

Объектно-ориентированное описание предметной области при моделировании процессов ликвидации последствий аварийных разливов нефти

77-30569/292475

11, ноябрь 2011

Черненький В. М., Ерцев П. Г.

УДК 004.001.57

МГТУ им. Н.Э. Баумана
chernen@bmstu.ru

Статья посвящена проблеме описания природной среды в процессах ликвидации аварийных разливов нефти. С точки зрения объектно-ориентированного подхода экологическая среда и предметы физического мира, или, другими словами природно-техногенный агломерат (ПТА), рассматриваются в виде структурированной системы компонентов и связанных с ними процессов. При выделении компонентов из природной окружающей среды встает проблема определения степени однородности характеристик, по которой можно различать равнозначные по свойствам компоненты в различных состояниях. Так, например, компонента «торф» на загрязненной территории может иметь различную степень разложения и может рассматриваться как единая компонента с усредненной степенью разложения, либо как множество компонентов «торф» с различными значениями характеристики «степень разложения».

Для решения этой задачи предлагается выполнить пространственную декомпозицию путем задания сетки в плоскости xy и разбиения по оси z . Мы исходим из того, что природная окружающая среда рассматривается в дискретном трехмерном пространстве R^3 , состоящем из множества ячеек $\{r_{xyz}\}$. Ячейки формируются следующим образом:

- плоскость xy разбивается на равные *секции* (равносторонние четырехугольники);
- грани ячеек в плоскости z формируются из плоскостей, ортогональных плоскости xy и проходящих через ребра секций;

- верхние и нижние грани ячеек формируются путем деления пространства R^3 перпендикулярно оси z на слои переменной высоты;
- совокупность ячеек по оси z , опирающихся на одну секцию, образуют столб.

Каждая ячейка имеет свою высотную отметку в столбе, равную усредненной высотной отметке поверхности земли в точке x . Разбиение на слои перпендикулярно оси z производится вне зависимости от значения этой высотной отметки.

Каждый слой характеризует некоторую функционально- или структурно-однородную область моделируемого пространства, ограниченную сверху и снизу двумя поверхностями, а с краев — границами пространства. Под функциональной или структурной однородностью понимается некоторый набор признаков, позволяющий рассматривать все компоненты и связанные с ними природные закономерности из данной области пространства в качестве единого целого.

Формы поверхностей, определяющих границы слоев, определяются формой поверхности земли и высотой слоев. Высота слоев может быть:

- фиксированной (в этом случае поверхности, ограничивающие слой, имеют одинаковую форму);
- переменной (может меняться как во времени, так и в пространстве, высоты для каждой ячейки слоя являются независимыми и определяются объемом содержащегося в ячейке вещества или суммарным объемом компонент, находящихся в ячейке).

Так, примером слоя фиксированной высоты может служить поверхностный слой грунта толщиной 0.1 метра. Верхняя ограничивающая поверхность этого слоя совпадают с поверхностью земли, а нижняя имеет такую же форму, но расположена ниже поверхности земли на 0.1 метра.

Примером слоя переменной высоты может служить слой поверхностной аварийной нефти, для ячеек которого высота определяется в зависимости от количества содержащейся в них нефти и меняется во времени и пространстве в процессе растекания нефти по поверхности (и под воздействием других естественных природных закономерностей). Количество слоев и их высоты зависят от поставленной задачи (рисунок 1)



Рисунок 1. Пример разбиения столба по слоям

Все моделируемое пространство подразделяется на *внутренние* области, не соприкасающиеся с границей пространства, и *пограничные* области. *Пограничной секцией* назовем секцию, имеющую не более трех общих ребер с другими секциями территории. *Пограничным слоем* назовем слой, для которого не существует либо нижележащих, либо вышележащих слоев. Ячейки пограничных слоев и слоев пограничных секций назовем *пограничными ячейками*. Пограничные ячейки в совокупности формируют некоторую внешнюю среду системы. Пример разбиения на секции с выделением пограничных ячеек приведен на рисунке 2.

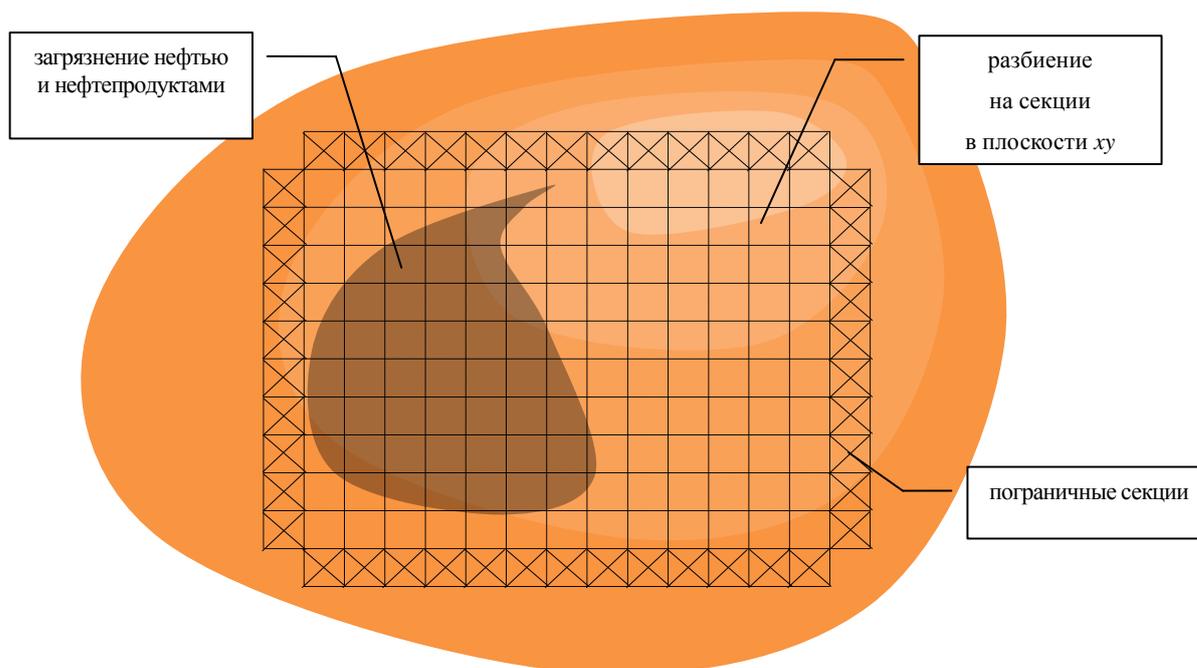


Рисунок 2. Пример разбиения загрязненной территории на секции в плоскости xy .

Определим, что все компоненты, находящиеся в пограничных ячейках, не связаны с природными закономерностями (меняют состояние только в результате внешнего воздействия) и обладают свойством *восстановления стабильного состояния*, выражающееся в сходимости рядов во времени значений параметров пограничных компонентов к их первоначальным значениям по некоторому заранее определенному правилу.

Компоненты будем описывать в виде набора параметров, а закономерности — в виде правил изменения параметров во времени.

Параметром назовем качественную или количественную характеристику компонента, описывающую некоторое *свойство* данного компонента. Пример описания компонента приведен на рисунке 3.

Правилом преобразования компонентов назовем правило, отражающее действие на параметры компонента некоторой природной закономерности.

ПОЧВОГРУНТЫ
гранулометрическая кривая почвогрунтов (кривая распределение массы почвогрунтов по среднему диаметру частиц, т.е. по фракциям)
масса твердой фазы почвогрунтов в единице объема, кг
плотность твердой фазы почвогрунтов, кг/м ³
масса почвогрунта вместе с порами, заполненными водой и воздухом в единице объема, кг
коэффициент пористости
доля торфяной (или минерал.) составляющей почвогрунтов, %

Рисунок 3. Совокупность параметров для компонента «почвогрунты»

К основным типам преобразований компонентов с сохранением количества вещества относятся:

- преобразование разложения
- преобразования синтеза
- преобразование трансформации
- внутреннее преобразование.

Преобразование разложения отражает способность одного компонента к образованию двух новых компонентов. Для преобразования разложения характерно уменьшение количества исходного компонента одновременно с увеличением количества двух результирующих компонентов. При необходимости преобразование разложение может быть расширено для случая разложения компонента на три и более компонентов.

Преобразование синтеза отражает способность двух компонентов к синтезу одного нового компонента. Для преобразования синтеза характерно уменьшение количества двух исходных компонентов с одновременным увеличением количества результирующего компонента. При необходимости преобразование синтеза может быть расширено для случая синтеза нового компонента из трех и более компонентов.

Преобразование трансформации отражается способностью перехода одного компонента в другой компонент, имеющий отличные характеристики и свойства.

Преобразование трансформации является частным случаем преобразования разложения, когда результирующий компонент только один.

Внутреннее преобразование отражается способностью компонента к изменению своих внутренних характеристик во времени.

При описании взаимодействия преобразований между ячейками используем принцип близкодействия, когда это взаимодействие разрешено только в пределах ближайших двух уровней единичного столба для вертикального перемещения и в пределах ближайших четырех ячеек в пределах одного уровня по горизонтали.

Набор параметров, характеризующий некоторый компонент, а так же множество связанных с ним правил изменения параметров назовем *объектом*. Под *объектом* будем понимать некоторую поименованную совокупность набора параметров и множества правил изменения этих параметров.

Все объекты обладают следующими свойствами:

- *однородностью*: объект является функционально и структурно однородным и неделимым, количество объекта выражается численным параметром и может меняться;
- *устойчивостью*: объект устойчив и сохраняет внутреннюю структуру и функции на протяжении всего времени моделирования;
- *динамичностью*: параметры объектов подвержены изменениям во времени;
- *иерархичностью*: факт нахождения одного компонента внутри другого (например воды в грунте) отражается при помощи свойства иерархичности объектов. Объект, называемый *родительским*, может содержать в себе другие объекты, называемые *дочерними*.
- *взаимосвязанностью*: все объекты объединены в определенного вида иерархическую структуру (в соответствии со свойством иерархичности), положение и объем каждого объекта однозначно идентифицируются;
- *сохранением количества*: увеличение или уменьшение количества (или любой другой характеристики) одного объекта всегда связано с соответствующим уменьшением или увеличением количества (или характеристики) другого объекта.

Помимо подразделения на внутренние и внешние объекты, все объекты моделируемого пространства могут быть разделены на *реальные* и *виртуальные*.

Под *виртуальным объектом* будем понимать объект, присутствующий в системе с количественной мерой нуль (все параметры которого равны нулю). Объекты, с

количественной мерой, отличной от нуля, будем называть *реальными объектами* или просто *объектами*.

Виртуальные объекты характеризуют потенциальную возможность присутствия реального объекта в определенном месте моделируемого пространства.

Выберем дерево в качестве математического выражения свойства иерархичности объектов моделируемого пространства. Отношение предшественник-наследник в дереве будем считать выражением связи родительского объекта с дочерним, отражающей факт нахождения одной компоненты внутри другой. Пример дерева приведен на рисунке 4.

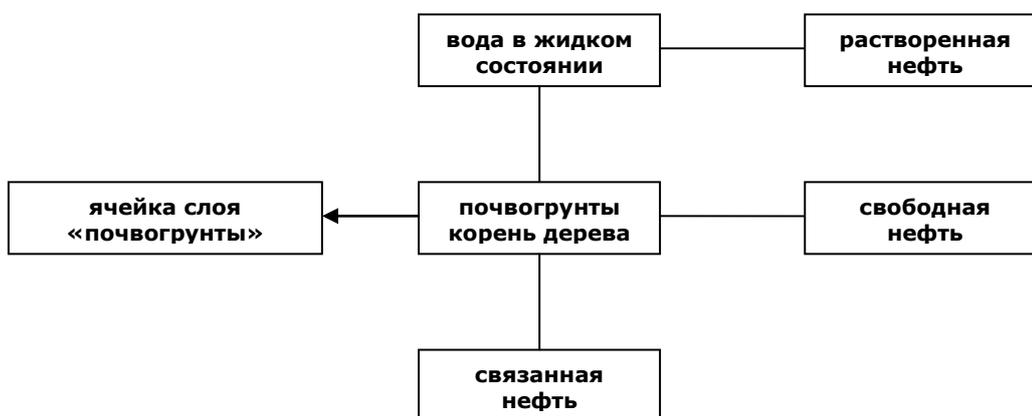


Рисунок 4. Представление смеси в виде дерева

Будем считать, что в каждой отдельно взятой ячейке моделируемого пространства может находиться ограниченное, заранее известное количество реальных и/или виртуальных объектов и среди этих объектов можно выделить один и только один объект, являющийся корнем дерева, объединяющего остальные объекты ячейки.

Будем говорить, что дерево, объединяющее весь возможный набор реальных и виртуальных объектов одной ячейки, находится в *насыщенном состоянии*.

Любое дерево при необходимости может быть дополнено до насыщенного состояния с использованием виртуальных объектов.

Совокупность деревьев системы назовем *лесом*. Лес описывает структуру и состав всех ячеек моделируемого пространства.

Таким образом, основными аспектами предметно-ориентированного описания являются: компонентная декомпозиция (описание ПТА в виде множества компонентов), смеси компонентов, пространственная декомпозиция (задание сетки и вертикали), элементарные столбы смесей, граничные столбы смесей. Все преобразования компонентов делятся на несколько основных типов: межкомпонентные преобразования разложения,

синтеза, трансформации, внутреннего преобразования и стабилизации и преобразования горизонтального и вертикального перемещения.

Модели природной окружающей среды, разработанные с учетом вышеприведенных допущений, применимы для решения многих прикладных задач, где необходима сравнительная оценка различных вариантов развития систем, в том числе для решения инженерных задач разработки проектов восстановления загрязненных земель при аварийных разливах нефти.

Объектный подход и алгоритмическая форма описания природных закономерностей позволят создавать модели большой сложности и высокой размерности, что в сочетании с возможностями контроля за ходом вычислительного эксперимента и управления им, является существенным преимуществом по сравнению с традиционными способами описания предметной области.

Список использованных источников

1. Арчегова И.Б., Евдокимова Т.В., Котелина Н.С., Кузнецова Е.Г., Маркарова М.Ю., Полшведкин В.В., Турубанова Л.П. Рекультивация земель на Севере (Вып. I). Рекомендации по рекультивации земель на Крайнем Севере. – Сыктывкар, 1997. – 34 с.
2. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. /Под ред. М.И. Глазовской. - М.: Наука, 1988. – 254 с.
3. Ерцев П.Г. Метод объектно-ориентированного имитационного моделирования загрязненных территорий при аварийных разливах нефти // Мат. Второй научно-практической конференции «Применение компьютерных технологий в экологии, водном хозяйстве и землеустройстве», г. Сыктывкар, 6-9 октября 2008 г. – Сыктывкар, 2008. 154 с.
4. Пашковский И.С., Коннов Д.В., Клейн И.С., Кржиж Л., Мотейл П. Применение математического моделирования при ликвидации загрязнения почвы и подземных вод нефтепродуктами // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2002. №5. с.436-441
5. Хомяков Д.М. Имитационное моделирование влияния абиотических факторов на гео- и агроэкосистемы для экологической экспертизы и управления продуктивностью земледелия: автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.13.16. Институт проблем управления. М.: 1995 – 42 с.
6. Черненький В.М. Иммитационное моделирование. М. : Высшая школа, 1990.

7. Черненький В.М. Процессно-ориентированная концепция системного моделирования АСУ: диссертация ... доктора технических наук: 05.13.06, М., 2000 - 299 с.ил.
8. Черненький В.М., Ерцев П.Г. Некоторые вопросы имитационного моделирования ликвидации последствий аварийных разливов нефти // Мат. Четвертой научно-практической конференции «Экологические работы на месторождениях нефти Тимано-Печорской провинции. Состояние и перспективы». г. Усинск, 11-15 сентября 2006 г. – Сыктывкар, 2006. с. 114-120, 288 с.

Object-oriented description of subject domain when modeling elimination of oil spills

77-30569/292475

11, November 2011

Chernen'kii V.M., Ercev P.G.

Bauman Moscow State Technical University
chernen@bmstu.ru

Articel is devoted to the problem of environment description when eliminating oil spills. It was suggested to create an object-oriented description of subject domain in order to further research with simulation methods. To create the concept of object, the spatial decomposition was produced. After forming 2D mesh in the xy plane and the decomposition of z axes, it became possible to use the concept of cell, layer and section. A cell is characterized with a set of components within its limits; these components are organized as a tree. Components are characterized with parameters; basic operations such as decomposition, synthesis, transformation, internal conversion and operations of component movement are defined over these parameters. It was proposed to used an algorithmic model for the description of conversion processes.

Publications with keywords: [simulation](#), [object-oriented description](#), [algorithmic model](#), [decomposition](#), [conversion processes](#), [elimination of oil spills](#)

Publications with words: [simulation](#), [object-oriented description](#), [algorithmic model](#), [decomposition](#), [conversion processes](#), [elimination of oil spills](#)

Reference

1. Archegova I.B., Evdokimova T.V., Kotelina N.S., Kuznetsova E.G., Markarova M.Iu., Polshvedkin V.V., Turubanova L.P., Recultivation of lands in the North, Iss.1, Syktyvkar, 1997, 34 p.
2. In; M.I. Glazovskaia, Restoration of contaminated soil ecosystems, Moscow, Nauka, 1988, 254 p.

3. Ertsev P.G., in: Proc. of the second scientifically-practical conference «Application of computer technologies in ecology, a water management and land management», Syktyvkar, October 6-9, 2008, Syktyvkar, 2008, 154 p.
4. Pashkovskii I.S., Konnov D.V., Klein I.S., Krzhizh L., Moteil P., Geoekologiya. Inzhenernaia geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya 5 (2002) 436-441.
5. Khomiakov D.M., Abstract PhD Thesis Dr.Sci.Tech., Moscow, 1995, 42 p.
6. Chernen'kii V.M., Simulation modeling, Moscow, Vysshaia shkola, 1990.
7. Chernen'kii V.M., The process - oriented concept of system modeling ACS (Dr.Sci.Tech. dissertation), Moscow, 2000, 299 p.
8. Chernen'kii V.M., Ertsev P.G., in: Proc. of the fourth scientifically-practical conference "Environmental work at oil deposits of the Timano-Pechora province. A condition and prospects", Usinsk, September 11-15, 2006, Syktyvkar, 2006, pp. 114-120.