

IV Совещание по интеграционному проекту № 50 «Модели изменения биосферы на основе баланса углерода (по натурным и спутниковым данным и с учетом вклада бореальных экосистем)»

ПОДХОД И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОПИСАНИЯ МАКРО- И МИКРОДИНАМИКИ ЭКОСИСТЕМ

Отдел системной биологии ИЦИГ СО РАН

Тимонов В.С., Суслов В.В., Брянская А.В., Ефимов В.М.,
Колчанов Н.А.

Цель и задачи

2

- Разработка подхода и средств компьютерной интерактивной поддержки в области исследований, связанных с сетевым моделированием экологических систем.
 - ▣ Построение универсальной компьютерной онтологии для описания макро- и макродинамики экосистем.
 - ▣ Определение правил для описания экосетей с учетом двудольного направленного представления их графов, необходимого для анализа существующими в открытом доступе алгоритмами;
 - ▣ Созданная комплексная онтология должна быть апробирована в рамках реальных задач;
 - ▣ Разработка подсистемы информационной интерактивной поддержки для пользователей EcoNetStudio на базе универсальной компьютерной онтологии описания макро- и макродинамики экосистем;
 - ▣ Формирование прикладных задач на будущий год.

Материалы и методы

За основу были взяты существующие теоретические и практические наработки ИЦИГ СО РАН за последние 10 лет.

Особенности описания экосистем

- Любая экологическая система динамична;
- Исходные данные, на которые опирается моделирование динамики, сильно зависят от размерного класса рассматриваемой экосистемы и применяемого подхода к выделению экосистемы;
- Основные блоки, между которыми происходит перенос вещества, в моделях стандартизированы (например, литомассы, педомассы, мортмассы, биомассы, водные массы и аэромассы) и отражают обобщенные показатели, полученные на основе характеристик, снятых через определенные промежутки времени с различных участков земной поверхности, горизонтов почв, аэромасс и т.д.
- дальнейшая детализация блоков часто нецелесообразна или невозможна из-за фрагментарности и/или отсутствия данных для выделяемых подблоков.

Особенности описания экосистем

- Разумное приближение к портретной детализации, определяемое задачами моделирования, остается актуальным для экосистем малой размерности или экосистем, включающих ограниченное число объектов или рангов объектов (например, озеро, участки древостоя), взаимодействия между которыми могут быть измерены и/или оценены.
- Особенностью работы с такими системами является нечетко формализованная терминологическая база. Стандартизация в данном случае должна касаться не набора выделяемых блоков, а онтологии - описания предметной области. Гибкая онтология позволяет аккумулировать описания различных экосистем и применять для их анализа стандартные методы (химико-кинетический подход, методы теории графов, сетей Петри и т.д.).

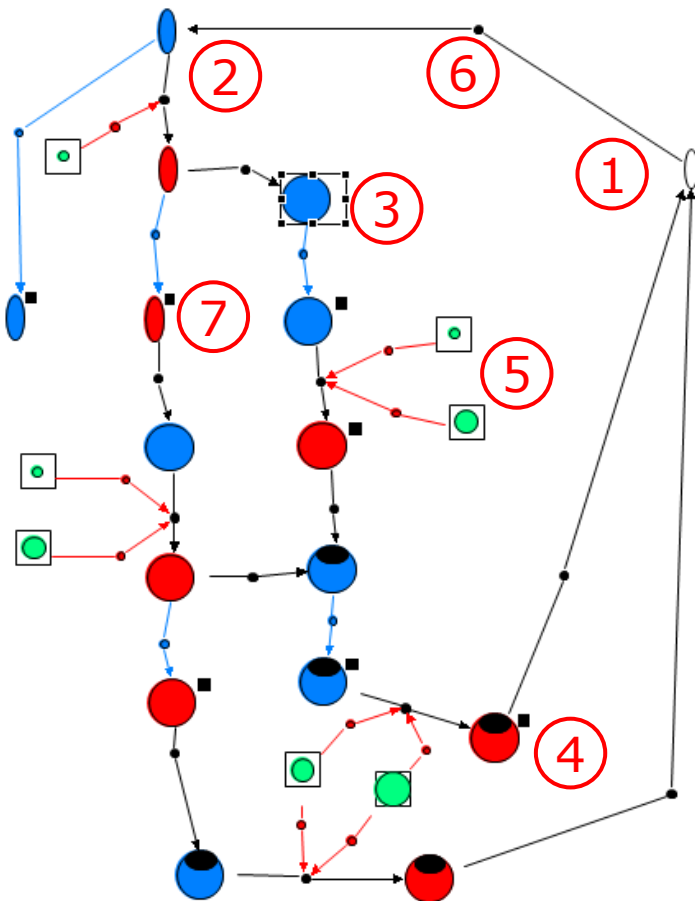
EcoNetStudio

Предназначен для визуальной реконструкции и дальнейшего анализа сетевых моделей экологических систем;

Предоставляет возможности расширения существующей и создания собственной онтологии.

Жизненный цикл Иксодового клеща: онтология, ориентированная на задачу

7

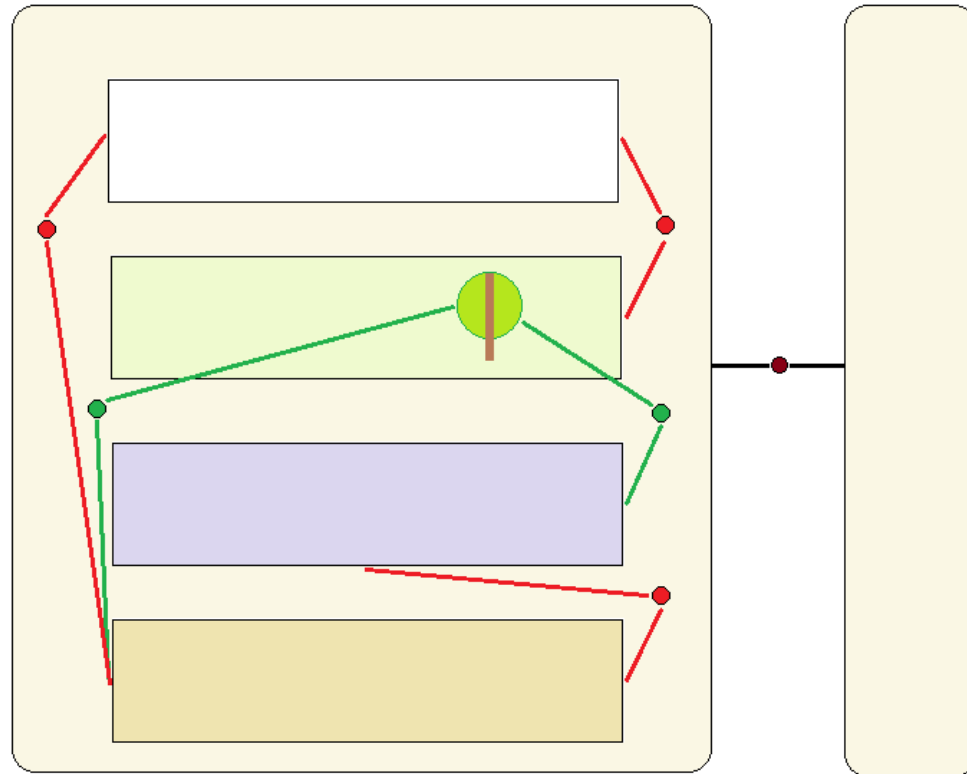


1. Яйцо;
2. Ларва;
3. Нимфа;
4. Имаго;
5. Хозяин;
6. Трансформация;
7. Диапауза.

- онтология, которую нет возможности эффективно повторно использовать;
- методы анализа должны быть ориентированы на такую онтологию.

Модель описания перехода углерода: онтология, ориентированная на задачу

8



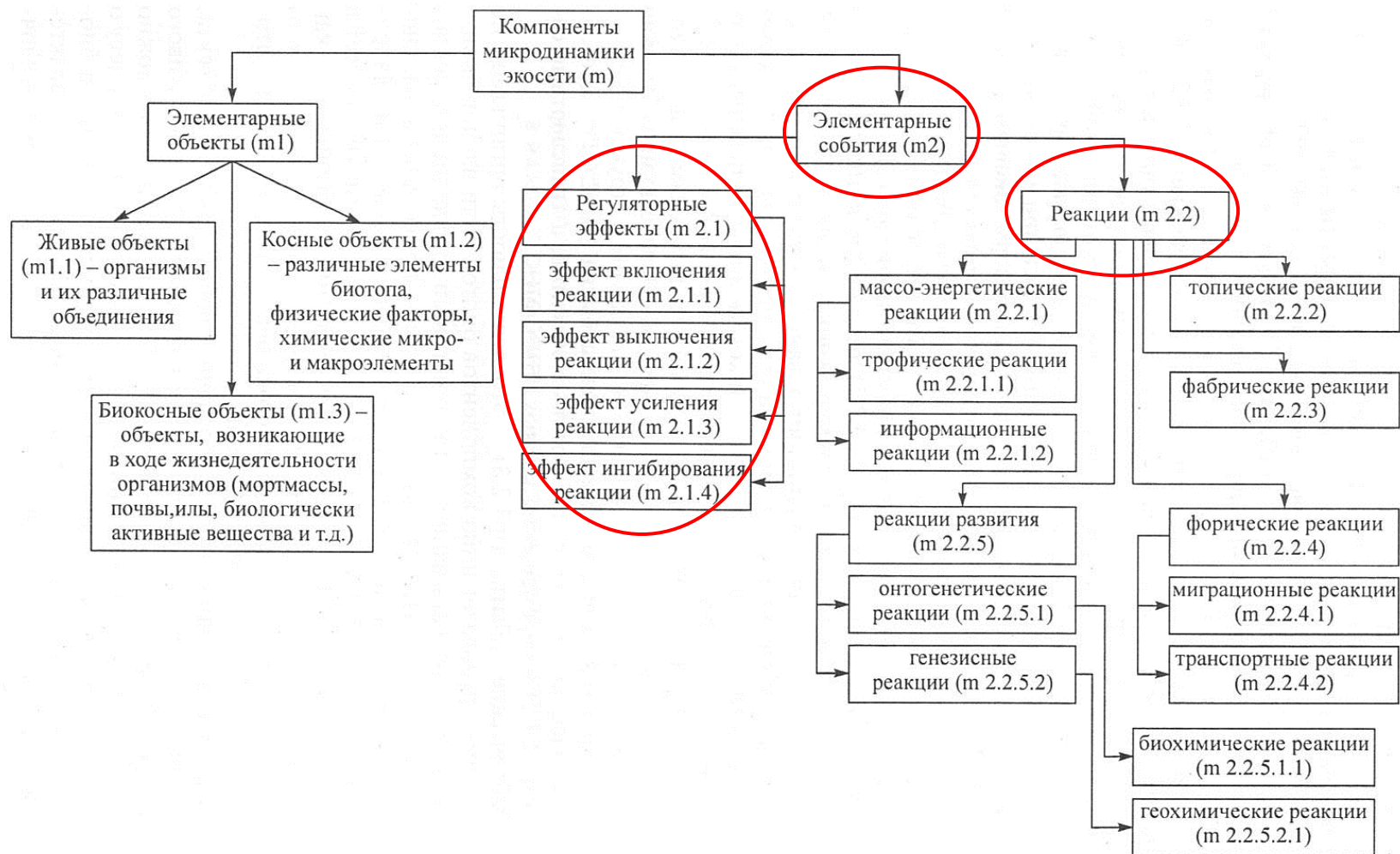
- онтология, которую нет возможности эффективно повторно использовать;
- методы анализа должны быть ориентированы на такую онтологию.

Концептуальные онтологии

- в 2006 году были официально предложены концептуальные онтологии;
- описание макродинамики (изменение структуры графа взаимодействий в экосистеме);
- описание микродинамики (фиксированная структура графа экосистемы при изменении “веса” отдельных ребер или вершин);
- прямое перенесение онтологий в компьютерную информационную систему влекло за собой трудности, связанные с невозможностью реконструкции сетевой модели экосистемы с помощью двух онтологий одновременно;
- возникла потребность в разработке общей универсальной компьютерной онтологии.
- были выявлены, обобщены и уточнены ключевые объекты (элементарные элементы и элементарные взаимодействия) в концептуальных онтологиях.

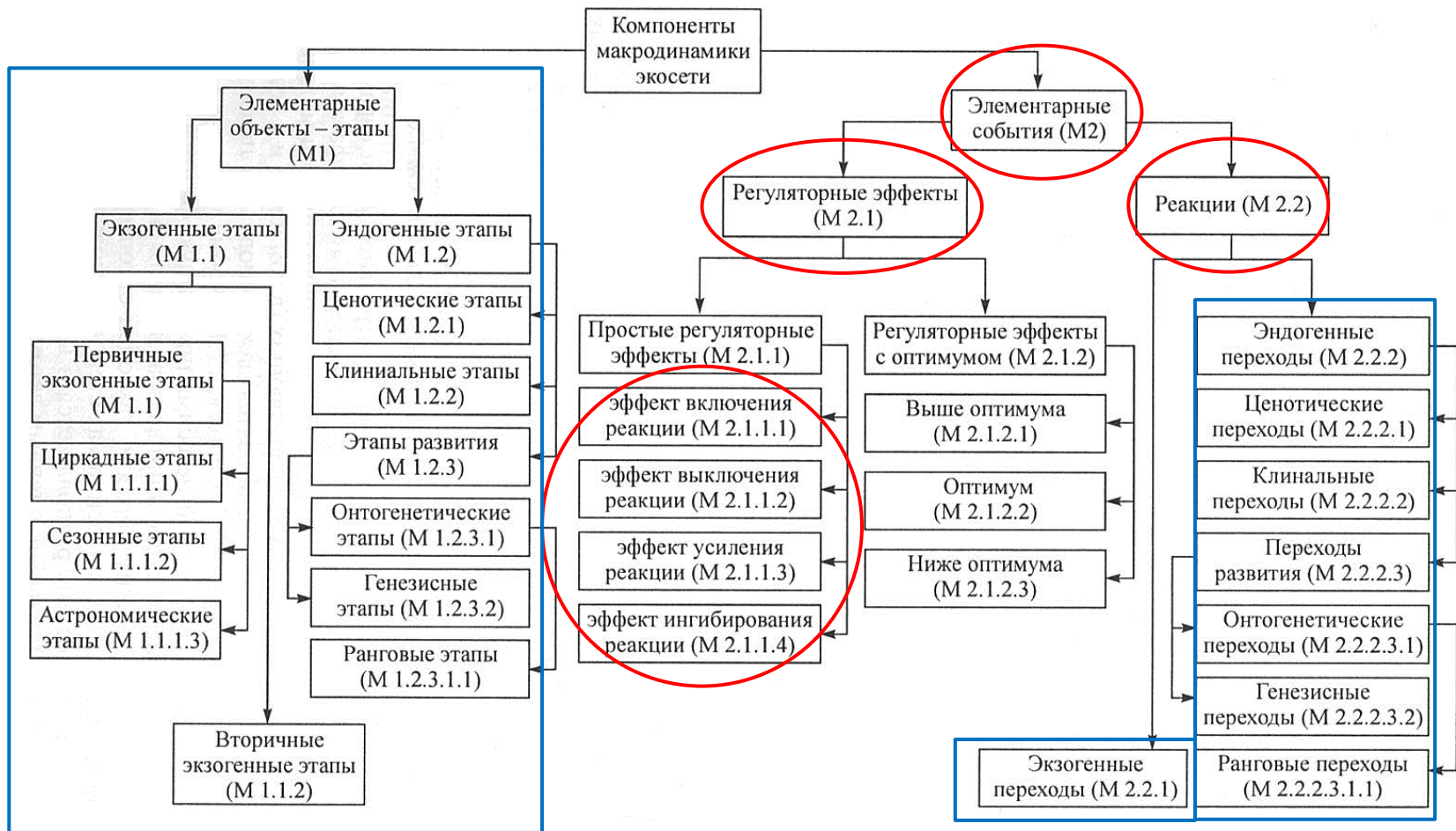
Концептуальная онтология описания микродинамики экосети (m)

10



Концептуальная онтология описания макродинамики

11



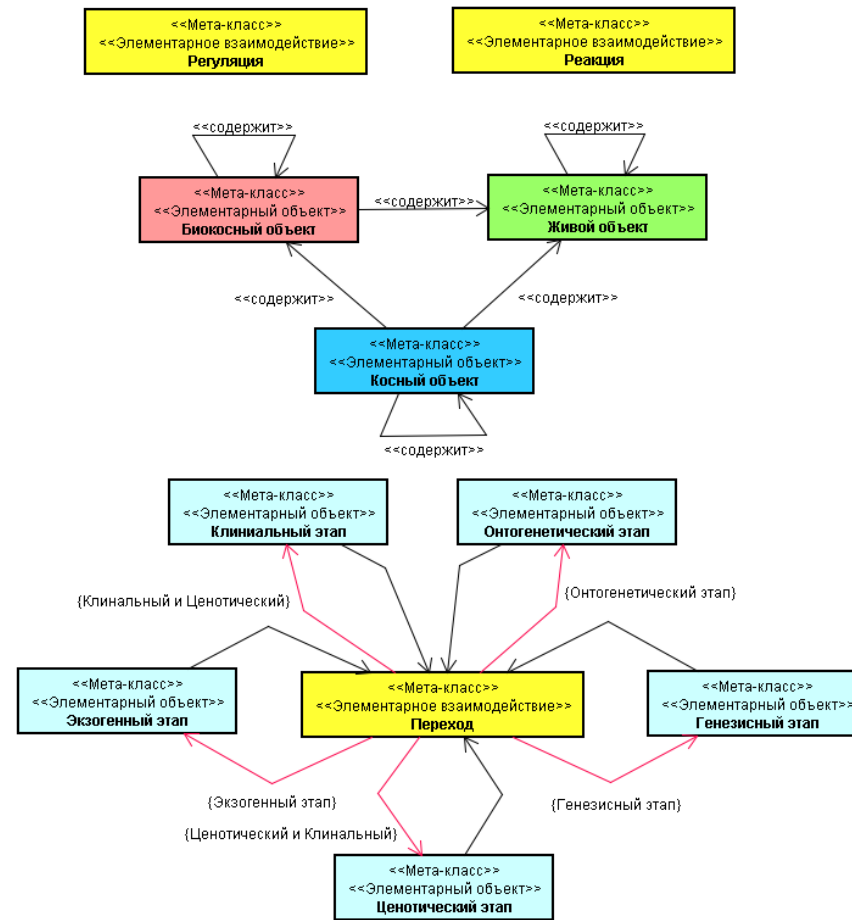
Результаты работы

На основе наличия и анализа приведенных материалов проведены работы, решающие поставленные задачи;

Основной результат: комплексная онтология для полуавтоматического *in silico* описания сетевых моделей экологических систем и дальнейшей разработки/адаптации методов их анализа.

Онтология в виде семантической сети

13



- также проведено подробное описание онтологии в рамках языка онтологии технологии ARANEUS и языке OWL (с помощью OntoStudio).

Онтология: общие характеристики

14

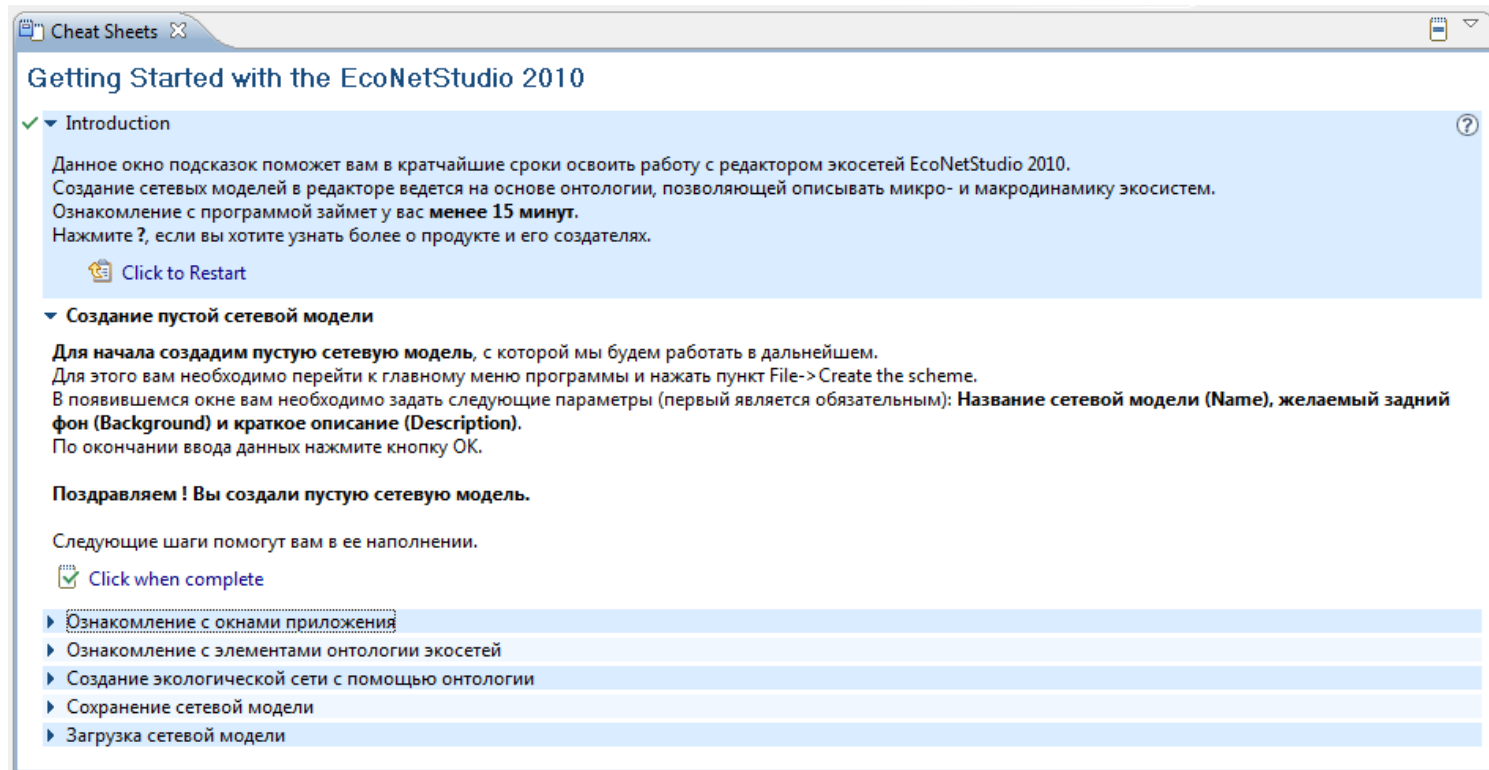
- Каждый из объектов онтологии обладает набором рангов, характеризующих элементы сетевой модели (уникальные параметры);
- реакции и регуляции обладают характером взаимодействий (трофическая, информационная, онтогенетическая и т.п.)
- всего насчитывается порядка 10 типов взаимодействий для реакций и 5 типов для регуляций.
- для описания сетевых моделей экосистем с учётом их макродинамики было сохранено понятие этапов.

Определение правил описания сети

- Опыт показал, что граф, отображающий модель сетевой модели (генной сети, экосистемы и др.) должен иметь вид двудольного направленного графа;
- в таком виде сеть может быть проанализирована общепринятыми, существующими в открытом доступе алгоритмами, основанными на теории графов (поиск регуляторных контуров и т.д.).
- на разработанную онтологию были наложены правила, определяющие четкое возможное взаимодействие между элементами сетевой модели.
- правила предусматривают автоматическое разделение объектов онтологии на два множества, одно из которых включает объекты и этапы, а другое – взаимодействия между ними с помощью реакций, регуляций и переходов.
- подход уменьшает вероятность появления коллизий при описании сетевой модели экосистемы, упрощает разработку/адаптацию проблемно-ориентированных методов анализа и позволяет их повторно использовать при анализе прочих реконструированных моделей экологических систем.

Интерактивная система помощи

16



- помогает в короткие сроки освоить принципы работы с программой;
- подсистема частично учитывает верификационную политику, заданную в онтологии описания макро- и микродинамики экосистем, что делает ее использование достаточно эффективным.

EcoNetStudio 2010

17

The screenshot displays the EcoNetStudio 2010 software interface. The main window shows a complex network diagram with nodes representing different stages of a mollusk's life cycle and environmental factors. The nodes are connected by blue arrows indicating interactions. A red box highlights the 'Palette' window, which contains various tools and object types for building the model. The 'Elements' window on the left lists the objects used in the model, such as 'Яйцо моллюска' (Mollusk egg) and 'Взрослый моллюск' (Adult mollusk). The 'Attribute' window on the right shows the properties of the selected object. The 'Cheat Sheets' window on the far right provides a 'Getting Started with the EcoNetStudio 2010' guide, including an introduction and instructions on how to create and edit a network model.

Palette

- Select
- Elementary in...
- Переход
- Реакция
- Регуляция
- Elementary o...
- Биосферный объект
- Живой объект
- Косный объект
- Compartmen...
- Ценоотический этап
- Онтогенетич... этап
- Экогенный этап
- Клиниальный этап
- Генезисный этап

Elements

- Зима
- Взрослый моллюск (зараженный)
- Кастрированный моллюск (зараж)
- Яйцо моллюска
- Незрелый моллюск (зараженный)
- Взрослый моллюск
- Незрелый моллюск
- Мертвый моллюск
- Лето
- Редия
- Спороциста
- Миррацийий
- Взрослый моллюск
- Незрелый моллюск
- Метацеркария
- Кастрированный моллюск (зараж)
- Яйцо моллюска
- Яйцо

Attribute

Атрибути

attribute*colc
attribute*fina
attribute*heig
attribute*loca
attribute*ove
attribute*typ
attribute*widi
attribute*x
attribute*y
name
short name

Getting Started with the EcoNetStudio 2010

Introduction

Данное окно подсказок поможет вам в кратчайшие сроки освоить работу с редактором экосетей EcoNetStudio 2010. Создание сетевых моделей в редакторе ведется на основе онтологии, позволяющей описывать микро- и макродинамику экосистем. Ознакомление с программой займет у вас **менее 15 минут**. Нажмите ?, если вы хотите узнать более о продукте и его создателях.

[Click to Begin](#)

Создание пустой сетевой модели

Для начала создадим пустую сетевую модель, с которой мы будем работать в дальнейшем. Для этого вам необходимо перейти к главному меню программы и нажать пункт File-> Create the scheme. В появившемся окне вам необходимо задать следующие параметры (первый является обязательным): **Название сетевой модели (Name)**, **желаемый задний фон (Background)** и **краткое описание (Description)**. По окончании ввода данных нажмите кнопку OK.

Поздравляем! Вы создали пустую сетевую модель.

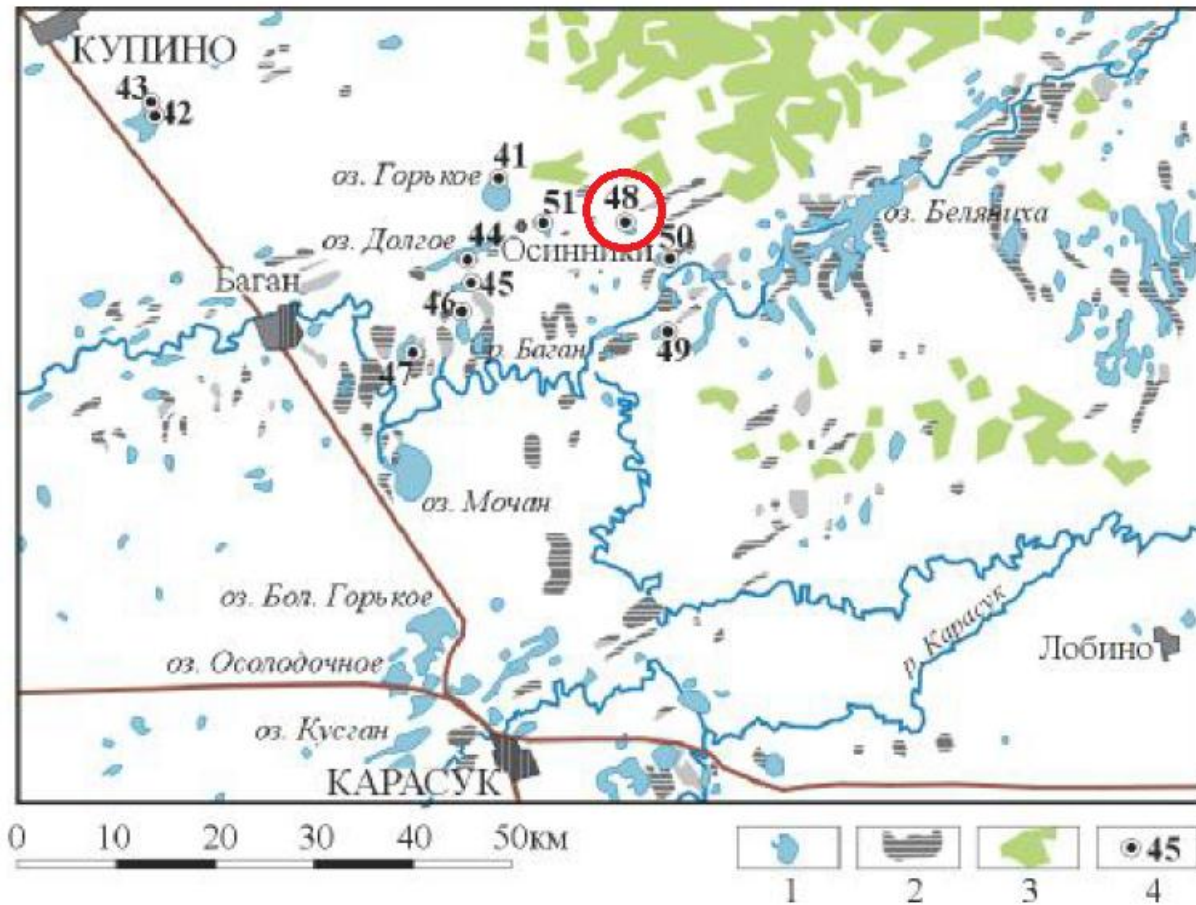
Следующие шаги помогут вам в ее наполнении.

Ознакомление с окнами приложения

Для вашего удобства в процессе работы, мы кратко ознакомим вас с основными окнами приложения и их назначением. В верхнем левом углу находится окно Elements, которое отображает сетевую модель в виде иерархического дерева. Оно может использоваться для дополнительной навигации по сетевой модели. Ниже располагается окно View, которое используется для отображения всей сетевой модели в уменьшенном виде. С помощью него вы всегда можете оценить масштабы всей экологической сети. Далее, по середине, располагается окно с палитрой объектов, используемое для...

Реконструкция модели содово-соленого озера: карта

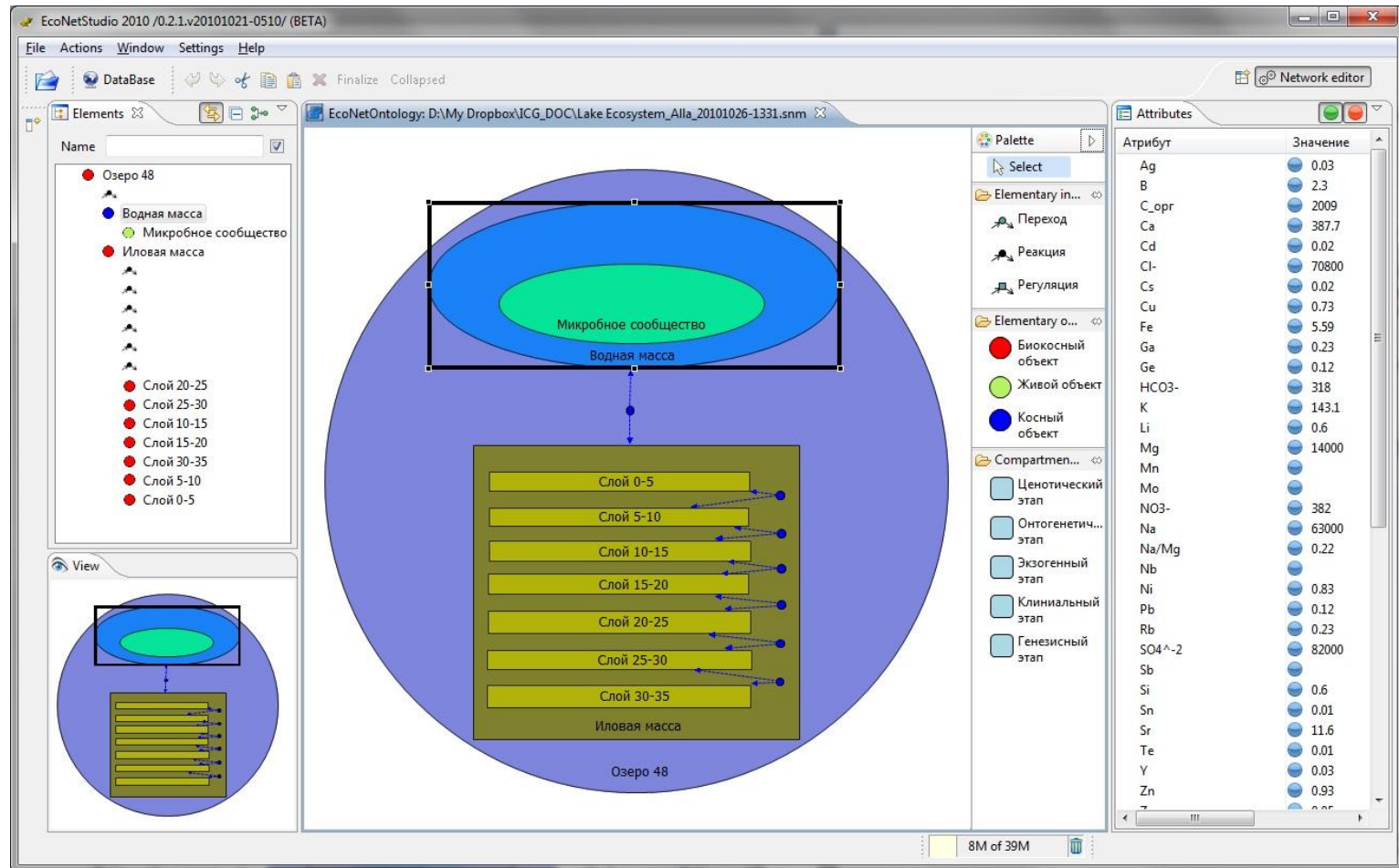
18



- озеро входит в группу 10 озёр Купинского и Баганского районов Новосибирской области. Озёра входят в Чано-Кулундинскую область, разделенную на Западно-Барабинский, Восточно-Барабинский и Кулундинский геоморфологические районы.

Реконструкция модели содово-соленого озера: модель

19



- Описана качественная и количественная информация (концентрация макро- и микроэлементов в различных компартментах)

Вывод

- EcoNetStudio на текущей стадии развития ,в совокупности с новой компьютерной онтологией, предоставляет исследователям широкие возможности по визуальной реконструкции и анализа сетевых моделей экологических систем на различных уровнях их организации, с учетом внешних воздействий и различного функционирования в рамках сезонных и других этапов.

Задачи на будущий год

На основе разработанной онтологии и программных средств будет проведено исследование в двух независимых направлениях, связанных с прикладными задачами Института леса им. Сукачева В.Н. СО РАН (г. Красноярск).

Планируется задействовать качественную и количественную информацию.

Задача 1: анализ графа древостоя

22

- изучение влияния структуры графа и ее изменения во времени на продуктивность и динамику развития лесной экосистемы;
- работа на основе информации в период с 60х гг. XX века по настоящее время по данным Института леса им. Сукачева В.Н. СО РАН;
- планируется анализ карт взаиморасположения деревьев в древостое и построение соответствующей сетевой модели;
- задачи анализа включают в себя вопросы прогнозирования изменения структуры древостоя, влияния роста и размера деревьев друг на друга и прочие.
- возможно привлечение методов факторного и кластерного анализов;

Задача 2: взаимодействие растения фитопатоген

23

- создание сети взаимодействий на основе существующих данных (в т. ч. количественных);
- изучение сети взаимодействий;
- основным объектом исследования являются грибы и бактерии.

Публикации

24

По материалам работы подготавливаются 2 статьи:

- **Подход и программные средства для реконструкции и анализа сетевых моделей экологических систем (Тимонов, Суслов, Колчанов) – тех.;**
- **Реконструкция и анализ структурно-функциональной организации жизненного цикла трематоды - (Суслов, Тимонов, Колчанов) - биол.**

Планируется получение одного авторского свидетельства (EcoNetStudio).