

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности
О.Г. Феоктистова, Т.В. Наумова

ПОСОБИЕ
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине
"ЭКОЛОГИЯ"

*для студентов
всех специальностей
дневного обучения*

Москва – 2002

ББК 57.026

Ф 42

Рецензент д-р техн. наук, проф. Б.В. Зубков
Феокистова О.Г., Наумова Т.В.

Ф42 Пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Экология» (компьютерный практикум). - М.: МГТУ ГА, 2002. - 24 с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов всех специальностей дневного обучения.

В пособии представлены методические основы, цели и порядок работы с обучающими имитационными программами для лабораторных занятий по курсу «Экология».

Пособие может быть использовано для подготовки студентов вузов гражданской авиации всех специальностей по дисциплинам «Экология» и «Промышленная экология», а также для экологической подготовки и повышения квалификации руководящих работников, специалистов и граждан, профессиональная или иная деятельность которых связана с воздействием на окружающую среду и здоровье человека.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 30.10.01г. и методического совета 06.11.01 г.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы, возникающие при прогнозировании последствий влияния человеческой деятельности на окружающую среду, носят комплексный характер. Они определяются как физическими, так и экономическими и социальными факторами.

Разработка оптимальных стратегий природопользования ставит вопрос об устойчивости и стабильности экосистем, их управляемости, возможности прогнозирования их дальнейшего поведения.

Изучение известных подходов к моделированию экологических систем дает возможность разобраться в проблемах экологии. Математическое моделирование в экологии представляет хороший пример конкретного приложения идей и методов системного подхода к экологической безопасности.

Предложенные обучающие программы наглядно демонстрируют возможности базовых и имитационных моделей экосистем; дают представление об устойчивости, управлении, прогнозировании; позволяют лучше понять динамические особенности открытых и закрытых экосистем, динамику взаимоотношений в биоценозах и др.

Индивидуальное выполнение компьютерного практикума:

- активизирует самостоятельность и творческую инициативу;
- учит управлять развитием отношений общества и среды;
- способствует решению задачи экологической экспертизы;
- позволяет умело планировать и предвидеть последствия принимаемых решений, не проводя экспериментов на природе;
- дает возможность оперативно корректировать хозяйственную деятельность;
- способствует повышению степени усвоения студентами учебного материала.

В качестве программного обеспечения использованы как разработки сотрудников МГТУ ГА, так и разработки других вузов и научно-

исследовательских институтов.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩЕЙ ИМИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ "ЗОЛОТАРЬ"

Цель работы: ознакомление с имитационной программой "Золотарь", моделирующей систему очистки стоков промышленных предприятий; разработка оптимального (по итогам работы за 40 шагов) управления работой системы.

ОПИСАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Программа "Золотарь" моделирует работу очистных сооружений, состоящих из двух емкостей: нейтрализатора и отстойника. Сточные воды двух предприятий, содержащие два ингредиента - "кислоту" и "органику", поступают в первый из них (нейтрализатор). В нем нейтрализуется "кислота", и полученная жидкость перекачивается первым насосом в отстойник для разложения "органики". После этого вторым насосом полученная жидкость перекачивается в реку.

В месте сброса в реку контролируется превышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) по обоим ингредиентам. Объем сбросов от заводов зависит только от объема производства. За нарушения ПДК налагаются штрафы.

Ниже приведены основные расчетные формулы:

$$P_1 = \frac{B}{100 \cdot C_1} \text{ - сток от первого завода,} \quad (1.1)$$

$$P_1 = \frac{B}{100 \cdot C_1} \text{ - сток от второго завода,} \quad (1.2)$$

где A и B - объемы производств в процентах от максимального;

C1, C2 - коэффициенты для расчета объемных потоков 1-го и 2-го заводов;

$$C_5 \cdot (A - C_3) \text{ - прибыль от первого завода,} \quad (1.3)$$

$$C_6 \cdot (B - C_4) \text{ - прибыль от второго завода,} \quad (1.4)$$

где C3, C4 - интенсивность работы 1-го и 2-го заводов.

Для получения прибыли заводы должны работать на уровне не ниже заданного параметрами С3 и С4. Уравнения для объемов обеих емкостей имеют вид:

$$\frac{dx1}{dt} = P1 + P2 - P3 \quad (1.5)$$

$$\frac{dx2}{dt} = P3 - P4 \quad (1.6)$$

где $x1$ - объем нейтрализатора; $x2$ - объем отстойника;

$P1$ - поток с первого завода (л/сутки);

$P2$ - поток со второго завода (л/сутки);

$P3$ - поток из нейтрализатора в отстойник (л/сутки);

$P4$ - поток из отстойника в реку (л/сутки).

Процесс нейтрализации кислоты и разложения органики имитируется решением системы дифференциальных уравнений с заданными скоростями:

$$\frac{dx1}{dt} = \frac{(P11 * P1 + P21 * P2)}{x1 - x3 * \frac{P3}{x1} - P110 * x3} \quad (1.7)$$

$$\frac{dx4}{dt} = \frac{(P1 * P12 + P2 * P22)}{x1 - x4 * \frac{P3}{x1} - P120 * x4} \quad (1.8)$$

$$\frac{dx5}{dt} = \frac{(P3 * x3 + P4 * x5)}{x2 - P210 * x5} \quad (1.9)$$

$$\frac{dx6}{dt} = \frac{(P3 * x4 + P4 * x6)}{x2 - P220 * x6} \quad (1.10)$$

где $x3$ - концентрация кислоты в нейтрализаторе (мг/л);

$x4$ - концентрация органики в нейтрализаторе (мг/л);

$x5$ - концентрация кислоты в отстойнике (мг/л);

$x6$ - концентрация органики в отстойнике (мг/л);

$p11$ - часть кислоты в стоке первого завода (мг/л);

$p12$ - часть органики в стоке первого завода (мг/л);

p21 - часть кислоты в стоке второго завода (мг/л);
p22 - часть органики в стоке второго завода (мг/л);
p110- скорость нейтрализации кислоты в нейтрализаторе;
p120- скорость разложения органики в нейтрализаторе;
p210 - скорость нейтрализации кислоты в отстойнике;
p220 - скорость разложения органики в отстойнике.

В процессе моделирования контролируются следующие ситуации:

превышение ПДК по кислоте;
превышение ПДК по органике;
переполнение нейтрализатора;
переполнение отстойника.

В первой и второй ситуации программа реагирует остановкой насоса, перекачивающего жидкость в реку. В третьей ситуации останавливаются оба предприятия, а в четвертой - насос, перекачивающий жидкость из нейтрализатора в отстойник.

В любом случае выдается сообщение и налагается штраф. Остановка предприятий и насосов производится на время, задаваемое, как и штраф, в файле setup.dat.

Значения всех переменных модели отображаются на картинке в виде чисел и диаграмм. Кроме того, периодически, через промежуток, заданный в файле setup.dat, выдаются текущие итоги работы (прибыль и сумма штрафов).

Работа программы завершается по истечении заданного времени. Обучающийся может воздействовать на модель, выбрав следующие параметры:

A - производство 1-го завода (проценты);
B - производство 2-го завода (проценты);
P3 - поток из нейтрализатора (литры/час);
P4 - сброс в реку (литры/час). Для выбора достаточно нажать на любую клавишу и в появившемся меню задать соответствующие числа. Значения

остальных параметров модели задаются в файле setup.dat.

Итогом работы является получение максимальной прибыли от заводов при минимальном ущербе для природы (в данном случае реки).

ПОРЯДОК РАБОТЫ.

Нажатием клавиши <ENTER> войти в директорию ZOLOTAR.

Нажатием клавиши <ENTER> загрузить файл zolotar.exe и просмотреть работу программы в демонстрационном режиме при заданных параметрах управления: объемы производства обоих заводов составляют $A = 50\%$ и $B = 50\%$; потоки $P3 = 8\text{л/ч}$ и $P4 = 8\text{л/ч}$.

Демонстрационные данные занести в табл. 1.1.

Последовательным нажатием клавиш <ПРОБЕЛ> и <ENTER> выйти из программы.

Одновременным нажатием клавиш <ENTER-ПРОБЕЛ> вновь войти в программу, но на уровне УПРАВЛЕНИЯ. Диаграммы "кислота" и "органика" должны оставаться черными при начале работы программы.

Задание управления осуществляется подводом стрелок <вверх>, <вниз> на соответствующую позицию. Клавишей <ENTER> активизировать окно параметров, затем ввести с клавиатуры численные значения параметров управления и нажать <ENTER > .

Нажатием клавиши <Esc> запустить работу программы при новых, установленных Вами, управляющих параметрах.

Занести в табл. 1.1 полученные результаты и возвратиться к п. 5.

Если Вы получили "штрафы", попробуйте изменить ситуацию быстрым нажатием клавиши < ПРОБЕЛ > и изменить управление. В таблицу в этом случае заносится время первого штрафа и итог.

При нажатии клавиши < ПРОБЕЛ > по одному разу можно не меняя управления за несколько циклов также получить результат, после чего (стрелкой вниз) завершить работу программы.

Оформить отчет и сделать вывод: как влияют изменения параметров

А, В, Р3 и Р4 на конечные результаты.

Примечание: просмотр файлов read me и setup.dat - клавишей <F3 >, выход - <Esc>.

1.3 Форма отчета

Лабораторная работа «Золотарь»

Выполнил _____ Группа ...

(Ф.И.О.)

Таблица 1.1

Параметр	Варианты расчетов						
	Демо	1	2	3	4		N
А	50						
В	50						
Р1	5						
Р2	9						
Р3	8						
Р4	8						
Кол. шагов	40						
Прибыль	9600						
Штрафы	0						
Итоги	9600						

Вывод: _____

1.4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается цель данной имитационной программы?
2. Какие процессы моделирует программа «Золотарь»?
3. Перечислите основные элементы экосистемы «Золотарь».
4. Каким образом изменения параметра А, В, Р3 и Р4 влияют на систему

дифференциальных уравнений модели?

5. Как реагирует программа на превышение ПДК по кислоте" и органике?

6. Как реагирует программа на переполнение нейтрализатора?

7. Как реагирует программа на переполнение отстойника?

8. Какие параметры и как влияют на размер прибыли промышленных предприятий?

9. За что в программе начисляются штрафные баллы и как добиться их снижения?

10.10. Как добиться оптимального управления экосистемой

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩЕЙ ИМИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ "МАЛАЯ РЕКА"

Цель работы: ознакомление с имитационной программой "Малая река", моделирующей антропогенное воздействие на проточную водную экосистему с агро-, пром- и жилыми комплексами; разработка оптимального управления экосистемой (выбор оптимальных параметров функционирования системы для достижения максимальной прибыли от хозяйственной деятельности в бассейне реки с учетом затрат).

Имитационная программа "Малая река" предоставляет возможность управлять экологической системой, состоящей из промышленных предприятий и животноводческих хозяйств, расположенных на берегу реки, лугов, полей и лесных участков вдоль реки, передвижной станции контроля за загрязнением реки. Работа с программой ведется в диалоговом режиме.

Задача обучаемого состоит в том, чтобы правильно выбрать разнообразные параметры управления: интенсивность работы промышленных предприятий, вид скота и его поголовье для выращивания на животноводческой ферме, форму вспашки земли, количество и качество

вносимых удобрений, вид выращиваемой сельскохозяйственной культуры, способ очистки сточных вод, лесопосадку и др.

Параметры выбираются на один год, после чего программа моделирует процесс развития экосистемы.

Для анализа собственной деятельности можно обратиться к программе и получить конкретные сведения о развитии экологической системы в любой месяц. Сведения о получающемся загрязнении поступают в течение трех часов после дождя:

Итогом может быть как получение прибыли, так и загрязнение окружающей среды. Основная задача состоит в том, чтобы в течение 5 лет так управлять экосистемой, чтобы полученная прибыль оказалась максимальной, а причиненный окружающей среде ущерб был минимальным. В зависимости от результата управления программа выставит обучаемому оценку его деятельности (см. п. 24).

2.1 ОПИСАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Данная программа моделирует естественные процессы, происходящие в экосистеме, которая включает в себя:

- 1) Участок реки длиной 8640 м, шириной 10 м, глубиной 3 м, средней скоростью течения 6 м/мин. Во время паводка скорость течения и расход воды в реке повышается.
- 2) Промышленное предприятие, расположенное на берегу реки на расстоянии 1800 метров от начала участка, загрязняющее воду реки стоками, содержащими органическое загрязняющее вещество (по биологической потребности в кислороде - БПК₅). Количество сточных вод зависит от интенсивности работы предприятия, которая может изменяться от 0 до 150 условных единиц продукции в сутки. Производство единицы продукции дает 0,1 кубометра стоков с концентрацией органического загрязняющего вещества по БПК₅ 2000 мг/литр.
- 3) Животноводческий комплекс, расположенный на берегу реки на расстоянии 5400 метров от начала участка, на котором можно выращивать

свиней (количеством от 0 до 2000 голов) или крупный рогатый скот (от 0 до 1000). На животноводческом комплексе в сутки на свинью образуется 4,5 литра навозной жижи с БПК5 - 6000 мг/литр, | на корову 14 литров с БПК5 -8000 мг/литр.

4) Сельскохозяйственные угодья, на которых можно выращивать пшеницу, рожь, ячмень, кукурузу, картофель. Для повышения урожайности есть возможность внесения азотных, калийных, фосфорных, органических удобрений, известкования почвы, применения ядохимикатов (метафоса - для борьбы с вредными насекомыми, цинеба - для борьбы с болезнями растений, атразина - для борьбы с сорняками). При использовании ядохимикатов и удобрений необходимо учитывать:

- дождевые и паводковые стоки будут загрязнять воду реки тем сильнее, чем больше внесено удобрений и ядохимикатов;
- накопление веществ, неусвоенных растениями, в почве влияет на величину загрязнения реки,
- существенное влияние на качество воды оказывают донные осадения.

5) Жилой поселок забирает воду реки для своих нужд. Если вода в реке не достаточно чистая, то затрачиваются средства на ее очистку. В модели установлен предел допустимых концентраций (ПДК) в мг/л по кислороду - не менее 4 мг/л, БПК5 -не более 6 мг/л, атразину - не более 0,005 мг/л, метафосу - не более 0,02 мг/л, цинебу - не более 0,03 мг/л.

6) Передвижная станция контроля качества воды анализирует содержание кислорода, БПК5, атразина, метафоса, цинеба в воде в любом выбранном месте участка реки.

2.2 УПРАВЛЕНИЕ ЭКОСИСТЕМОЙ.

Работа студента с программой состоит из последовательности этапов, где каждый этап - управляющее воздействие на систему и получение результатов. Программа рассчитана на 5 этапов (циклов) - 5 лет. Под управляющим воздействием понимается:

- выбор интенсивности работы промышленного предприятия;
- выбор количества голов скота для выращивания на ферме (свин или крупный рогатый скот);
- выбор методов очистки сточных вод промышленно предприятия и фермы;
- выбор сельскохозяйственных культур для выращивания бассейне реки;
- выбор количества применяемых удобрений и ядохимикатов;
- размещение передвижной станции контроля качества воды;
- выбор мероприятия по охране чистоты реки.

Цель заключается в выборе оптимальных параметров функционирования системы для достижения максимальной прибыли от хозяйственной деятельности в бассейне реки с учетом затрат. При этом концентрации загрязняющих веществ в реке не должны превышать предельно допустимых норм. От этого зависит величина экономического ущерба.

Мероприятия по охране чистоты реки и их стоимость.

Лесополоса.

Выращивание древесной и кустарниковой растительности по берегам реки способствует уменьшению дождевого стока и выноса загрязняющих веществ. Влияние лесополосы растет с увеличением ее возраста. Посадка лесополосы шириной 10 метров стоит 1000 руб.

Вспашка.

Разные виды вспашки обеспечивают уменьшение дождевого стока в разной степени:

уплотненная на 16 % (стоимость вспашки 100 га - 1000 руб.),

отвальная с микролиманами на 63% (1900 руб.),

безотвальная на 45 % (1700 руб.),

отвальная глубиной 22-25 см на 62% (2500 руб.),

глубиной 35-37 см на 77% (3000 руб.).

Очистка сточных вод.

Для снижения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах необходимо применять очистку. Использование механической очистки позволяет снизить концентрацию загрязняющих веществ, примерно, на 50 %, биологической очистки - на 80 %, биологической с доочисткой - на 98 %.

Стоимость механической очистки 1 куб.м сточных вод - 0,05 руб., биологической - 0,38 руб., биологической с доочисткой - 2 руб.

Искусственная аэрация.

Искусственная аэрация позволяет увеличить содержание кислорода в воде путем нагнетания воздуха в воду через аэраторы.

Место искусственной аэрации можно изменять. При работе необходимо учесть, что концентрация кислорода зависит от концентрации органики (чем больше в воде органики, тем больше расходуется кислорода на ее разложение) и от температуры воды (чем выше температура, тем ниже концентрация кислорода). Повышение содержания кислорода в воде на 2 мг/л с помощью искусственной аэрации стоит 366 руб. в месяц.

Прибыль.

Прибыль от ведения хозяйственной деятельности складывается из прибыли, полученной от реализации условной продукции предприятия -12 руб. за единицу, животноводческого комплекса (100 * количество свиней) или (200 • количество коров) руб. в год, урожая пшеницы - 30 руб. за центнер, ячменя - 30, ржи - 28, кукурузы - 12, картофеля - 10.

Затраты.

Затраты складываются из затрат на осуществление природоохранных мероприятий (см. выше) и затрат «на внесение удобрений и ядохимикатов. Стоимость внесения метафоса (на каждый гектар по 1 кг) - 434 руб., атразина - 1600, цинеба - 600, азотных удобрений - 400, калийных - 400, фосфорных - 400, органических (на каждый га по 1 т) - 2000,

известкования -2000.

Экономический ущерб.

Экономический ущерб зависит от качества воды в реке и складывается из потерь, связанных с ухудшением функционирования основных фондов промышленного предприятия; дополнительных затрат на очистку воды для жилого поселка; потерь из-за заболеваемости населения; затрат учреждений здравоохранения в связи с заболеваемостью населения; собственных затрат населения, связанных с поездками на отдых в другие места.

2.3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ.

В программе предусмотрено два вида ввода данных:

ввод числовых значений осуществляется с помощью клавиш 0,1,2,...9. Дробная часть числа отделяется точкой (например 4.5). После набора числа необходимо нажать клавишу <Enter>.

выбор с помощью клавиш <вверх>, <вниз> и <Enter>.

После загрузки программы на экране появляется заставка программы "Малая река". Для продолжения работы необходимо нажать пробел.

В начале этапа задаются параметры функционирования системы: интенсивность работы промышленного предприятия, поголовье скота для выращивания на ферме, методы очистки сточных вод предприятия и фермы, полевая культура для выращивания на прибрежных полях, количество применяемых удобрений и пестицидов, вид вспашки, ширина лесопосадок вдоль реки, искусственная аэрация.

После задания параметров на экране можно наблюдать динамику концентраций кислорода, БПК₅, атразина, цинеба, метафоса в речной воде и изменение уровня воды в реке. Шаг вычислений - один месяц. Можно посмотреть динамику концентраций веществ после дождя в течение 72 часов, а также изменение концентраций веществ не только в месте нахождения передвижной станции контроля качества воды, но и вдоль реки в выбранном месяце (клавиши <P8> и <P9> соответственно).

Описание разделов меню.

ПОМОЩЬ - имеется подменю:

ПРАВИЛА - правила работы с программой (на экран выдается информация о моделируемой экологической системе, о цели игры, о возможных управляющих воздействиях на систему, о стоимости природоохранных мероприятий и т.д.);

СХЕМА - схема взаимодействия блоков системы (т.е. графическое изображение связей, моделируемых в программе);

ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ - информация о природоохранных мероприятиях, моделируемых в программе (т.е. информация об эффективности разных методов очистки сточных вод, о влиянии разных видов вспашек на уменьшение дождевого стока, о влиянии лесополосы и искусственной аэрации);

ТЕКУЩАЯ ОЦЕНКА - оценка деятельности обучаемого по этапам (дается сообщение о полученной прибыли и экономическом ущербе за прошедшие туры работы с программой);

УПРАВЛЕНИЕ - имеется подменю:
ПРЕДПРИЯТИЕ - задается интенсивность работы предприятия (0-150) и способ очистки сточных вод;

ФЕРМА - задается поголовье скота (свиньи или крупный рогатый скот) для выращивания на ферме и метод очистки сточных вод;

УРОЖАЙ - выбирается сельскохозяйственная культура для выращивания на полях и дозы применяемых удобрений и пестицидов;

ВСПАШКА - выбирается вид вспашки;

ЛЕСОПОЛОСА - выбирается ширина защитной лесополосы;

АЭРАЦИЯ - выбирается место искусственной аэрации;

СЧЕТ - вычисление концентраций кислорода, БПК₅, атразина, цинеба и метафоса по месяцам в течении года.

Перед этим предлагается выбрать расположение передвижной станции контроля качества воды (клавиши <влево>, <вправо>, <ENTER>).

<Esc> - выход в операционную систему.

С помощью программы "Малая река" можно наблюдать ряд процессов и

решать ряд задач:

ВТОРИЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ. В первый год внести в почву большие дозы удобрений и ядохимикатов, во второй год не вносить вообще. Наблюдать на втором году концентрации веществ, попавших в воду за счет вторичного загрязнения, т.е. за счет смыва донных осадений и выноса веществ, не усвоенных растениями и оставшихся в почве.

УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР. Задавать разные дозы удобрений и ядохимикатов, и наблюдать за изменениями урожайности.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ. Каждый год задавать разные природоохранные воздействия (например, поочередно задавать методы очистки сточных вод: 1-й год без очистки, 2-й год механическая очистка, 3-й год биологическая, 4-й биологическая с доочисткой), оставляя без изменения другие управляющие воздействия, и наблюдать изменения концентраций веществ в реке и экономические характеристики.

Определить оптимальный метод очистки сточных вод предприятия, работающего с максимальной интенсивностью, и фермы с максимальным поголовьем скота.

ВОЗРАСТ ЛЕСОПОЛОСЫ. В первый год посадить лесополосу, внести в почву удобрения и ядохимикаты. В первый и последующие годы управляющие воздействия задавать одинаковыми и наблюдать за концентрациями и уменьшением экономического ущерба от загрязнения воды. Дозы веществ, вносимых в почву не должны быть большими, чтобы не вызвать вторичного загрязнения.

ВЫНОС ВЕЩЕСТВ С ПОЛЕЙ ДОЖДЕВЫМИ СТОКАМИ. Вносить, разные дозы удобрений и ядохимикатов и наблюдать за изменением концентраций веществ в воде.

Примеры возможных вариантов функционирования системы.

Пример 1

интенсивность работы промышленного предприятия 150

очистка сточных вод предприятия	Механическая
поголовье скота	2000 свиней
очистка сточных вод фермы	механическая
сельскохозяйственная культура	картофель
удобрения:	
азотные	50 кг/га
фосфорные	45 кг/га
калийные	45 кг/га
органические	10 т/га
известкование	1 т/га
пестициды:	
метафос	30 кг/га
цинеб	3 кг/га
атразин	6 кг/га
вспашка	уплотненная
лесополоса	шириной 30 м

Результат за первый год: прибыль - 1442 тыс. руб., затраты -12 тыс. руб.
экономический ущерб - 400,8 тыс. руб.

Слишком большой экономический ущерб говорит о том что необходимо больше внимания уделять природоохранным мероприятиям. Необходимо улучшить очистку сточных вод, применять меньшее количество удобрений и пестицидов. Если на природоохранные мероприятия затратить средств немного больше, то можно достичь нулевого экономического ущерба.

Пример 2:

интенсивность работы промышленного предприятия	150
очистка сточных вод предприятия	Биологическая
поголовье скота	2000 свиней
очистка сточных вод фермы	биолог.с дочисткой

сельскохозяйственная культура	пшеница
удобрения:	
азотные	20 кг/га
фосфорные	25 кг/га
калийные	20 кг/га
органические	5 т/га
известкование	1 т/га
пестициды:	
метафос	15 кг/га
цинеб	2 кг/га
атразин	3 кг/га
вспашка	глубиной 35-37 см
лесополоса	шириной 30 м-руб.

Результат за первый год: прибыль – 1096,4 тыс. руб., затраты – 185,9 тыс. руб., экономический ущерб – 0 тыс. руб. Управление системой ведется правильно. Получена высокая прибыль и обеспечена чистота воды в реке.

2.4 ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ.

По окончании пяти лет игрового времени программа подводит оценку деятельности обучаемого по полученной прибыли и нанесенному экономическому ущербу.

Оценка "отлично" выставляется обучаемому, если он получит прибыль 5 млн.руб и экономический ущерб 0 руб. При худших показателях оценка соответственно снижается.

Результаты по годам

Таблица 2.2

	Прибыль			
	1	2	3	4
Предприятие				
Ферма				
Урожай				
Затраты				
Очистка				
Вспашка				
Лесополоса				
Удобрения				
Пестициды				
Аэрация				
Итоги по годам				
Урожай				
Прибыль				
Затраты				
Экон. ущерб				

Итог деятельности

Таблица 2.3.

Прибыль от ведения хозяйственной деятельности	
Затраты	
Итоговая прибыль	
Экономический ущерб	
Оценка	

Вывод: _____

2.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие процессы моделирует имитационная программа "Малая река"?
2. Перечислите основные элементы исследуемой экосистемы. Как они влияют на качество воды в реке?
3. С помощью каких параметров осуществляется управление экосистемой "Малая река"?
4. Что такое естественная и искусственная аэрация? Что может повлиять на этот процесс?
5. Перечислите способы очистки сточных вод. Какой из них наиболее эффективный?
6. Как влияет на качество воды вид вспашки земли и наличие лесопосадок?
7. Для чего применяется известкование почвы?
8. Из чего складывается прибыль в исследуемой системе?
9. Какие меры позволяют снизить экономический ущерб?
10. Как добиться оптимального управления экосистемой?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩЕЙ ИМИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ "ОЗЕРО"

Цель работы: ознакомление обучающей имитационной программой "Озеро", моделирующей антропогенное воздействие на закрытую водную экосистему - озеро; разработка оптимального управления экосистемой (выбор оптимальных параметров функционирования системы для обеспечения заданного качества воды в озере).

Обучаемый в игре выполняет функции диспетчера по управлению экологической системой "ОЗЕРО". Для успешного управления он должен усвоить закономерности, лежащие в основе водного баланса, превращений и деструкции веществ, насыщения воды кислородом, влияния

метеоусловий на экологические процессы; ему необходимо научиться оптимальному планированию нескольких взаимосвязанных параметров управления в условиях ограничения суммарной стоимости расходов.

3.1 ОПИСАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Моделируемая в программе управляемая экологическая система включает в себя:

водоем;

прибрежные предприятия;

станции ежедневного взятия проб воды;

гидрометеослужбу;

службу управления качеством воды;

финансирующий орган.

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

2) Прибрежные предприятия: завод, фабрика, база используют воду озера для своих технологических процессов, загрязняя ее органикой и неорганикой. Объем забираемой воды равен объему сбрасываемой. Концентрации органики и неорганики в сбрасываемой воде могут меняться через каждую декаду. Ботанический сад только забирает воду из озера.

Данные о деятельности предприятий заложены в программу, моделирующую экосистему. Данные выводятся на экран по частям, в соответствии с рассматриваемой в конкретный момент декадой. В табл.

3.1 указаны данные, заложенные в программе.

Данные о деятельности предприятий по декадам

Таблица 3.1

Прв-брежн. объекты	Завод			Фабрика			База			Ботан. сад
	Объем воды, м3	Концентрация, мг/л неорганика	Концентрация, мг/л органика	Объем воды, м3	Концентрация, мг/л неорганика	Концентрация, мг/л органика	Объем воды, м3	Концентрация, мг/л неорганика	Концентрация, мг/л органика	Объем воды, м3
Дека	Июнь									
1-10	1200	2000	200	700	1500	250	1000	2000	300	1000
11-20	1200	2000	200	350	1500	250	1000	2000	300	
21-30	1200	2000	200	350	1500	250	1000	1000	300	400
	Июль									
1-10	1500	2000	200	350	1500	250	1000	1000	300	600
11-20	1200	2000	200	350	1500	400	1000	1000	400	300
21-30	1200	2000	200	350	1500	250	1000	2000	300	500

По кислороду, органике и неорганике для каждой зоны установлены ПДК в мг/л (табл. 3.2), причем ПДК по кислороду определяет нижнюю границу, ПДК по органике и неорганике - верхнюю.

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 осуществляет краткосрочный метеопрогноз (до 10 дней): температура воздуха и воды, осадки, давление и сила ветра.

Данные об изменениях погодных условий заложены в программу и остаются одними и теми же, поэтому все игроки оказываются в равных условиях, диктуемых внешней обстановкой.

5) Служба управления качеством воды. Осуществляет подкачку чистой воды в промышленную зону, сброс воды из культурной зоны, искусственную аэрацию вод. Интенсивность аэрации задается ; величинами A1 и A2 мг/л. Следует однако иметь в виду, что искусственная аэрация, сколь сильной она ни была, не может дать концентрацию кислорода выше предельного насыщения (эта величина зависит от температуры воздуха и атмосферного давления).

В части водного баланса следует учесть, что 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:

$$B = Wg - Wu - We + (P - S), \quad (3.1)$$

где Wg и P - приход воды в озеро за счет дождей и перекачки;

Wu , We , S - расход за счет испарения, забора воды ботаническим садом и сброса.

б) Финансирующий орган. На управление озером на 2 месяца выделяется 300 руб. Эти деньги расходуются на перекачку воды из расчета 50 коп за каждую 1000 м³ и на искусственную аэрацию из расчета 25 коп за повышение концентрации кислорода в одной зоне на 1 мг/л.

Денежные расходы не выведены на первый план, однако, отсутствие их учета будет со стороны обучаемого большой ошибкой. Как только выделенная сумма будет израсходована, так в оставшиеся дни экологическая система будет развиваться без управления со стороны обучаемого. А такое развитие очень быстро приводит к ухудшению качества воды.

Таким образом, разумная экономия при благоприятных условиях, свободный расход в условиях неблагоприятных и ориентир на среднесуточный расход 5 руб. - позволяет обучаемому сохранить свою роль диспетчера до конца срока игры.

3.1 УПРАВЛЕНИЕ ЭКОСИСТЕМОЙ

При выборе параметров управления студент должен усвоить основные закономерности экологической системы и учитывать складывающуюся ситуацию. Процесс управления экосистемой имеет циклический характер. В начале каждого цикла оценивается: -состояние озера, т.е. текущую дату, уровень воды в озере, концентрации ингредиентов в каждой из трех зон;

- прогноз погоды на текущую декаду;

- прогноз деятельности прибрежных предприятий;

-оставшуюся в его распоряжении денежную сумму для расхода на перекачку воды и аэрацию.

После этого задачей оказывается выбор:

- продолжительности очередного цикла (от 3 до 10 суток);
- мощности подкачки чистой воды и откачки загрязненной на каждые сутки очередного цикла (от 0 до 5000 на подкачку и от 0 до 5000 на откачку).

Рекомендации для обоснованного выбора.

1. Длительность цикла.

Выбор большой длительности цикла не эффективен по ряду причин: невозможность воздействовать на систему до конца цикла, инерционность системы в целом, изменения в метеоусловиях, декадность прогноза. Начинаящему следует придерживаться выбора длительности цикла 3-4 суток с выходом на первый день каждой декады.

2. Искусственная аэрация.

Следует помнить, что растворенный в воде кислород как расходуется, так и пополняется ввиду нескольких причин. Расход обусловлен разложением органики и водообменном с предприятиями: забирая воду, обогащенную кислородом, и сбрасывая воду без кислорода, предприятие уменьшает концентрацию кислорода в воде; чем больше в воде органики и выше температура, тем больше расходуется кислорода на ее разложение. Пополняется кислородом вода за счет естественной и искусственной аэрации, а также за счет дождевой воды и подкачиваемой чистой воды. Однако есть и такой фактор: перекачка и сброс воды создают в озере течение от промышленной зоны через среднюю в культурную. Вывод: концентрацию кислорода в промышленной зоне можно повышать за счет подкачки чистой воды, тогда как в средней и культурной зонах это следует делать за счет аэрации, причем аэрация в средней зоне должна быть выше чем в культурной.

3. Подача и сброс воды.

Концентрация органики растет только за счет сброса сточных вод предприятиями, а убывает за счет деструкции (4 %) и разложения. Кроме того концентрация органики изменяется вследствие перетока воды из одних зон в другие. Следует иметь в виду, что чем выше концентрация кислорода в воде, тем сильнее идет разложение органики, а значит, увеличивается концентрация неорганики. Концентрацию неорганики можно понизить только проточностью воды.

3.3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ

После вызова программы на экране появится картинка - рабочее поле программы с зоной "меню" в верхней части. Для того, чтобы войти в зону "меню", необходимо нажать на клавишу <Esc>.

Обучаемому предоставляется одна из пяти возможностей: ПОМОЩЬ, УПРАВЛЕНИЕ, СОСТОЯНИЕ, РАБОТА, ПРОГНОЗ. Вход в тот или иной режим управления экосистемой - <ENTER>. Выход -<E5C>.

1. Режим ПОМОЩЬ предназначен для выдачи справочной информации по экологической системе «ОЗЕРО» и клавиш управления.
2. Режим УПРАВЛЕНИЕ - предназначен для задания управляющих параметров: S-сброс воды (0-5000); P - подкачка воды (0-5000); A1 - аэрация 1 (0-10); A2 - аэрация 2, (0—10); T - количество суток очередного цикла (3-10), и
3. Режим СОСТОЯНИЕ - предназначен для выдачи на экран текущего состояния экосистемы.
4. Режим РАБОТА - предназначен для запуска программы на счет.
5. Режим ПРОГНОЗ - предназначен для выдачи на экран прогноза погоды на текущую декаду и прогноза деятельности предприятия.
6. Для выхода из любого режим необходимо нажать на клавишу <Esc>.

Обычный цикл состоит из последовательности обращений к режимам в таком порядке: СОСТОЯНИЕ – ПРОГНОЗ – УПРАВЛЕНИЕ - РАБОТА.

В начале каждого цикла следует проанализировать наличные 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 необходимо выбрать параметры управления - величины P, S, A1, A2, T. Эти величины сообщаются машине в режиме УПРАВЛЕНИЕ с помощью клавиш управления курсором: <вверх>, <вниз>, <вправо>, <влево>, <PgDn> (см. 3.5).

После задания всех пяти параметров (войти в режим УПРАВЛЕНИЕ обязательно, но можно не менять старое значение одного или нескольких параметров - они сохраняются в машине на новый цикл) и выхода из режима УПРАВЛЕНИЕ вызывается режим РАБОТА, в котором экологическая ситуация развивается в течении заданного числа T суток. За увеличением или уменьшением концентраций ингредиентов, получаемых от стационарных станций, можно следить по графикам на экране дисплея. По завершении одного цикла вновь оценивается состояние экосистемы, определяется прогноз, выбираются параметры управления, и система запускается в работу.

Общая задача состоит в том, чтобы в течении июня вывести озеро из запущенного состояния, а затем в течении июля поддерживать качество воды в озере.

Итогом работы являются показатели по неорганике, органике и кислороду во всех зонах экосистемы (Таблица 3.2), температура и уровень воды в озере, а так же денежные затраты.

3.4 ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ

В течении июня, пока игрок выводит озеро из запущенного состояния, штрафные баллы не начисляются. В течении июля обучаемому начисляются штрафные баллы - по одному за каждый день, когда не было обеспечено качество воды в любой зоне. Итоговая оценка выставляется только за количество 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. Если обучаемый получает 16 штрафной балл, то он отстраняется должности диспетчера (неудовлетворительно).

3.5 ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Нажатием клавиши <Enter> войти в директорию "Lake".
 2. Нажатием клавиши <Enter> войти в файл "lake.exe".
 3. Нажатием клавиши <Esc> активизировать ПОМОЩЬ и клавишей <Enter> еще раз познакомиться с условиями работы.
 4. Стрелками <влево>, <вправо> перейти в режим СОСТОЯНИЕ (<Enter>), изучить его (выход - <Esc>); затем перейти в режим ПРОГНОЗ, изучить его (выход - <Esc>) и перейти в режим УПРАВЛЕНИЕ.
 5. Задание численного значения управления осуществляется стрелками <влево>, <вправо>; с увеличением масштаба в 10 раз - нажатием клавиши <Pg Up>. Переход к Следующему управлению - стрелками <вверх>, <вниз>. Выход -<Esc>.
 6. Перейти в режим РАБОТА (<влево>, <вправо>, <Enter>).
 7. Далее повторить циклы, начиная с пункта 4.
 8. Получив оценку (или после отстранения от работы), выйти из игры нажатием клавиши <F10>.
 9. Разработать управление, которое привело бы Вас к положительной оценке, оформить отчет и сделать вывод о лабораторной работе.
- Примечание: просмотр файла ozero2.txt: - клавишей <F3>, выход -<Esc>.

3.6 ФОРМА ОТЧЕТА

Лабораторная работа «ОЗЕРО»

Выполнил _____ Группа _____
(ФИО.)

Таблица 3.2

Зона	Промышленная зона		Средняя зона		Культурная зона	
	Наличие мг/л	пдк мг/л	Наличие мг/л	ПДК мг/л	Наличие мг/л	ПДК мг/л
Загрязнения						
Неорганика		350,0		300,0		230,0
Органика		60,0		40,0		25,0
Кислород		2,0		4,0		6,0

Температура воды _____

Уровень воды _____

Остаток суммы _____

Штрафные балы _____

Вывод _____

3.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные элементы экосистемы «Озеро».
2. Какие процессы имитирует программа «Озеро»?
3. По каким параметрам оценивается качество воды в экосистеме «Озеро»?
4. Как происходит управление качеством воды?
5. Что такое естественная и искусственная аэрация?
6. Каким образом происходит пополнение и расход кислорода, растворенного в воде?
7. Что влияет на изменение концентрации органики в водоеме?
8. Какие процессы способствуют увеличению, а какие снижению концентрации неорганики в водоеме?
9. К каким последствиям для экосистемы «Озеро» может привести резкое изменение температуры воды или ее уровня?
10. Как добиться оптимального управления экосистемой?

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Николайкин Н.И., Феоктистова О.Г., Мелехова О.П., Николайкина Н.Е. Общая экология: Учебное пособие: В 2-х частях.-М.: МГТУ ГА, 2000-2001.
- 2.Николайкин Н.И., Мелехова О.П., Николайкина Н.Е. Экология : Учебное пособие.-М.: МГУИЭ, 2000-504с.
- 3.Быков А. А. Моделирование природоохранной деятельности: Учебное пособие.-М.: Изд-во НУМЦ Госкомэкологии России, 1998 -182с.
- 4.Смит Дж.М. Модели в экологии - М.: Мир, 1976.
- 5.Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов/ Д.А.Кривошеин, Л.А.Муравей, Н.Н. Роева и др.; Под ред. Л.А.Муравья.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000-447 с.
- 7.Петрова Т.А., Галактионова Н.А. Компьютерный практикум по курсу «Математическое моделирование в экологии».- М: Изд-во МНЭПУ, 1997-56с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩЕЙ ИМИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ «ЗОЛОТАРЬ».....	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩЕЙ ИМИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ «МАЛАЯ РЕКА».....	8
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩЕЙ ИМИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ «ОЗЕРО».....	17
4 Литература	23

