS-DOS, компьютерная симуляционная игра «Озеро».

### **УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ**

Моделируемая в процессе выполнения лабораторной работы управляемая экологическая система "ОЗЕРО" включает в себя:

1. Водоем, расположенный в городской черте;
2. Прибрежные предприятия: завод, фабрика, база, ботанический сад;
3. Станции ежедневного взятия проб воды;
4. Гидрометеослужбу;
5. Службу управления качеством воды: аэраторы (приборы, насыщающие воду кислородом), станции подкачки и сброса воды;
6. Финансирующий орган.

Основные элементы системы:

1) Водоем 200 м на 300 м, условно разделенный на три зоны одинаковой площади 200 м на 100 м - промышленную, среднюю и культурную (со средними глубинами 5м, 10м и 5м соответственно). Нормальным считается уровень воды в озере 9.8 - 10.2 м.

2) Прибрежные предприятия промышленной зоны: завод, фабрика, база - используют воду озера для своих технологических процессов, загрязняя ее органическими и неорганическими веществами. Объем забираемой из озера воды равен объему сбрасываемой воды. Концентрации органических и неорганических веществ в сбрасываемой воде не являются постоянными в ходе выполнения работы. Ботанический сад, расположенный в культурной зоне, безвозвратно забирает воду из водоёма для полива растений в сухую жаркую погоду.

Для водоёма установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в мг/л для контролируемых экологических параметров: кислорода, органики и неорганики для каждой зоны. В таблице 1 представлены ПДК для каждой контролируемой зоны, причем ПДК по кислороду определяет нижнюю границу, ПДК по органике и неорганике – верхнюю границу.

Таблица 1- Предельно допустимые концентрации

Контролируемый параметр	Промышленная зона	Средняя зона	Культурная зона
Кислород, мг/л	2	4	6
Органика, мг/л	60	40	25
Неорганика, мг/л	350	300	220

3) Станции ежедневного взятия проб воды. Две из них стационарные - в промышленной и средней зоне, одна передвижная для взятия проб воды при необходимости в культурной зоне.

4) Гидрометеослужба – представляет метеопрогноз на ближайшие 10 дней: температура воздуха и воды, осадки, давление и сила ветра.

5) Служба управления качеством воды. Осуществляет подкачку чистой воды в промышленную зону, сброс воды из культурной зоны, искусственную аэрацию воды. Интенсивность искусственной аэрации задается интенсивностью работы аэраторов. Аэратор A1 расположен в средней зоне, а аэратор A2 - в промышленной. Интенсивность работы аэраторов измеряется в мг/л и обозначает на сколько можно поднять аэрацию воды без учета других факторов поступления и расходования кислорода. Следует иметь в виду, что искусственная аэрация не может создать концентрацию кислорода выше предельного насыщения, которая зависит от температуры воздуха/воды и атмосферного давления.

В части водного баланса следует учитывать, что промышленные предприятия осуществляют забор и сброс воды в одинаковом объеме, а ботанический сад потребляет воду безвозвратно. Станции перекачки воды переводятся автоматически на режим подъема уровня ( $P = 5000, S=0$ ) или его снижение ( $P = 0, S = 5000$ ) на одни сутки, если уровень воды выходит за пределы допустимых норм.

Чтобы управлять уровнем воды, следует учитывать баланс воды:

$$B = Wg - Wu - Wc + (P - S),$$

где

$Wg$  - приход воды в озеро за счет дождей;

$P$  - приход воды в озеро за счет перекачки;

$Wu$  - расход за счет испарения;

$Wc$  - расход за счет забора воды ботаническим садом;

$S$  - расход за счет сброса.

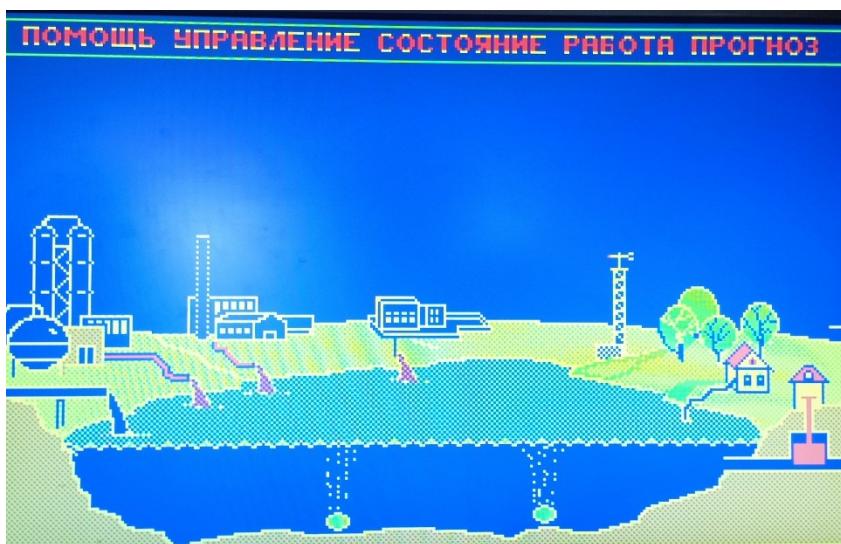
6) Финансирующий орган. Для управления экосистемой озера на 2 месяца выделяется 300 рублей. Эти деньги расходуются на перекачку воды (0,5 руб. за каждые 1000 куб. м) и на искусственную аэрацию (0,25 руб. за повышение концентрации кислорода в одной зоне на 1 мг/л за сутки).

Как только выделенная сумма будет израсходована, то оборудование, регулирующее экологическое качество воды, отключается, и в оставшиеся дни экологическая система будет развиваться без возможности управления со стороны диспетчера.

### **3. Процесс управления водной системой «ОЗЕРО»**

Для того чтобы войти в зону "меню", необходимо нажать на клавишу ESC.

Меню состоит из пяти режимов: Помощь, Управление, Состояние, Работа, Прогноз.



Чтобы войти в один из этих режимов, следует подвести курсор к одному из этих названий с помощью клавиш => и <= на клавиатуре.

После установки курсора в нужное поле зоны "меню" для входа в тот или иной режим управления экосистемой необходимо нажать клавишу «ENTER». Для выхода из любого режима нажимают на клавишу «ESC».

3.1. Режим "ПОМОЩЬ" предназначен для выдачи справочной информации по экологической системе "ОЗЕРО" и клавиш управления.

### " МОДЕЛЬ ОЗЕРА "

Диалог с вами будет вести программа " ОЗЕРО ", созданная в Казанском Государственном Университете.  
Вы знаете , насколько сегодня актуальна проблема охраны окружающей среды!  
Представте в центре вашего города красивое озеро с ... загрязненной водой,  
Разве у вас не возникает желание сделать его не только красивым но и чистым ?

Программа поможет вам в этом !

Итак, вы назначены диспетчером по управлению качеством воды в озере. Конечно это игра и поэтому в ней все числовые характеристики условны. Сначала озна - комьтесь с экологической системой и вашей задачей по управлению ею.

Ваша задача состоит в том, чтобы научиться управлять экологической системой " ОЗЕРО ".

Экологическая система " ОЗЕРО " включает в себя :

- водоем 200 X 300 м , разбитый на 3 зоны ;
- прибрежные предприятия ;
- гидрометцентр ;
- два стационарных анализатора ежесуточных проб и один передвижной ;
- станции подкачки ( Р ) и сброса ( С ) воды для создания проточности ;
- две станции искусственной аэрации ;

К режиму "Помощь" следует обращаться до начала игры, а затем во время игры - если в этом возникает необходимость.

3.2. Режим "УПРАВЛЕНИЕ" предназначен для задания управляющих параметров:

- сброс воды S: 0 - 5000;
- подкачка воды Р: 0 - 5000;
- аэрация А1: 0 - 10;
- аэрация А2: 0 - 10;
- количество суток Т: 3 - 10.



Для задания параметров используются следующие клавиши:

«стрелка вверх», «стрелка вниз» - для перехода к тому или иному параметру;

«PgUp» - для увеличения шага изменения параметра в 10 раз;

«PgDn» - для уменьшения шага изменения параметра в 10 раз;

=> - для увеличения значения параметра на величину шага;

<= - для уменьшения значения параметра на величину шага.

3.3. Режим "СОСТОЯНИЕ" - предназначен для вывода на экран информации о текущем состоянии экосистемы.

СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА НА 1.07						
ЗОНА ЗА ГРЭ НЕНЬЯ	ПРОМЫШЛЕННАЯ ЗОНА		СРЕДНЯЯ ЗОНА		КУЛЬТУРНАЯ ЗОНА	
	ИЛИЧИЕ	П. Д. К.	ИЛИЧИЕ	П. Д. К.	ИЛИЧИЕ	П. Д. К.
НЕОРГАНИКА	357.3	350.0	304.6	300.0	223.1	230.0
ОРГАНИКА	56.1	60.0	33.3	40.0	19.6	25.0
КИСЛОРОД	3.4	2.0	9.0	4.0	9.0	6.0
БАЛЛ ВЕТРА	1		$t'$ воды		16	
ДАВЛЕНИЕ	762		УРОВЕНЬ ВОДЫ		9.93	
ОСАДКИ	0		ОСТАТОК СУММЫ		129.33	
$t'$ ВОЗДУХА	20		ШТРАФНЫХ БАЛЛОВ		1	

3.4. Режим "РАБОТА" - предназначен для запуска программы на счет с использованием заданных параметров управления.



3.5. Режим "ПРОГНОЗ" - предназначен для вывода на экран прогноза погоды на текущую декаду и режима деятельности предприятий.



3.6. Выход из режима. Для выхода из любого режима необходимо нажать на клавишу «ESC».

#### 4.Ход выполнения работы

Обычный игровой цикл состоит из последовательных обращений к режимам меню в следующем порядке: Состояние - Прогноз - Управление - Работа.

Общая задача состоит в том, чтобы в течение июня вывести управляемые параметры водоёма на уровень ПДК во всех, а затем в течение июля поддерживать качество воды в озере на достигнутом уровне ПДК.

В начале каждого игрового цикла следует проанализировать концентрации кислорода, органики, неорганики, получив все сведения с помощью режима "Состояние".

Затем необходимо оценить прогноз погоды и прогноз деятельности предприятий (режим "Прогноз").

На основании проведенного анализа студент устанавливает параметры управления - величины Р, S, А1, А2, а также Т - количество суток очередного цикла. Эти величины задаются в режиме меню "Управление". Ввод параметров управления осуществляется согласно пункта 3.2.

После ввода всех пяти параметров вызывается режим меню "Работа", в котором экологическая ситуация развивается в течение заданного числа суток Т. За увеличением или уменьшением концентраций контролируемых параметров можно следить по графикам на экране дисплея.

После завершения очередного цикла управления оценивается состояние водной экосистемы «Озеро». Выбор значений параметров управления на следующий цикл определяется по данным меню «Прогноз».

Для выбора условий управления водоёмом «Озеро» следует учитывать следующие факторы:

- Прибрежные предприятия, забирая из водоёма воду, обогащенную кислородом, и сбрасывая в водоём воду без кислорода, уменьшают концентрацию кислорода в воде.

- Растворенный в воде кислород расходуется на разложение органических веществ: чем больше в воде органики и выше температура воды, тем больше расходуется кислорода на ее разложение.

- Вода насыщается кислородом за счет естественной и искусственной аэрации, а также за счет дождевой воды и подкачиваемой чистой воды.

- Концентрация кислорода в воде в процессе естественной аэрации увеличивается при высокой интенсивности ветра, повышении атмосферного давления (более 760 мм ртутного столба), понижении температуры воды менее 20 °C, выпадении атмосферных осадков.

- Концентрация неорганических веществ повышается в процессе сброса сточных вод промышленными предприятиями и разложении органических веществ. 4% неорганических веществ выпадает на дно водоёма, остальное необходимо удалять проточностью.

- Концентрация органических веществ растет за счет сброса сточных вод промышленными предприятиями, снижается в процессе окисления кислородом.

Скорость разложения органических веществ прямо пропорционально концентрации кислорода и температуре воды. Уменьшению концентрации органических веществ способствует проточность.

- Уровень воды, проточность в водоёме контролируются станциями подкачки и сброса воды. Подкачка и сброс воды создают в «Озере» течение от промышленной зоны через среднюю зону в культурную. В результате концентрация кислорода в промышленной зоне повышается за счет подкачки чистой воды. В средней зоне увеличение концентрации кислорода повышается за счет аэрации.

## 5. Оценка действий

В течение июня контролируемы параметры должны быть выведены на уровень ПДК. В этот период времени за параметры, не соответствующие ПДК, штрафные баллы не начисляются.

С июля начисляются штрафные баллы - по одному за каждый день, если контролируемы параметры не соответствуют ПДК.

Итоговая оценка выставляется по количеству набранных штрафных баллов. Итоговыми могут быть следующие оценки:

- "Отлично" - нет штрафных баллов.
- "Хорошо" - штрафных баллов не более 10.
- "Удовлетворительно" - штрафных баллов от 11 до 15.
- «Неудовлетворительно» - штрафных баллов 16, отстранение от должности диспетчера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» для специальностей: 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металорежущие станки и инструменты»; 6-05-0714-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Инженерная экология» ; сост.: А. А. Цыганова [и др.]. – Минск : БНТУ, 2023.

### **Вопросы для формулирования выводов проведенной работы:**

1. Назначение оборудования, регулирующего качество воды в озере.
2. Зависимость концентрации кислорода от метеоусловий.
3. От чего зависит концентрация неорганических веществ в водоёме?
4. От чего зависит концентрация органических веществ в водоёме?

### **Требования к представлению результатов работы (элементы портфолио):**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Общие сведения.

#### 4. Управление и изменение контролируемых параметров водоема.

5. Вывод к работе должен быть представлен в виде графического отображения изменения контролируемых параметров (концентрации) по трём зонам в течение июня-июля согласно таблице 2.

Таблица 2 - Управление и изменение контролируемых параметров водоёма