

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

ENVIRONMENTAL AUDIT CONCEPT BASED ON VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

*Ya. Romashevskaya
I. Stepanovskaya*

Summary. Deficiency of effective environmental management system is one of the main reasons of environmental deterioration. Current environmental audit systems are not capable of objective ecological situation analysis and decision making for conservancy of nature and large ecological system management. In this paper offer of using a new approach of environmental audit realization based on virtual reality technologies, synergetics technologies, and fractal simulation. Consideration is given to main definitions of virtual reality technologies and the field of their long-range using in large ecological system management. Synergetics technology and fractal simulation using for realisation expert-analytical system is established.

Keywords: environmental audit, large systems, virtual reality technology, synergetics technology, information technology, cognitive system, fractal.

Ромашевская Яна Андреевна

*М.н.с., Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН (г. Москва)
y.a.romashevskaya@gmail.com*

Степановская Ираида Александровна

*К.т.н., в.н.с., Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН (г. Москва)
irstepan3353430@yandex.ru*

Аннотация. Ухудшение экологической обстановки в мире во многом обусловлено отсутствием системы эффективного управления в сфере природопользования. Существующая система экологического аудита не позволяет объективно оценивать состояние окружающей среды и принимать решения по рациональному природопользованию и управлению крупномасштабными экологическими системами. В данной статье предлагается использовать новый подход к реализации экологического аудита, основанный на технологии виртуальной реальности, синерготехнологии и фрактальном моделировании. Рассмотрены общие понятия о технологии виртуальной реальности и области перспективного использования в управлении крупномасштабными экологическими системами. Обоснована необходимость применения синерготехнологий и фрактального моделирования при реализации экспертно-аналитической системы экологического аудита.

Ключевые слова: экологический аудит, крупномасштабная система, технологии виртуальной реальности, синерготехнология, информационные технологии, когнитивная система, фрактал.

Введение

Антропогенно-техногенная нагрузка на окружающую среду постоянно растет, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод и деградации экологических систем в целом.

Существующие системы экологического аудита и поддержки принятия решений в сфере управления природоохранной деятельностью не позволяют адекватно обрабатывать и анализировать данные, объективно оценивать текущее состояние окружающей среды и делать долгосрочные прогнозы по изменению экологической ситуации, принимать решения по рациональному природопользованию.

Между тем создание и реализация системы экологического аудита и управления крупномасштабными экосистемами законодательно обусловлены [1–4]. Активное участие в регулировании пользования природными ресурсами и управлении экосистемами принимают территориальные органы МЧС России, государственные

природоохранные организации, осуществляющие квотирование природопользователей и программно-целевое управление природоохранными мероприятиями (Министерство экологии и природопользования, Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Росрыболовство и т.д.).

Однако в настоящее время не представлено единой системы по сбору, оперативной и адекватной обработке экологических, метеорологических, геологических и гидрологических данных, ситуационному моделированию, прогнозированию (краткосрочный и долгосрочный периоды) и принятию решений по стабилизации и недопущению ухудшения состояния окружающей природно-антропогенной среды.

Вышесказанное подтверждает актуальность и необходимость создания системы экологического аудита для принятия решений в сфере рационального природопользования и эффективного управления крупномасштабными экосистемами.

Для решения существующей проблемы экологического аудита в данной статье предлагается новый под-

ход к его реализации, базирующийся на применении технологий виртуальной реальности, синерготехнологий и фрактального моделирования.

Проблемы существующих систем риск-контроля экологической ситуации и предложения по их решению

В настоящее время экологический аудит и управление крупномасштабными экологическими системами осуществляется в различных форматах административного контроля и принятия решений по регулированию природопользования на основе регламентов и нормативно-правовых документов (ст. 42 Конституции РФ, Экологическая доктрина РФ, Федеральный Закон ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. и т.д.) [1–4].

Применяемые в настоящее время технологии проведения экологического аудита используют системы электронного документооборота и геоинформационные системы для обработки и первичного анализа данных. Однако степень внедрения IT-технологий настолько незначительна, что учитывая огромные потоки поступающих сведений, невозможно адекватное выполнение основных функций экологического аудита: полный и оперативный анализ геоэкологических данных для принятия решений по рационализации природопользования и эффективного управления крупномасштабными экологическими системами.

Примерами существующих контуров риск-контроля могут служить:

- ◆ Норвежская Информационная система контроля за состоянием окружающей среды;
- ◆ Геологическая служба Канады;
- ◆ Геологическая служба США.

Норвежская Информационная система контроля за состоянием окружающей среды (Environmental Surveillance and Information System — ESIS) включает три модуля: система управление загрязнением атмосферного воздуха (AirQUIS), система управление загрязнением водных объектов (WaterQUIS), система управление материальным ущербом (CorrCost) [5].

В модули внедрена система автоматического сбора данных со стационарных станций мониторинга посредством использования телекоммуникационных сетей. AirQUIS и WaterQUIS позволяют проводить мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и воды, прогнозируют их изменения и предупреждают о росте уровня загрязнения в будущем. Здесь учитываются выбросы загрязняющих веществ как от точечных, так и от диффузных источников.

Разработанная система является картографической системой с дружеским интерфейсом, предназначенной для управления качеством атмосферного воздуха и воды в городских и промышленных районах в любом масштабе. Для реализации экологического аудита описанная система предоставляет визуализированные данные измерений, статистические данные и результаты моделирования.

Геологическая служба Канады, охватывающая широкий диапазон направлений (геоэкологические, гидрогеологические, лабораторные исследования; мониторинг и прогнозирование природных катастроф; геофизическое изучение глубоких горизонтов земной коры; аэрогеофизические съемки; геологическое картирование мелкого, среднего и крупного масштабов; стандартизация и управление базами данных), осуществляет свою деятельность посредством нескольких научных программ. Для данной работы наиболее интересными являются следующие.

Сервисный проект «Мониторинг природных опасностей» (Canadian Hazard Information Service) предназначен для актуального информирования Правительства и граждан о природных опасностях (оползни, цунами, магнитные бури, вулканические извержения, землетрясения, радиационное заражение). Проект предполагает сбор данных, ведение баз данных, анализ и прогнозирование опасных явлений, составление карт распределения радиоактивных изотопов.

Программа «Окружающая среда и здоровье» (Environment and Health) ориентирована на накопление и использование геологических данных для поддержки принятия управленческих решений в сфере экологии и здоровья населения. Приоритетными задачами являются изучение процессов распространения и аккумуляции химических соединений в воде, почвах, горных породах и биомассе; содействие продвижению этих данных и их учету при принятии решений.

Проект «Оценка ресурсных и экологических рисков» (Legislated Environmental and Resource Assessments) выступает в качестве сервиса для Правительства страны. Согласно канадскому Закону об оценке окружающей среды (Canadian Environmental Assessment Act) и по запросам правительственных органов выполняется геологическая экспертиза проектов гидростанций, трубопроводов, дорог, рудников, свалок, что делает возможным заблаговременное обнаружение и минимизацию потенциальных неблагоприятных воздействий на объекты окружающей среды.

Результаты реализации приведенных научных программ и экспертиз, являются важным источником ин-

формации для проведения экологического аудита и принятия управленческих решений.

Геологическая служба США реализует научные программы по исследованию изменений окружающей природно-антропогенной среды, анализу геологических рисков (оползней, землетрясений, вулканизма, геомагнетизма); оценке минеральных и энергетических ресурсов; изучению береговой и морской геологии, астрогеологии; геологическому картографированию.

Так программа качества воды (National Water-Quality Assessment Program) предназначена для исследования качества вод и его изменения в региональном разрезе, в зависимости от природных условий и деятельности человека.

Программа гидрологических наблюдений (National Streamflow Information Program) представляет собой мониторинговое исследование состояния поверхностных водных потоков, включающее 7300 стационарных пунктов.

Программа изучения токсических веществ в воде (Toxic Substances Hydrology Program) направлена на сбор данных о загрязнениях окружающей природной среды, использование накопленных данных для защиты здоровья людей и окружающих районов, минимизации загрязнений, недопущения аналогичных загрязнений впоследствии.

Программа изучения подземных вод (Ground-Water Resources Program) нацелена на междисциплинарное исследование и получение объективных научных данных для эффективного обеспечения населения страны ресурсами подземных вод.

Программа развития гидрологии (Hydrologic Research and Development Program) ориентирована на поддержку научных и прикладных исследований в области биологии, геологии, химии и междисциплинарных областях, занимающихся изучением проблем водных ресурсов.

Программа изучения динамики экзогенных явлений (Earth Surface Dynamics Program) предполагает изучение характеристик окружающей среды, моделирование окружающей среды прошлых эпох, гидрологических, биологических, геологических и геохимических процессов, обуславливающих изменения природной среды. Данные исследования проводятся для того, чтобы спрогнозировать возможные влияния на окружающую среду и ее изменения в будущем [6].

Приведенные в качестве примеров информационные системы эффективны для мониторинга состояния

окружающей среды, поскольку активно собирают и визуализируют информацию посредством используемых геоинформационных и картографических технологий, но являются недостаточными для полноценного анализа получаемых сведений (экологического аудита) и управления крупномасштабными экосистемами.

В данной работе под управлением крупномасштабными экосистемами понимается аудит проектов размещения новых, реконструкции существующих техногенных объектов и оценка рисков антропогенного воздействия на экосистему с учетом имеющейся техногенной инфраструктуры и соответствующей нагрузки. Каждый новый источник нагрузки рассматривается с позиций уязвимости экологической системы локального уровня и возможности его влияния на экосистему, например, регионального или государственного масштаба.

Таким образом, приходим к выводу: управление крупномасштабными экосистемами должно базироваться на использовании высоких технологий измерений (аппаратура, методы лабораторных исследований, системы непрерывного наблюдения, информационные системы по обработке и анализу поступающих данных и пр.), в сочетании с программным обеспечением визуализации допускающей оперативное ситуационное моделирование, прогнозирование и целеполагание (СМПЦ).

В настоящее время активно развивается цифровая экология (в том числе, информационно-коммуникационные системы электронного экологического аудита), обеспечивающая обработку огромных массивов данных в режиме настройки на разные контенты виртуального диалога с каждым участником экспертной системы (агентом), т.е. поддерживается дискурс на основе интерсубъектного подхода.

Авторами предлагается подход, предполагающих использование технологии виртуальной реальности при реализации экологического аудита, поскольку это даст множество возможностей для детальной проработки имеющихся данных, их анализа и оперативного, эффективного управления крупномасштабными системами.

Общие понятия о технологии виртуальной реальности, области перспективного использования в управлении крупномасштабными экологическими системами

Необходимо объемное и интуитивно понятное представление экологических, гидрогеологических, метеорологических данных, которое позволит междисциплинарной группе специалистов оперативно получить

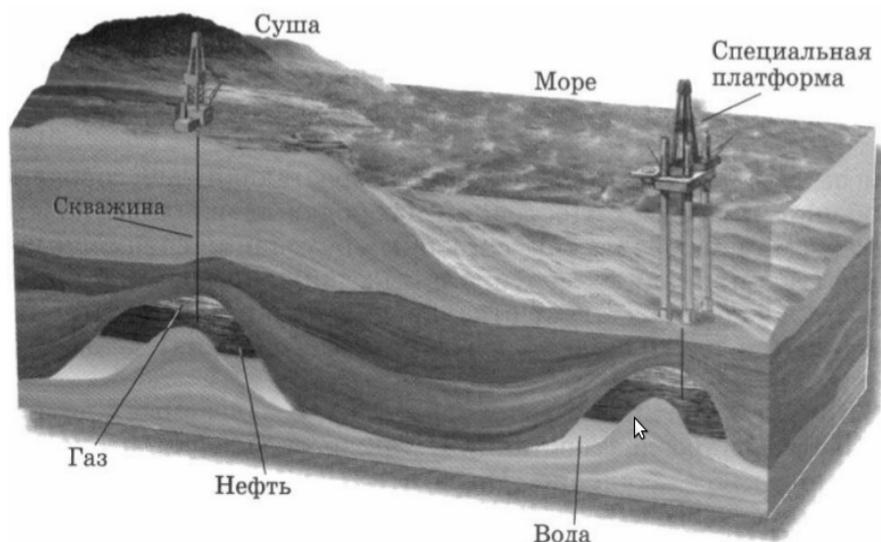


Рис. 1. Обобщенный вертикальный разрез экосистемы

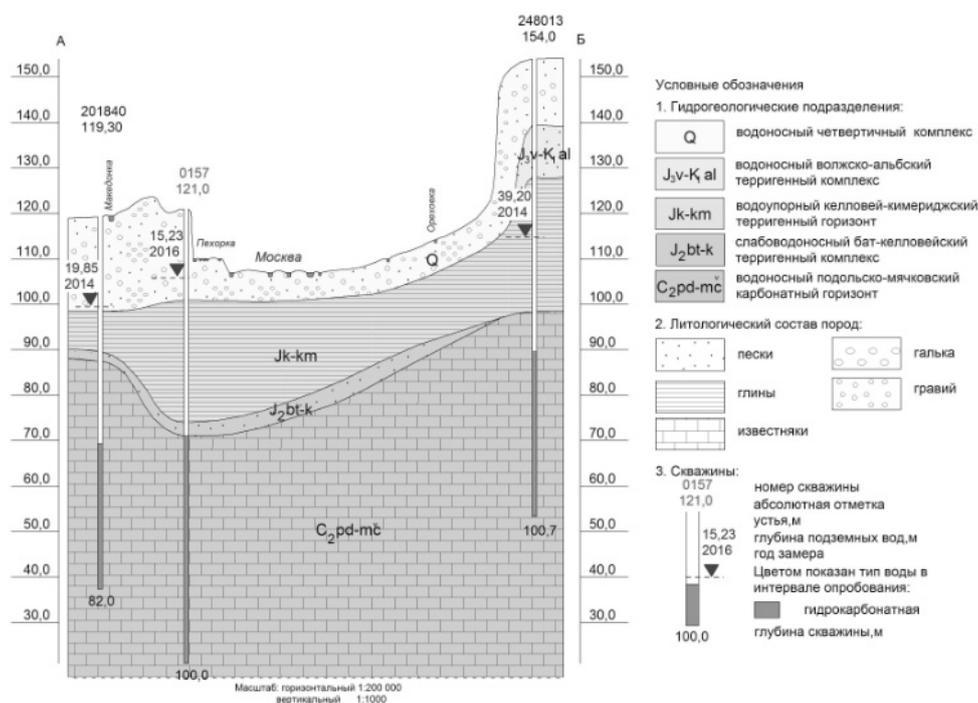


Рис. 2. Геолого-гидрогеологический разрез, проходящий по линии А-Б

информацию о экологических рисках, провести анализ и выработать наилучшее решение по управлению природопользованием.

В связи с этим авторы считают перспективным развитие в науке технологий виртуальной реальности, предназначенных для визуализации сложных и разрозненных данных в единую, наглядную модель исследуемого объекта или процесса. *Предлагается* концепция использования виртуальных систем на базе проекционного и компьютерного оборудования со-

вместно с программным обеспечением 3D моделирования геологических данных и геоинформационными системами при проведении электронного экологического аудита.

Аудиторская экспертиза, базирующаяся на построенных в виртуальной среде моделях, позволит комплексно использовать интуицию, профессиональный опыт и зрительную память экспертов при реализации управления крупномасштабными экосистемами. Ее основное преимущество заключается в возможности послышного

виртуального «погружения» в экосистему и изучение ее компонентов «изнутри» более детально (рис. 1, 2).

Например, на рис. 1 приведен обобщенный типовой вертикальный разрез экосистемы, демонстрирующий ее составные части («слои»): воздух, сушу, поверхностные (в данном случае море) и подземные воды, различные типы составляющих геологический разрез пород, месторождения нефти и газа.

Рис. 2 является примером геолого-гидрогеологического разреза, проходящего по линии А-Б через несколько водозаборных скважин и наглядно показывающего развитые на данной территории водоносные и водоупорные горизонты и их мощности. Также такой разрез предоставляет сведения о глубинах залегания кровель горизонтов и статических уровнях, о типе подземных вод в каждой представленной скважине; позволяет сразу дать предварительную оценку степени защищенности того и иного водоносного горизонта от проникновения загрязнений с поверхности.

Для построения наиболее информативных, способных к быстрой динамике виртуальных моделей при реализации электронного экологического аудита и принятии решений по управлению крупномасштабными экосистемами необходимо учитывать совокупное влияние источников антропогенно-техногенной нагрузки на объекты изучения.

Синерготехнология электронного экологического аудита и управления крупномасштабными экосистемами

В рамках представленного авторами подхода к реализации экологического аудита на основе технологий виртуальной реальности предлагается применение синерготехнологий, необходимых для оценки комплексного воздействия нескольких негативных факторов на объект изучения.

Для точного понимания и правильного применения синерготехнологии в экологическом аудите и управлением крупномасштабными экосистемами необходимо рассмотреть типовую модель экологической системы.

В вертикальном разрезе можно выделить следующие слои — природные среды (рис. 1.):

- ◆ атмосферный воздух (чаще всего будем рассматривать приземные слои, как оказывающие наиболее сильное влияние на другие части экосистемы);
- ◆ поверхность земли (суша) с учетом характерных для исследуемой местности рельефных особенностей;

- ◆ поверхностные воды: пруды, озера, реки и их бассейны;
- ◆ водоносные и водоупорные горизонты и комплексы, формирующие геолого-гидрогеологический разрез на данной территории;
- ◆ месторождения подземных вод;
- ◆ месторождения нефти и газа.

Каждый слой включает биотический и абиотический компоненты.

Риски антропогенно-техногенного воздействия на эти слои во многом определяются свойствами экосистемы:

- ◆ Трансграничность — следует из онтологической модели природных сред и характерных для них локальных экосистем при отсутствии изоляции между слоями.
- ◆ Однонаправленность результатов воздействия — определяет когерентный и кумулятивный характер регрессивного изменения экосистемы под влиянием циклических факторов негативного воздействия.
- ◆ Поэтапная деградация — фазовые переходы состояний экосистем разных слоев, соответствующие этапам функциональной деградации экосистем.

Выделим следующие этапы функциональной деградации экосистемы:

1. Нарушение на объектном уровне: переход локальной экосистемы в состояние, которое дает начало новым изменениям в ее структуре или функциях (симптомы и признаки).

2. Ограничение жизнеспособности: изменение поведения элементов экосистемы и связей между ними в результате возникновения нарушений, что приводит к ограничению жизнеспособности — снижению способности к самоочищению и восстановлению, нарушение взаимосвязей между локальными экосистемами, снижение функциональных возможностей (уменьшение биоразнообразия и поведенческой активности биоты), расстройство на уровне функциональных процессов.

3. Функциональная недостаточность: поведенческая дезадаптация (потеря способности к самоочищению и восстановлению), определяет самый проблематичный уровень всех последствий деградации экосистем.

4. Сукцессия: смена одного биологического сообщества другим и разрушения абиотической среды на определенном участке среды в результате длительного циклического неконтролируемого негативного антропогенно-техногенного воздействия на компоненты экосистемы.



Рис. 3. Онтологическая модель информационной системы экологического аудита (ИСЭА) и поддержки принятия управленческих решений

Модель экосистемы в виртуальной реальности предлагается как модель полной и непротиворечивой когнитивной информационной инфраструктуры данных, необходимой и достаточной для: точной оперативной идентификации текущего этапа функциональной деградации экосистемы; выявления критического фактора воздействия; определения эффективных методов по управлению (прекращению) процессом разрушения экосистемы.

Такая модель должна строиться с учетом возможных диссипативных процессов происходящих в экосистеме (снижение жизнеспособности системы в результате негативного воздействия друг на друга входящих в неё элементов) и синергетического эффекта от факторов негативного воздействия на экосистему извне.

Для идентификации диссипативных процессов, синергетических эффектов, рисков и уязвимостей эко-

системы и их визуализации целесообразно использовать онтологическую модель информационной системы экологического аудита (ИСЭА) и поддержки принятия решений (рис. 3).

Онтологическая модель отражает обобщенную схему информационного пространства, дает представление о распределении функций между разработчиками и системой инструментальной поддержки, служит основой для разработки информационной инфраструктуры экспертной системы и используется для создания сложно-структурированных каталогов объектов, свойств, данных о динамике, рисках и др.

Стабильное устойчивое состояние, функционирование и развитие экосистемы предполагает стабильную динамику восприимчивости к внешним воздействиям и освоения (поглощения) природных ресурсов, присущее всем элементам экосистемы. Риски устойчивому состо-

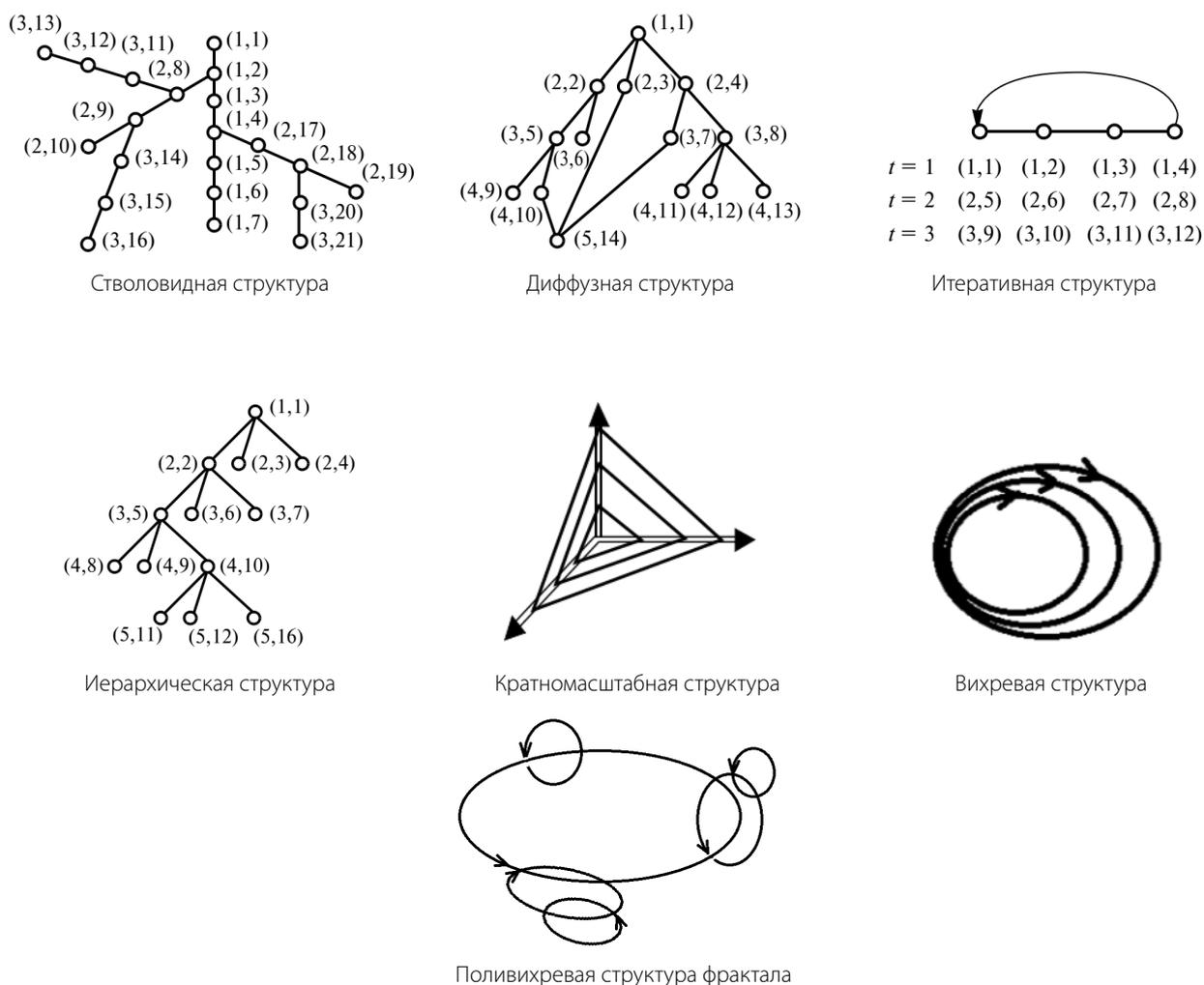


Рис. 4. Типы структур фракталов, применяемые при реализации синерготехнологии экологического аудита

янию оказывают влияние типов блокировки факторов развития и причин появления различных отклонений.

Результат наложения различных факторов внешнего негативного воздействия на экосистему может являться *синергитичным* (механизм одновременного действия однонаправленных процессов, предусматривающий более высокий совокупный эффект, чем действие каждого из процессов в отдельности), *антагонистическим* (механизм одновременного противодействия процессов, обеспечивающий меньший совокупный эффект, чем действие каждого из процессов в отдельности), *аддитивным* (механизм одновременного действия процессов при отсутствии их взаимовлияния: общий эффект эквивалентен сумме действий каждого из процессов в отдельности).

Необходимость использования синергетического подхода обусловлена также нелинейностью и неравно-

вестностью исследуемых крупномасштабных экологических систем, поскольку отклик системы на воздействия различной интенсивности может проявляться в краткосрочной и в долгосрочной перспективе, при этом он не всегда пропорционален силе воздействия. Следовательно, изучение крупномасштабных систем необходимо проводить в динамике.

Синерготехнология экологического аудита — новая технология мультипликативного и резонансного взаимного влияния объектов, процессов и явлений, отображаемого в виртуальной модели экосистемы. В частности, *синергометрия* предполагает цифровое моделирование, позволяющее выявить динамику факторов влияния и определить их тип взаимодействия, диагностировать характер трансграничных процессов.

Для идентификации возможных последствий воздействий (в том числе, профили загрязнений) на экологи-

ческую систему, их причин и источников предлагается фрактальный подход к реализации синерготехнологии экологического аудита.

Фрактально-ориентированный
подход к синерготехнологии
экологического аудита

Фрактально-ориентированный подход основывается на разработке интегрированной геоинформационной полимасштабной виртуальной модели экосистемы и на использовании самоподобия объектов контроля и управления с самоподобными множествами контролируемых и защищаемых объектов. Самоподобие принимается как неотъемлемая характеристика предлагаемой модели в связи с тем, что оно является общим свойством для многих неравновесных нелинейных природных систем (бассейны рек, пространственная структура колоний микроорганизмов, разветвляющиеся каналы молниевых разрядов), к которым в полной мере относятся экологические системы.

Фрактальные модели различных структур характеризуют основные свойства нелинейных динамических систем и направлены на идентификацию устойчивых процессов самоорганизации и саморазвития системы (рис. 4) [7].

Так фрактал стволотвидной структуры может быть примером визуализации структуры водного бассейна и распространения рисков проявления синергетических эффектов (продвижение фронта загрязнений, деградация экосистемы) от периферийных его частей к центральному стволу. Ориентированность ветвей фрактала демонстрирует обусловленный эффектом «последствия» рост рисков.

Иерархический фрактал демонстрирует структурную организацию источников антропогенной нагрузки на экосистему и схему распространения рисков по «веерному» типу, когда риск безопасности для элемента-родителя порождает сходный риск для элементов-потомков. Применяется для моделирования и прогнозирования комплексного влияния на объекты окружающей среды.

Фрактал диффузной (ризомной) структуры применяется для моделирования этапов трансформации экосистемы под воздействием факторов негативного влияния и рисков синергетических эффектов. Например, модели изменения токсичности первичных и вторичных поллютантов, фоновых профилей содержания типовых загрязняющих веществ в природных средах и профилей техногенного загрязнения по высоко токсичным поллютантам.

Кратномасштабным, вихревым и поливихревым фракталами, построенными на базе алгоритмов причинно-следственных связей, циклических и линейных контуров обратной связи, могут быть отображены особенности развития и распространения комплексных рисков, например, модели профилей критических развитий крупномасштабной системы (модель определения срочных неотложных задач по управлению природоохранной деятельностью).

Посредством итеративной (циклической) фрактальной модели может быть продемонстрировано поэтапное возрастание масштабов рисков при постоянном (с определенной периодичностью) возникновении рисков событий одинакового типа. Например, модель воздействия антропогенно-техногенных источников нагрузки на экосистему (регулярные выбросы в атмосферу, сбросы в водные объекты, захоронение отходов и пр.) [8, 9].

Предлагаемая синерготехнология экологического аудита и управления крупномасштабными экосистемами, основанная на фрактальных моделях, выполняет такие функции, как:

- ◆ распознавание состояния экосистемы и возможных отклонений ее от норм устойчивого развития на ранних стадиях;
- ◆ идентификация текущего этапа функциональной деградации экосистемы;
- ◆ идентификация и систематизация существующих и потенциальных источников и причин отклонений;
- ◆ построение модели максимально допустимого комплексного влияния факторов негативного воздействия на экологическую систему;
- ◆ определение рисков потери управляемости и полной деградации экологической системы;
- ◆ формулирование основных задач упреждающего характера для минимизации и устранения существующих рисков.

Таким образом, фрактальная модель, обладая свойством опережающего прогнозирования и стратегического развития, предполагает формализацию, визуализацию и «расчет» системной динамики развития системы и позволит определять *значимости и способы их влияния* на прогнозируемый показатель.

В том числе, визуализирует и дает возможность оценить синергетический эффект факторов негативного воздействия как результат комплексного влияния на элементы экосистемы, который может приводить к качественному (эмерджентному) изменению её состояния, выбрав один из возможных вариантов развития под действием тех или иных флуктуаций.

Заключение

В работе предложен новый механизм осуществления экологического аудита, основанный на нестандартном принципе обработки и визуализации данных (технологии виртуальной реальности, синерготехнологии и фрактальном моделировании).

Предлагаемая модель когнитивной информационной инфраструктуры экоаудита для исследования и контроля экосистем с применением технологий виртуальной реальности характеризуется следующими свойствами:

- ◆ визуализация 2D/3D информации различных форматов, возможность презентаций 3D видеoinформации, 3D фото и CAD проектов;
- ◆ масштабируемость системы визуализации для различных групп специалистов

- ◆ возможность разнообразной аппаратно-технической реализации (персональные очки, компьютер, ситуационный центр, телеприсутствие и ид.)
- ◆ интерактивность управления массивами информации;
- ◆ настройка в соответствии с требованиями пользователя и интеграция комплекса в существующую информационную инфраструктуру, например, объединение с системами прогнозирования и оценки рисков и расчета страховых выплат.

Реализация такого подхода позволит точно оценивать состояние природно-антропогенной среды, идентифицировать риски и источники негативного воздействия, проводить эффективное ситуационное моделирование и прогнозирование и, следовательно, эффективно управлять развитием крупномасштабных экологических системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конституции Российской Федерации от 12.12.1993.
2. Распоряжение Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р «Об Экологической доктрине Российской Федерации».
3. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7 «Об охране окружающей среды».
4. Указ Президента РФ от 15.03.2000 г. № 511 «О классификаторе правовых актов».
5. T. Böhler ENSIS — A Modern System for Air and Water Quality Management: [Электронный ресурс]. URL: <http://archive.rec.org/REC/Programs/Telematics/DETERMINE/AirSession/TBohler.html> (Дата обращения: 07.06.2015).
6. Ставский А. П. Альтернативная концепция развития региональных геологических работ в России. Центр «Минерал» ФГУНПП «Аэрогеология», М.: 2008 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.mineral.ru/Analytics/rutrend/107/151/Alternate_RGR_Concept_Stavsky.pdf. (Дата 25.05.2016 г.).
7. Ромашевская Я. А., Степановская И. А. Стратегическое управление природоохранной деятельностью посредством реализации информационно-коммуникационной системы экологического аудита на основе методов анализа сингулярного спектра и интерсубъектного анализа. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические науки. 2015. № 12. С. 90–98.
8. Степановская И. А. Принципы организации мониторинга интегрированных рисков безопасности территорий. // Датчики и системы. Теория и принципы построения датчиков, приборов и систем. 2013. № 10. С. 2–8.
9. Степановская И. А. Управляющие системы и технологии для кибер-физических систем. Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII Международной конференции (22–25 июня 2015 г.г. Самара, Россия)/Под ред.: акад. Е. А. Федосова, акад. Н. А. Кузнецова, проф. В. А. Виттих. — Самара: Самарский научный центр РАН. 2015 г. С. 394–401.

© Ромашевская Яна Андреевна (y.a.romashevskaya@gmail.com), Степановская Ираида Александровна (irstepan3353430@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»