

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
Феоктистова 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 А и В - 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 |

