

## ОСВІТА ТА ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УДК 004.415.2(043.3)

**Сидоров Н.А.**

**Национальный авиационный  
университет**

# ЭКОЛОГИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

*Описується учебная программа дисциплины «Экология программного обеспечения», которая дается студентам-магистрам пятого курса специальности «Инженерия программного обеспечения» - 8.05010302 в Национальном авиационном университете (г. Киев).*

*Описується навчальна програма дисципліни «Екологія програмного забезпечення», яка викладається студентам-магістрам п'ятого курсу спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» - 8.05010302 в Національному авіаційному університеті (м. Київ).*

*Syllabus of subject "Software ecology" is presented. A subject is learning master students by speciality "Software engineering" – 8.05010302 in National aviation university (Kiev).*

**Ключевые слова:** обучение, устойчивое развитие, программного обеспечение, зеленое программное обеспечение, экосистема программного обеспечения, экология программного обеспечения.

### Введение

Дисциплина «Экология программного обеспечения» является введением в зеленые вычисления с более глубоким изучением роли и места программного обеспечения в контексте концепции устойчивого развития [1, 4]. В программе дисциплины рассматривается концепция устойчивого развития и экологический подход к исследованию и использованию информационных систем, технологий и программного обеспечения. Основные объекты программы дисциплины - зеленые информационные системы, технологии, программное обеспечение, цифровые экосистемы, экосистемы программного обеспечения и программное обеспечение как экосистема. В программе показывается, как научить студентов обеспечивать зеленость программного обеспечения и информационных технологий, как исследовать экосистемы программного обеспечения и как применять результаты исследований в разработке и сопровождении программного обеспечения.

### 1. Основные положения

Предметом дисциплины являются процессы которые происходят в программном обеспечении и его окружении (заказчики, пользователи, продавцы, контролирующие и регламентирующие организации) в контексте концепции устойчивого развития.

Объектом дисциплины являются методы, модели и средства позволяющие исследовать программное обеспечение и его окружение в контексте концепции устойчивого развития.

Программа представляет концепции, подходы, методы, направленные на выполнение действий в процессах жизненного цикла программного обеспечения, которые приведут к зеленому программному продукту. Основное внимание в программе уделяется следующему:

- концепции устойчивого развития и программному обеспечению как ее важного актива;

- экологическому аспекту концепции устойчивого развития и экологическому подходу к исследованию программного обеспечения;

- новым ракурсам исследований программного обеспечения, экологическим принципам; направлениям экологического подхода в исследовании программного обеспечения;

- зеленым информационным системам, технологиям и программному обеспечению, методам и средствам достижения зелены;

- ресурсосберегающим и безотходным (бережливым) технологиям создания и сопровождения программного обеспечения;

– экосистемам программного обеспечения, связи экосистем с эволюцией программного обеспечения, моделированию экосистем программного обеспечения, применению результатов моделирования в разработке и сопровождении программного обеспечения;

– программному обеспечению как экосистеме, влиянию такого взгляда на программное обеспечение на методы и средства построения программных систем.

## 2. Цели программы дисциплины

Материал дисциплины направляет студентов на достижение следующих целей:

– понимание сущности экологического кризиса и устойчивого развития как единственного пути выхода из кризиса;

– понимание сущности «зеленых» информационных технологий, «зеленого» программного обеспечения, цифровых экосистем, экосистем программного обеспечения; составляющих концепции устойчивого развития - экономическая, социальная, экологическая и единства составляющих; экологической составляющей и ее связи с информационными системами, технологиями и программным обеспечением;

– умение применять экологический подход к исследованию, созданию и применению информационных систем, технологий и программного обеспечения; понимание роли программного обеспечения в решении задач устойчивого развития;

– понимание влияния на окружающую среду процессов создания и сопровождения программного обеспечения и необходимости энергосбережения и минимизации применяемых вычислительных ресурсов;

– умение применять средства решения задач обеспечения экологичности процессов создания и применения программного обеспечения (сервера-лезвия, нулевые клиенты, мини фреймы, виртуальные машины, облачные сервисы, «зеленые» информационные системы, Grid- вычисления, платформы электронного документооборота);

– получение знаний о средствах ресурсосберегающих и безотходных (бережливых) технологий создания программного обеспечения и систем, ресурсах инженерии программного обеспечения (принципы, процессы, конструкции), которые являются основой ресурсосберегающих и безотходных технологий создания и сопровождения программного обеспечения и систем; понимание утилизации наследуемого программного обеспечения;

– получение знаний о критериях оценки «зелености», методах, принципах и средствах создания зеленых систем и технологий, методах трансформации незеленых систем и технологий в зеленые;

– получение знаний о характеристиках программного обеспечения как объекта исследований экологического подхода; понимания экосистемы программного обеспечения и задач исследования экосистем программного обеспечения;

– получение знаний о методах и средствах моделирования экосистем программного обеспечения; мониторинге экосистем программного обеспечения; аспектах количественных и качественных исследований экосистем программного обеспечения; понимание программного обеспечения как экосистемы и типов взаимодействий в программном обеспечении как в экосистеме.

## 3. Необходимые знания

На рис. 1 показаны междисциплинарные связи рассматриваемой дисциплины. С дисциплиной связаны как дисциплины бакалаврата (экология, эволюция программного обеспечения, качество программного обеспечения и тестирование, экономика программного обеспечения, менеджмент проектов программного обеспечения, моделирование и анализ программного обеспечения) так и дисциплины магистратуры (передовые технологии и сопровождение программного обеспечения, моделирование зрелости процессов в инженерии программного обеспечения, исследования программного обеспечения систем).



Рис. 1 Междисциплинарные связи дисциплины «Экология программного обеспечения»

Большинство из дисциплин, знания которых требуется для изучения дисциплины «Экология программного обеспечения» студент получает в бакалаврате «Программная инженерия» [5].

Исходя из структурно-логической схемы учебного плана бакалаврата «Программная инженерия» [6] на момент изучения дисциплины «Экология программного обеспечения» студент должен выполнить 3 курсовых работы, 2 курсовых проекта и 4 практики. Этого достаточно для выработки умений, обеспечивающих достижение зелености программного обеспечения, систем и технологий.

В свою очередь знание дисциплины «Экология программного обеспечения» будут полезны при изучении таких дисциплин магистерского плана как «Моделирование зрелости процессов в инженерии программного обеспечения» и «Исследование программного обеспечения систем».

#### 4. Содержание дисциплины

В этом разделе перечислены разделы и темы дисциплины в порядке их расположения в программе. На рис. 2 показана онтология дисциплины

##### I. Устойчивое развитие и экология программного обеспечения

1. Устойчивое развитие – единственный путь выхода из кризиса.

2. Экологический подход к исследованию, созданию и применению

зелёных информационных систем, технологий и программного обеспечения.

3. Зеленые вычисления, информационные системы, технологии, программное обеспечение.

##### II. Исследования в экологии программного обеспечения

1. Программное обеспечение – актив устойчивого развития общества.

2. Экологические принципы.

3. Направления применения экологического подхода в исследовании программного обеспечения.

##### III. Зеленые информационные системы и технологии

1. Влияние на окружающую среду процессов создания и применения информационных систем.

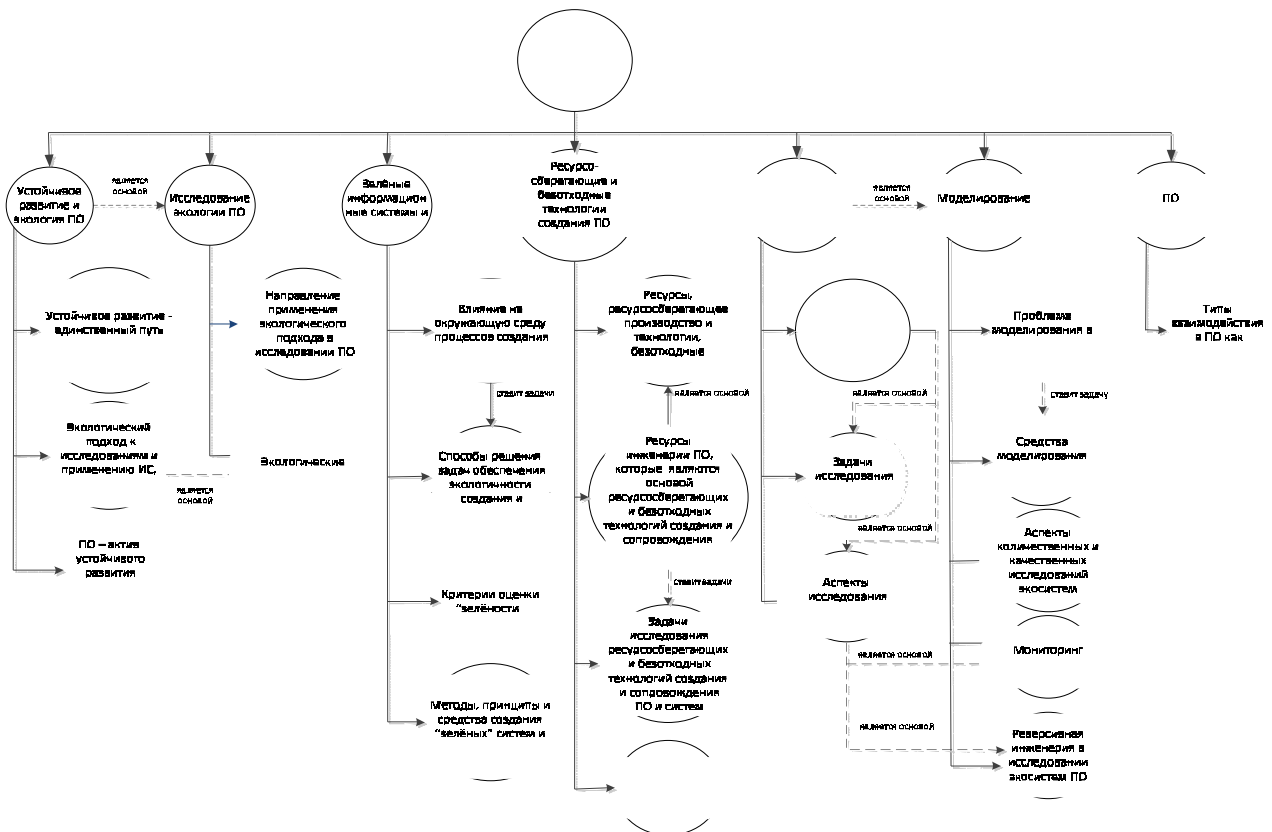
2. Способы решения задач обеспечения экологичности процессов создания и применения программного обеспечения.

3. Критерии оценки «зелености» информационных систем, технологий и программного обеспечения.

4. Методы, принципы и средства создания зеленых систем, технологий и программного обеспечения.

##### IV. Ресурсосберегающие и безотходные технологии создания программного обеспечения и систем

Ресурсы, ресурсосберегающие производство и технологии, безотходные технологии.



ПО – программное обеспечение  
ИС – информационные системы

Рис. 2 Онтология дисциплины

1. Ресурсы инженерии программного обеспечения, которые являются основой ресурсосберегающих и безотходных технологий создания и сопровождения программного обеспечения и систем.

2. Наследуемое программное обеспечение.

3. Задачи исследования ресурсосберегающих и безотходных технологий создания и сопровождения программного обеспечения и систем.

#### V. Экосистемы программного обеспечения

1. Экосистема программного обеспечения.

2. Аспекты исследования экосистем программного обеспечения.

3. Задачи исследования экосистем программного обеспечения.

#### VI. Моделирование экосистем программного обеспечения

1. Проблема моделирования экосистем программного обеспечения.

2. Средства моделирования экосистем программного обеспечения.

3. Задачи моделирования экосистем программного обеспечения.

#### VII. Программное обеспечение как экосистема

Объекты и отношения в программном обеспечении как в экосистеме.

#### 5. Комментарии к содержанию дисциплины

Дается развернутый комментарий к каждому разделу и теме содержания дисциплины.

#### I. Устойчивое развитие и экология программного обеспечения

Концепция устойчивого развития была признана единственным путем выхода из мирового кризиса [1, 2, 7]. Материал раздела определяет современный взгляд на концепцию устойчивого развития, дает историческую справку, идентифицирует составляющие концепции, показывает единство составляющих и уделяет особое внимание экологической составляющей.

*1. Устойчивое развитие - единственный путь выхода из кризиса*

Концепция устойчивого развития возникла в ответ на проблемы современного

мира – технологические и природные катастрофы, бедность, перенаселение, социальное и экономическое неравенство, истощение природных ресурсов. В связи с этим, кризис имеет место практически во всех сферах жизнедеятельности на Земле. Концепция устойчивого развития имеет три составляющих – экономическую, социальную и экологическую. Несмотря на единство этих составляющих, экологическая составляющая по определению приобретает все большее значение в связи с её быстрорастущим влиянием на решения указанных проблем и сложностями связанными с управлением этим влиянием. Показывается связь экологической составляющей с информационными системами и технологиями.

*2. Экологический подход к исследованию и применению информационных систем, технологий и программному обеспечению*

Исторически, экологический подход применяется к исследованию живых систем. Основным инструментом исследования является понятие экосистемы [8]. Вместе с этим существует понятие экологии среды, которое применяется тогда, когда необходимо решать задачи уменьшения вредного техногенного влияния на окружающую среду [7]. Поэтому, решение задач энергосбережения, минимизации вычислительных ресурсов, оптимизации загрязнения окружающей среды и экосистем программного обеспечения - составляют сущность экологического подхода к исследованию и применению информационных систем, технологий и программного обеспечения.

Вводится понятие «зелености» процессов, ресурсов и продуктов, которые имеют место при создании и использовании информационных систем, технологий и программного обеспечения. Рассматриваются зеленые информационные системы, технологии и программное обеспечение.

## **II. Исследования в экологии программного обеспечения**

Утверждается, что программное обеспечение, являясь важной составляющей информационных систем и технологий составляет актив устойчивого развития, а процессы связанные с развитием, сопровождением и использованием программного обеспечения в контексте его естественного окружения составляют объект экологии программного обеспечения как раздел инженерии программного обеспечения.

Рассматриваются три экологических принципа и три направления применения экологического подхода в исследовании программного обеспечения.

*1. Программное обеспечение - актив устойчивого развития общества*

Существует понятие активов концепции устойчивого развития как средств ее реализации. Принимая во внимание, что программное обеспечение, это обязательная составляющая любой информационной системы или технологии, которые сегодня проникли во все сферы жизнедеятельности, то программное обеспечение, это очень важный актив устойчивого развития [3].

*2. Экологические принципы*

Рассматриваются три экологических принципа важных для достижения «зелености», это эко-эффективность, эко-справедливость, эко-результативность [7].

Эко-эффективность (eco-efficiency) – следуя принципу нужно применять меньше методов и средств, которые вредят природе и неэффективно используют невозобновляемые ресурсы. Если принцип эффективности направлен на получение большего из меньшего, то принцип эко-эффективности направлен на уменьшение влияния на окружающую среду и получение конкретного и качественного продукта.

Эко-справедливость (eco-equity) – следуя принципу нужно равно распределять ресурсы между живущим и следующими поколениями.

Эко-результативность (eco-effective) – следуя принципу надо полностью прекращать негативное влияние на окружающую среду. Например, не уменьшать использование бумаги в документообороте, а вообще не применять бумагу.

*3. Направления применения экологического подхода в исследовании программного обеспечения*

Рассматриваются три направления применения экологического подхода к исследованию программного обеспечения [9, 10]:

– первое, определяет применение к программному обеспечению общих принципов и требований экологичности производства и использования технических объектов;

– второе, определяет реализацию ресурсосберегающих и безотходных производств программного обеспечения [11];

– третье, определяет исследования программного обеспечения, рассматривая его как часть цифровой экосистемы [12].

### Ш. Зеленые информационные системы и технологии

Рассматриваются информационные системы как основы информационных технологий. Информационная система – это ресурс, состоящий из компьютеров, телекоммуникационного и другого оборудования, которое под управлением программного обеспечения может осуществлять вычислительные процессы в информационной технологии.

#### 1. Влияние на окружающую среду процессов создания и эксплуатации информационных систем

Информационные системы состоят из двух частей – аппаратной и программной. Реализация экологических принципов для аппаратной части рассматривается в трех аспектах [4]: энергосбережение; ликвидация компонентов информационных систем; центры данных. При этом, озеленению подлежат все процессы жизненного цикла информационных систем (табл.).

Таблица

Зеленые процессы жизненного цикла информационной системы

№ п/п	Название процесса	Зеленая сущность процесса
1	Зеленое проектирование	Проектировать энергетически эффективные и не влияющие на окружающую среду продукты и процессы
2	Зеленое производство	Производить компоненты информационных систем с минимальным влиянием на окружающую среду
3	Зеленое использование	Уменьшать потребление энергии компонентами и вредное влияние информационных систем
4	Зеленая ликвидация	Выводить компоненты информационных систем из эксплуатации с минимальным влиянием на окружающую среду

#### 2. Способы решения задач обеспечения экологичности создания и применения программного обеспечения.

Конкретные действия, которые следует предпринимать при построении зеленой информационной системы состоят в следующем [13]:

- изучить лучший опыт и использовать Climate Savers Calculator;
- выбрать оборудование, используя Electronic Product Environmental Assessment Tool;
- найти, где утилизировать компоненты;
- повысить эффективность центров данных, используя PC Pro Software Tool Suite;
- использовать мультифункциональные принтеры и копиры, которые уменьшают энергопотребление и отходы;
- оценивать потребление и стоимость электроэнергии с помощью калькулятора, например, Energy Star.

#### 3. Критерии оценки «зелености» информационных систем, технологий и программного обеспечения

Формулируются рекомендации для разработчиков программного обеспечения зеленых информационных технологий [13]:

– организовать эффективное потребление электроэнергии, используя интерфейс ACPI и виртуализацию;

– переводить компьютер в режимы пониженного энергопотребления в промежутки времени, когда информационные технологии не обрабатывают данные;

– использовать в программном обеспечении многопоточную обработку данных;

– следить за распределением динамической памяти.

#### 4. Методы, принципы и средства создания зеленых систем и технологий.

Зеленые технологии состоят из следующих элементов [14]: зеленый бизнес, зеленые информационные системы и зеленая энергия. Для зеленого бизнеса характерно внедрение зеленого производства, корпоративная и социальная ответственность. Зеленые информационные системы помогают сохранять ресурсы и рационально перерабатывать отходы. Зеленая энергия должна быть возобновляемой, а ресурсы надо экономно потреблять и тщательным образом подходить к организации процесса их утилизации. Озеленение информационных систем и технологий – это выполнение действий, направленных на повышение зрелости процессов, которые обеспечивают

зелёность систем и технологий. Чтобы озеленять информационные технологии можно использовать следующие подходы [13]:

– тактический, инкрементный – ставятся отдельные цели, проводятся простые измерения, реализуются отдельные операции по озеленению не требующие больших затрат, например, уменьшение потребления энергии информационной системой и офисом в целом;

– стратегический – выполняется аудит организации и разрабатывается план, охватывающий разные аспекты озеленения, включая бизнес, информационную технологию, маркетинг, имидж;

– глубокий – дополняя стратегический подход измерениями, например, количества углекислого газа, и проводя широкие и систематические мероприятия, достигают комплексного озеленения всей организации.

Очевидно, что начинать следует с первого подхода, ставя целью осуществлять конкретную деятельность в соответствии с третьим подходом. Рекомендуются, в связи с этим, вводить в структуру организации руководителей подразделения, которые будут реализовывать выбранный подход. Зеленый руководитель – Chief Green Officer должен осуществлять следующее [14]:

– уменьшать вредное влияние организации на окружающую среду;

– привлекать заказчиков и инвестиции для реализации зеленых инициатив;

– искать новые возможности для получения прибыли, используя зеленую концепцию.

### **III. Ресурсосберегающие и безотходные технологии создания программного обеспечения и систем**

Рассматриваются ресурсосберегающее производство и безотходные (clean, lean) технологии. Даются общие понятия, особенности безотходных технологий программного обеспечения.

#### *1. Ресурсы, ресурсосберегающие производство и технологии, безотходные технологии*

Ресурсосберегающее производство – это производство и реализация продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла, с наименьшим воздействием на человека и природные системы [15]. Такое производство – залог устойчивого развития. Основной ресурс ресурсосберегающего производства – это ресурсосберегающая технология.

#### *2. Ресурсы инженерии программного обеспечения, которые являются основой ресурсосберегающих и безотходных технологий создания и сопровождения программного обеспечения и систем*

Рассматриваются существующие ресурсы инженерии программного обеспечения, которые играют важную роль и могут использоваться как основа для построения ресурсосберегающих и безотходных технологий разработки и сопровождения программного обеспечения – компонентные технологии проектирования и конструирования, методы утилизации, доменная инженерия, наследуемое программное обеспечение, утилизация программного обеспечения. В 1984 году, в начале исследований, связанных с повторным использованием программного обеспечения обращалось внимание на то, что с годами количество принципиально новых применений вычислительных машин уменьшается, а сопровождаемое программное обеспечение, которое впоследствии стали называть наследуемым, содержало опыт, который следовало повторно использовать при создании нового программного обеспечения [16]. В жизненном цикле, в контексте фазы ликвидации были идентифицированы процессы, которые связаны с утилизацией программного обеспечения [17]: повторное использование, восстановление и переработка наследуемого программного обеспечения.

#### *4. Задачи исследования ресурсосберегающих и безотходных технологий создания и сопровождения программного обеспечения и систем*

Безотходная технология – это практическое применение знаний, методов и средств с тем, что бы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду. Понятие безотходной технологии затрагивает не только производственный процесс, но и конечную продукцию, которая должна характеризоваться следующим: долгим сроком службы продуктов; возможностью многократного использования; простым ремонтом; легкостью возвращения в производственный цикл или переводом в экологически безвредную форму после выхода из строя. Понятие безотходной технологии носит условный характер и является теоретическим пределом, совершенной моделью производства, которая в большинстве случаев может быть реализована не в полной мере, а лишь частично. Отсюда

появилось понятие малоотходной или чистой технологии [18]. Различается два типа чистой технологии - на основе компонентного подхода и бережливые технологии. Эти типы технологий рассматриваются в разделе.

#### **V. Экосистемы программного обеспечения**

Рассматриваются экосистемы программного обеспечения, задачи их исследования.

##### *1. Экосистема программного обеспечения*

Если при становлении инженерии программного обеспечения, программа была результатом усилий независимых разработчиков программного обеспечения, направленных на создание монолитного продукта, то современное программное обеспечение стало зависимым от компонентов и инфраструктуры сторонних разработчиков и открытых источников. Программное обеспечение не имеет физических ограничений, а только концептуальные, социальные и экономические. Поэтому, отношения между компаниями-разработчиками программного обеспечения, обслуживающими компаниями, пользователями и другими субъектами рассматриваются в среде программного обеспечения, где поставщики и покупатели программных продуктов, компонентов и технологий совместно создают конкурентоспособные решения. Такие среды получили название экосистем программного обеспечения [12]. Е-программа является основой экосистем программного обеспечения [19]. В определение экосистем программного обеспечения включают три понятия: (1) субъекты, организации и предприятия; (2) сети, социальные или бизнес-экосистемы; (3) программное обеспечение. Экосистемы программного обеспечения представляют собой набор участников (1, 3), отношения между ними (2), функционирующих как единое целое, и взаимодействующих с общим рынком программного обеспечения и услуг. Отношения часто основаны на единой технологической платформе или рынке и выражаются в обмене информацией, ресурсами и артефактами.

##### *2. Аспекты исследования экосистем программного обеспечения*

Программное обеспечение с помощью экологического подхода может исследоваться в двух аспектах – программное обеспечение в составе экосистемы и программное

обеспечение как экосистема. Программное обеспечение характеризуется следующим:

- изменением (развитием) – непереносимое свойство программного обеспечения, обусловленное наличием обратных связей и связанное с законами эволюции программ;

- наличием метасистемы, которая включает субъекты и продукты деятельности, процессы и организацию, содержит большое количество обратных связей, стабилизирующих внутренних механизмов, влияющих на процессы планирования, управления и повышения их эффективности. Эффективное планирование создания и обслуживания программного обеспечения требует понимания его места в метасистеме, а также взаимодействий как между элементами, так и внутри них.

##### *3. Задачи исследования экосистем программного обеспечения. Мониторинг экосистем*

Для изучения программного обеспечения целесообразно применить экологический подход, исследуя экосистемы, содержащие программное обеспечение, и решая, например, следующие задачи:

- оценка качества исследуемого программного обеспечения – как части экосистемы;

- понимание причин влияющих на программное обеспечение, изменение компонентов, источников и факторов воздействий;

- прогноз устойчивости программного обеспечения как части экосистем и допустимости изменений.

Тогда, одна из основных задач обеспечения исследований – мониторинг, будет состоять в сборе, накоплении, систематизации и анализе информации о количественном характере взаимосвязей внутри программного обеспечения, между программным обеспечением и средой - экосистемой. Таким образом, для выполнения исследований должен быть организован мониторинг программного обеспечения в контексте экосистемы, а исследование программного обеспечения, как части экосистемы должно осуществляться на основе экологического подхода, например, в следующих аспектах:

- морфологическом – исследуется устройство экосистемы и изменения;

- функциональном – исследуются функции компонентов экосистемы, обычно в терминах входных, выходных и управляющих



параметров, возмущающих воздействий и параметров состояния.

## **VI. Моделирование экосистем систем программного обеспечения**

Моделирование является важным научным эмпирическим методом исследования объектов и их отношений.

### *1. Проблемы моделирования в экологии программного обеспечения*

В научных и инженерных дисциплинах, объекты познания исследуются с помощью моделей. Рассматриваются проблемы моделирования экосистем программного обеспечения, задачи и средства моделирования.

### *2. Средства моделирования экосистем программного обеспечения*

Существуют следующие средства моделирования экосистем программного обеспечения [20]: *i\** модели; нормативные *i\** модели; Software Supply Network - (SSN); Product Deployment Context - (PDC). Рассматриваются два типа *i\** моделей - SD модели и SR модели. Первый тип, модель стратегических зависимостей (SD) представляет собой сеть направленных отношений зависимостей между актерами экосистемы (1). Зависимость указывает, что один актер, каким-то образом зависит от другого актера. Второй тип, стратегическая модель (SR) специфицирует цели, задачи, ресурсы и мягкие цели для каждого участника. Если *i\** модели ориентированы на представление взаимодействия норм, актеров и целей, то модель называется нормативной [21]. Модель экосистемы программного обеспечения представляется диаграммами SSN и PDC. Метрическое обеспечение экосистем включает метрики, позволяющие оценивать экосистемы в разных аспектах, например, существуют следующие метрики: степень связей; средняя длина пути; коэффициент кластеризации; плотность сети.

### *3. Задачи исследования экосистем*

Для изучения программного обеспечения целесообразно применить экологический подход, исследуя экосистемы, содержащие программное обеспечение, и решая, например, следующие задачи:

– оценка качества исследуемого программного обеспечения – как части экосистем;

– понимание причин, влияющих на программное обеспечение, изменение компонентов, источников и факторов воздействий;

– прогноз устойчивости программного обеспечения как части экосистем и допустимости изменений.

Тогда, одна из основных задач исследований – мониторинг будет состоять в сборе, накоплении, систематизации и анализе информации о количественном характере взаимосвязей внутри программного обеспечения, между программным обеспечением и средой – экосистемой.

## **VII. Программное обеспечение как экосистема**

Программное обеспечение можно исследовать как экосистему. В этом аспекте рассматривается два типа взаимодействий – внешние и внутренние.

### *1. Типы взаимодействий в программном обеспечении как экосистемы*

Внешние взаимодействие обусловлены наличием других экосистем. Например, очень часто программное обеспечение используется в составе или рядом с другим программным обеспечением, о существовании которого разработчик не мог знать. При этом эволюция такого программного обеспечения зависит от эволюции других приложений, а интерес представляют задачи создания моделей таких экосистем и моделей их эволюции.

Внутренние взаимодействия обусловлены наличием в программном обеспечении клонов программ, программ-агентов, «обществ» программ. Ставятся задачи исследования устройства такого программного обеспечения, принципов взаимодействия членов «обществ» программ и «обществ» между собой [22].

## **6. Глоссарий**

Концепция устойчивого развития - подходу к пользованию ресурсами, предположенный не только их потребление, но и развитие.

Зеленые вычисления – вычисления отвечающие требованиям зелены.

Зеленые информационные системы – это такие, которые отвечают экологическим принципам концепции устойчивого развития.

Зеленые технологии – состоят из следующих элементов: зеленый бизнес, зеленые информационные технологии и зеленая энергия.

Зеленое программное обеспечение – программное обеспечение, отвечающее требованиям зелены.

Эко принципы:

Эко-эффективность (eco-efficiency) – следуя принципу нужно в деятельности применять меньше методов и средств, которые

вредят природе и неэффективно используют невозобновляемые ресурсы.

Эко-справедливость (eco-equity) – следуя принципу нужно равно распределять ресурсы между живущим и следующими поколениями.

Эко-результативность (eco-effective) – следуя принципу надо полностью прекращать негативные влияния на окружающую среду.

Экосистема программного обеспечения – часть реального мира, в котором наследуется программное обеспечение.

Экология программного обеспечения – раздел инженерии программного обеспечения, изучающий программное обеспечение с позиций экологического подхода

Программное обеспечение как экосистема – подход к изучению экосистем программного обеспечения как к экосистеме.

Моделирование экосистем программного обеспечения – подход к изучению экосистем программного обеспечения с помощью моделей.

#### Литература

1. Robert W. Kates, Thomas M. Parris. What is sustainable development?. – issue of Environment: Science and Policy for Sustainable Development, – vol. 47. – n.3. – 2005. – pp 8 – 21.

2. [Chen, 2008] I. W. Chen, R.T. Watson Information systems and ecological sustainability. – Journal of systems and Information technology. – v. 140. – n.3. – 2008. – pp. 186 – 201.

3. [Сидоров, 2006] М.О.Сидоров. Экология программного обеспечения. – Материалы Всеукраинской конференции аспирантов и студентов «Инженерия программного обеспечения 2006» – К.: НАУ, 2006.

4. Сидоров Н.А. Экология программного обеспечения / Н.А.Сидоров // Инженерія програмного забезпечення. – 2010. – №1. – С. 53 – 61.

5. Бондаренко М., Сидоров М., Морозова Т., Мендзевровський І. Модель випускника бакалаврату «Програмна інженерія» (З досвіду роботи науково-методичної підкомісії 050103)/ М. Бондаренко, М. Сидоров, Т. Морозова, І. Мендзевровський // Вища школа. – 2009. № 4. – С. 50-61.

6. <https://livenaunet-public.sharepoint.com/абітупієнту>.

7. [Dyllick, 2002] I. Dyllick, K. Hockerts Beyond the business case for corporate sustainability. –

Busenes strategy and the Environment. – vol. 11. – pp. 130 – 141.

8. E.P. Odum. The strategy of ecosystem development. – Science. – 164: 262 – 270. – 1969.

9. [IBM Software, 2008 ] IBM Software: A green strategy for your entire organization. IBM Software for a greener world June. 2008. NY 10589. U.S.A. Produced in the United States of America. May 2008.

10. [Турнов, 2008] Н. Турнов. Зеленый свет для ASUS // PC WEEK/UE. – 24(93). – 2008.

11. [Сидоров, 1994] Н.А. Сидоров. Утилизация программного обеспечения - экономический аспект // Кибернетика и системный анализ – 1994. – №.3. – С. 151 – 166.

12. [Messersmith, 2003] D.G. Messersmith, C. Szyperki. Software Ecosystems: Understanding an Indispensable Technology and Industry. – MIT press. – 2003. – p. 233.

13. Сидоров Н.А. Зеленые информационные системы: Инженерія програмного забезпечення. – 2011. – № 3(7). – С. 5-12

14. Velte T. Green IT / T.Velte, A.Velte, R. Elsenpeter // Mc.Grawhill. – New-York. – 2008. – p. 305.

15. [Мазур, 2006] И.И. Мазур, О.И. Молданов. Курс инженерной экологии: – М.: Высш.шк., 1999. С. – 447.

16. [Biggerstaff, 1984] T. Biggerstaff. Foreword //IEEE Trans. on Software Engineer. v. 10, n.5, – 1984. – pp. 474 – 476.

17. [Сидоров, 1990] Н.А. Сидоров, А.Н. Шарпа. Средство для утилизации программного обеспечения // УСиМ. – 1990. – №5. – С. 50 – 54.

18. Попендик М., Попендик Т. Бережливое производство программного обеспечения: от идеи до прибыли : Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. С. – 256.

19. [Lehman, 1985] M.M. Lehman, L.A. Belady. Program Evolution. – Academic Press. – 1985. – p. 532.

20. Yu E. & Mylopoulos J.M., 1994, 'Understanding “Why” in Software Process Modelling, Analysis and Design', Proceedings, 16<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering, IEEE Computer Society Press, 159 – 168.”

21. Siena, A. Engineering Normative Requirements. 1<sup>st</sup> International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS'07), 2007.

22. [Любимский, 2009] Э.З. Любимский. На пути к построению общества программ. – Программирование. – №1. – 2009. – С. 4 – 10.

#### Сведения об авторе:



**Сидоров Николай Александрович** – д.т.н., проф., декан факультета компьютерных наук, заведующий кафедры инженерии программного обеспечения Национального авиационного университета. Научные интересы: инженерия программного обеспечения, обучение.

**e-mail:** nikolay.sidorov@livenau.net