

УДК 004.891:504(1/9)

А. И. Романов

Информационно-аналитическая система для мониторинга среды и прогнозирования устойчивости развития территорий (теоретическое обоснование проекта)

Рассматривается состояние дел в области охраны окружающей среды и управления устойчивым развитием территорий. Предлагаются модели квалитетрического типа для оценки состояния экологичности территории. На примере микрорайона современного большого города анализируется концепция построения первичной оценочной модели. Исследуется альтернативная модель, на основе которой можно получить систему оценок, соответствующую принятой иерархии территорий города, региона и т. д. Описывается схема действий по организации, настройке и развитию Информационно-аналитической системы для мониторинга среды и прогнозирования устойчивости развития территорий.

Одна из проблем современного большого города, в особенности, состоит в катастрофически быстро возрастающем загрязнении среды. хозяйственная деятельность человека изменяет качество среды обитания и эти изменения негативно воздействуют на обитателей города, а также близлежащих и отдаленных внегородских территорий.

Попытки защитить природу методами сдерживания производства и ограничения рождаемости не продвинулись в целом далее предложений, выдвинутых в 70-е гг. Римским Клубом. Более реалистическая концепция устойчивого развития была впервые сформулирована в докладе Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию на сессии Генеральной Ассамблеи ООН в 1987 г., а в 1992 г. на конференции UNCED в Рио-де-Жанейро идеи устойчивого развития получили общее признание [1].

Смысл устойчивого развития в разумном управлении фондом природных ресурсов, в ориентации основополагающих и технологических изменений на сохранение природной среды и удовлетворение потребностей человека современного и последующих поколений. Это должно быть социально приемлемое, экономически жизнеспособное развитие, использующее подходящие технические средства и технологии, не разрушающие окружающую среду.

Как видим, подводных камней, способных потопить идею устойчивого развития, здесь более чем достаточно. Другого, однако, не дано.

Наши знания природной среды невелики. Способность предвидеть ее изменения остается слабой. Если положение не изменится, то неизбежные дей-

ствия по охране среды не приведут к ожидаемому результату либо приведут к ухудшению состояния дел, к пустой трате средств и разочарованию населения [2].

В последние годы, как отмечено в докладе [3] комиссии Карнеги, быстрыми темпами развиваются исследования в направлении оценки риска воздействия на человека и природную среду отдельных химических агентов (таких, как гербициды, пестициды, хлорфлюорокарбонаты и др.). Разработаны признаки ранжирования территорий по степени опасности наблюдаемых там экологических проблем. Составлены рекомендации по уменьшению рисков. Соответствующие законы и инструкции приняты и действуют в США и других развитых странах.

Тем не менее, острота проблемы оптимального управления, результатом которого было бы устойчивое развитие на локальном, региональном и глобальном уровнях, не уменьшается. Причина в том, что идея "экологического регулирования" на практике способна породить конфликт насущных интересов различных социальных групп. Она затрагивает свободу предпринимательства, может ограничить темп роста жизненного уровня населения и т. п. Поэтому мнения экспертов по той или иной экологической проблеме нередко расходятся с мнением общественности.

Но как выяснилось [3], мнение общественности не всегда бывает ошибочным. Иногда это связано с тем, что представленные наукой оценки рисков действительно только в рамках принятых исходных предположений и допущений, т. е. некоторой

“легенды”, положенной в основу процедуры оценивания. А конкретная ситуация с легендой не совпадает. Как правило, эта легенда неизвестна общественности. Не знакомы с ней и лица, ответственные за принятие решений. Решения в сфере устойчивого развития могут быть неверными еще и потому, что исходная модель оценивания рисков (как, например, модель EPA — Environmental Protection Agency, USA) не учитывает факторы социального плана и основные социальные ценности [3 с. 81].

Далее предпринята попытка обоснования новой модели, в значительной мере свободной от перечисленных недостатков. Модель позволяет интегрировать независимые оценки рисков, учитывать социальные приоритеты, сравнивать выводы экспертов и общественности, проследить последствия и оценивать вероятность ошибки принимаемого управленческого решения.

Для построения первичной оценочной модели использован подход, родственный квалиметрическому. (Далее будем придерживаться терминологии [4], принятой для описания квалиметрических моделей.)

Объект исследования — некоторая произвольная выделенная территория. Задача — оценить “состояние экологичности”, характерное для данной территории на данном этапе ее развития. Пусть в роли исследуемой территории выступает городской микрорайон, ограниченный по периметру городскими улицами. Внутри — смешанная жилая и производственная застройка с необходимыми про-

ездами, проходами, хозяйственной инфраструктурой, зонами зеленых насаждений и т. п.

Экологичность территории следует оценивать, прежде всего, с позиций ее пригодности для человека. Для тех, главным образом, кто большую часть суток проводит на данной территории — для детей, для живущих и работающих здесь взрослых и т. п. Территория экологична, если она пригодна для удовлетворения жизненно важных потребностей человека. Каких и в каком объеме — вот в чем вопрос?

Исследования Н. М. Амосова [5] показывают, что доминирующими являются потребности человека в безопасности (в том числе, пищевой) и группа “семейных” потребностей, связанных с продолжением рода и воспитанием детей. Значимость их по максимуму приятного и по максимуму неприятного — большая, а адаптация человека к неприятному — плохая. Трудно привыкнуть к угрозе жизни или к потере детей.

Отсюда вывод: экологичность территории есть, прежде всего, степень ее безопасности для жизни и продолжения рода человека. Так, на первом ярусе дерева свойств (ДС) экологичности появляется свойство А — *Выживаемость* (рис. 1, где Э — *Экологичность*).

К числу самых сильных биологических потребностей человека относится также “собственность”, характеризуемая Н. М. Амосовым [5 с. 192–193] как богатство — бедность, жадность, голод. “Потребность в собственности очень значима, притязания к ней легко возрастают, а привыкнуть к большому

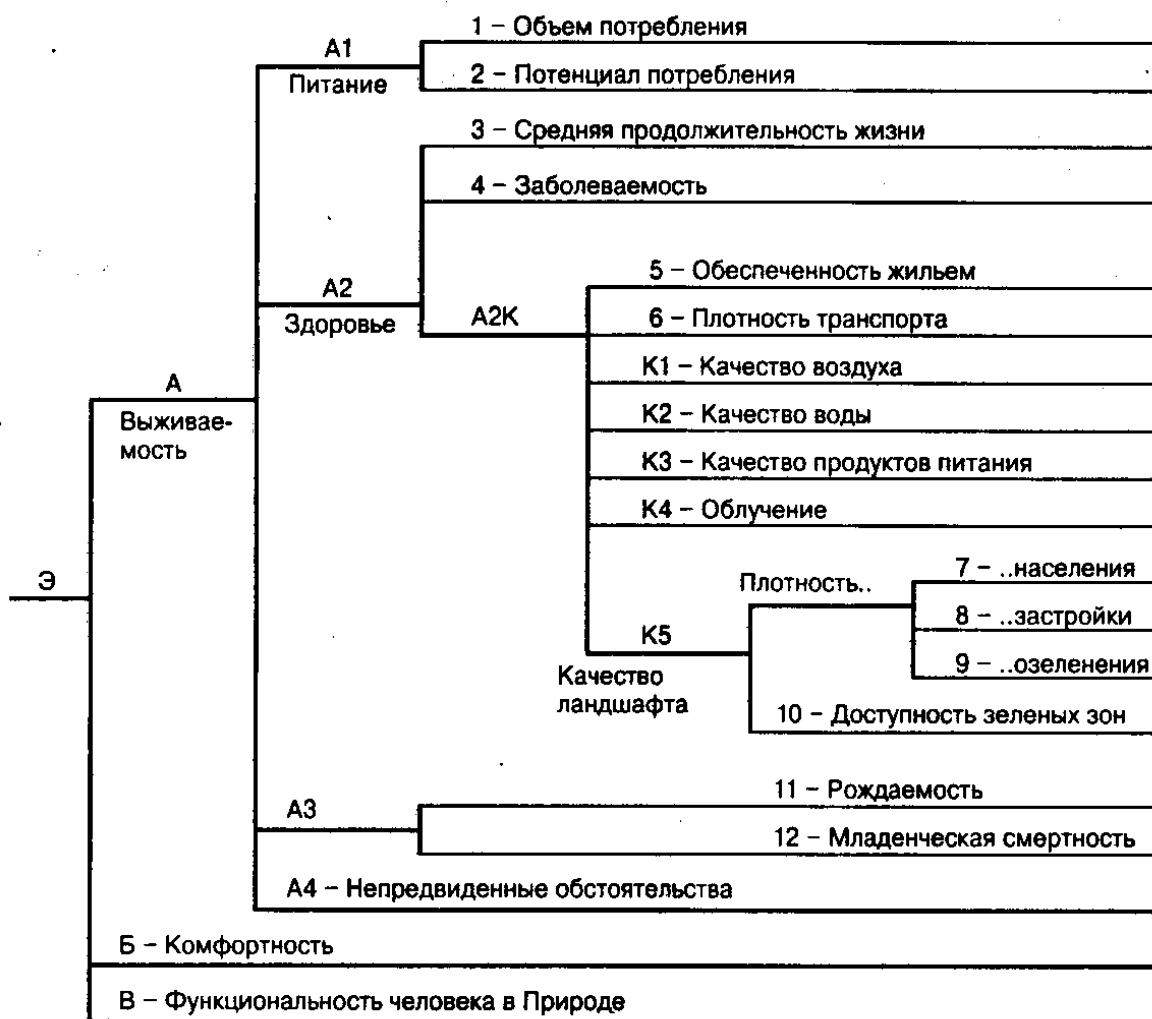


Рис. 1. Первичное дерево свойств

лишениям — например к холоду и голоду — трудно". Учитывая, что в современных условиях лишение собственности, как правило, не создает угрозы жизни, но несомненно влияет на ее уровень, я ввел в строящееся ДС свойство **Б** — *Комфортность существования*.

Значимость других биологических потребностей человека не столь велика. Их связь с экологичностью территории не очевидна. Однако, учитывая возможные цепочки типа: "деятельность — собственность", "отдых — удовольствие от деятельности — эффективность" и т. п., имеет смысл в ветви **Б** — *Комфортность*... первичного ДС отобразить потребности вида "лидерство—подчиненность", потребность в новизне, в отдыхе и развлечениях. Что же касается голода, то связанные с этим аспектом существования потребности человека я отнес к ветви **А** — *Выживаемость*.

Ветви **А** и **Б** относятся к экологии человека.

Человеческая деятельность преобразует естественную среду. Все более искусственным становится ландшафт, изменяются уровни грунтовых вод, засоряются водоемы и атмосфера. По мере освоения человеком конкретная территория постепенно изымается из естественно-природной среды, становится для нее все более и более чужеродной. Последствия этих процессов человеку небезразличны. Следовательно, экологичность территории нужно оценивать также и с позиций существования живого "организма" природы. Но об истинных целях и путях эволюции природы мы можем только догадываться.

Если предположить, что Природа реагирует на техническую цивилизацию подобно тому, как человеческий организм — на раковую клетку (что, судя по собранным М. Карпенко [6] сведениям, вполне возможно), то это означает, что проблема правильного, не наносящего вреда функционирования в природной среде тесно связана с выживаемостью человека. Ибо если нет агрессии со стороны человека, то нет и ответной защитной реакции "иммунной системы" Природы.

Приняв сказанное за основу, мы получим третье и последнее на первом ярусе ДС (см. рис. 1) свойство **В** — *Функциональность социума как элемента природной надсистемы*.

Используя символы пересечения и объединения множеств, покажем, что между свойствами соседних ярусов ДС действуют отношения включения: $\mathcal{E} \cap A = A$; $\mathcal{E} \cap B = B$; $\mathcal{E} \cap V = V$; где \mathcal{E} — экологичность.

При этом, $\mathcal{E} = (A \cup B) \cup V$ — что следует понимать как иллюстрацию *эквиситисности* [4] свойств старшего и младшего ярусов ДС.

Теперь, о смысловом (содержательном) аспекте ДС. По-видимому, необходимым условием экологичности территории является удовлетворение потребностей, связанных с выживаемостью. Комфортностью в крайнем случае можно и пожертвовать. Зафиксируем это правило с помощью репликации вида: $(A \& B) - \mathcal{E}$, где $(A \& B)$ — конъюнкция **А** и **В**. Это означает, что в конкретной ситуации оценивания свойство \mathcal{E} — *Экологичность* существует *только при условии* существования одновременно двух свойств: **А** — *Выживаемость* и **В** — *Функциональность*...

Вернемся к ветви **А** на рис. 1. Выживаемость есть сумма свойств, отображающих состояние бе-

зопасности человека. Поэтому на 2-м ярусе ДС появляются свойства **А1** — *Питание*, **А2** — *Здоровье*, **А3** — *Продолжение рода* и **А4** — *Непредвиденные обстоятельства*. Свойство **А1**, трактуемое с позиций выживаемости человека, отображает риск голода и заболеваний, связанных с несбалансированностью питания (недостаток витаминов, микроэлементов и т. п.). Следовательно, в первом приближении **А1** может включать простые свойства **1** — *Объем потребления* (Ккал/чел. в день) и **2** — *Потенциал потребления* (доля расходов на питание в бюджете человека).

В свою очередь, **А2** — *Здоровье* может быть охарактеризовано простыми свойствами: **3** — *Средняя продолжительность жизни*, **4** — *Заболеваемость* (дней/год) и сложным свойством **А2К** — *Качество среды обитания*. Здесь качества антропогенной среды нужно рассматривать с позиций их влияния на здоровье человека.

Поэтому **А2К** на 4-м ярусе ДС будет включать в себя свойства: **К1** — *Качество воздуха*, **К2** — *Качество воды*, **К3** — *Качество продуктов питания*, **К4** — *Интенсивность облучения*, **К5** — *Качество ландшафта*. И еще два простых свойства: **5** — *Обеспеченность жильем* (это тоже называется на состоянии здоровья) и **6** — *Плотность транспорта*. Свойство **6** — возможно и не самый удачный способ для того, чтобы оценить двигательную активность населения (меньше транспорта, выше доля пешего движения).

Ветвь **К5** отображается пакетом свойств *Плотность*... (**7** — *...населения*, **8** — *...застройки*, **9** — *...озеленения*) и свойством **10** — *Доступность зеленых зон*. Это квазипростое свойство оценивается здесь с помощью показателя *Площадь зеленых и парковых зон (в расчете на одного жителя), лежащих в радиусе 15-минутного пешего движения от места проживания*.

Качества воздуха (**К1**), воды (**К2**), питания (**К3**) оцениваются единообразно по фоновым и "пиковым" концентрациям характерных загрязнителей. При этом воду имеет смысл оценивать в водопроводе, в осадках и в расположенных на данной территории водоемах.

Облучение человека — **К4** (фон и пик) оценивается с учетом воздействия шума, а также, радиочастотного, электромагнитного и ионизирующего излучений.

Свойство **А3** — *Продолжение рода* может включать в себя свойства **11** — *Рождаемость* и **12** — *Младенческая смертность*.

На рис. 1 представлен концептуальный набросок ДС первичной оценочной модели экологичности территории. Замыслом этой статьи не предусматривается немедленная достройка представленного ДС до расчетно-оценочной структуры. Но ветвь **В** здесь следует все же рассмотреть более подробно.

Функциональность... — В это, по крайней мере, нанесение ущерба Природе. Следовательно, функциональность имеет смысл оценивать (рис. 2) в трех аспектах: **Ф1** — *Преобразование природной среды*, **Ф2** — *Защита среды* и **Ф3** — *Провоцирование катаклизмов*. В свою очередь **Ф1** можно было бы подразделить на свойства: **Ф1к** — *Изменение качества среды*, **Ф1р** — *Потребление ресурсов* и **Ф1о** — *Производство твердых и медленно разлагающихся отходов*.

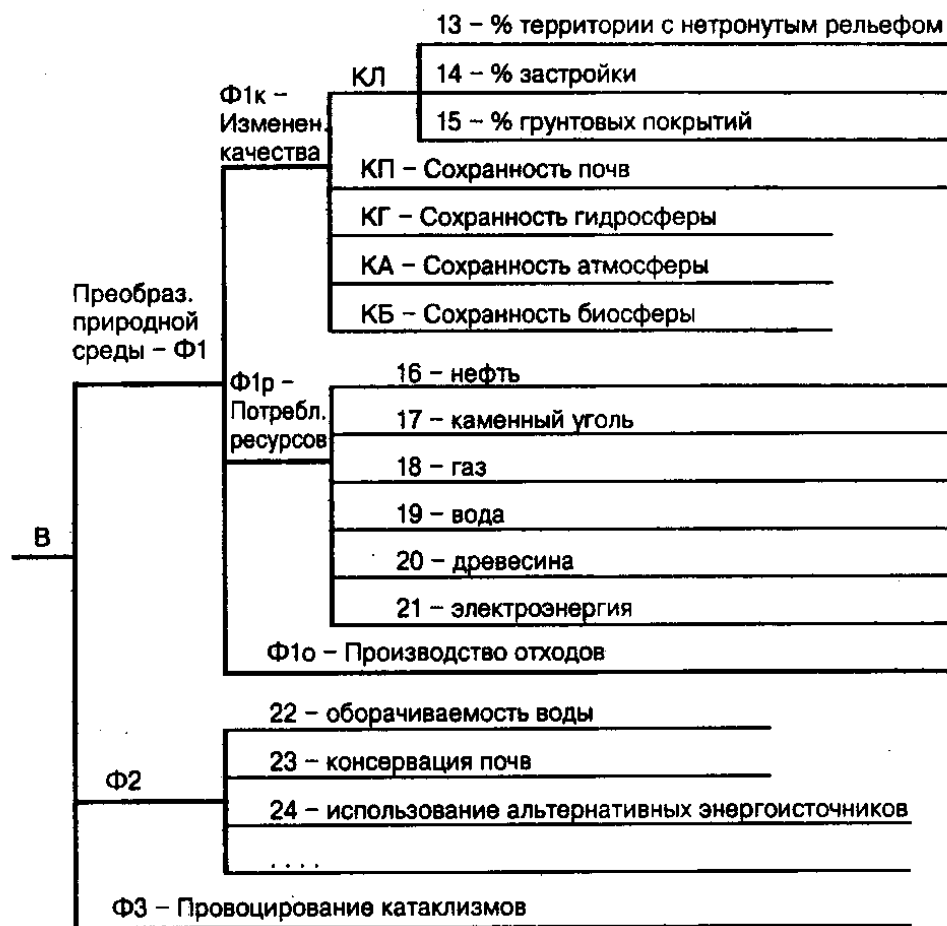


Рис. 2. Поддереву "Функциональность человека в Природе"

Свойство **Ф1к** включает **КЛ** — *Сохранность ландшафта*, которое в свою очередь отображается свойствами: 13 — *доля территории с нетронутым рельефом*, 14 — *% застройки зданиями и площадками с твердым покрытием*, 15 — *% площадок с грунтовым покрытием (или просто открытых грунтовых поверхностей)*. По сравнению с **К5** (см. ветвь **A2-A2K-K5** на рис. 1) здесь, помимо очевидных, имеются отличия в диапазоне значений параметров оценивания. Так, например, если принять постулат, что все техногенные изменения среды противоречат естественно-природным, то *эталонное* [4] значение показателя 13-го свойства нужно установить равным 100%, а 14-го — равным 0%.

Аналогичные особенности оценивания характерны и для других свойств группы **Ф1к**, а именно, свойств **КП** — *Сохранность почвы*, **КГ** — *Сохранность гидросферы*, **КА** — *Сохранность атмосферы*, **КБ** — *Сохранность биосферы*.

Свойством **Ф1р** — *Потребление...* учитываются основные невоспроизводимые ресурсы и лес (см. рис. 2, свойства 16-21).

Свойство **Ф1о** — *Производство отходов...* быть может должно учитывать также и тепловое загрязнение среды. Этот вопрос нуждается в дополнительном изучении.

Ветвь **Ф2** — *Защита среды* может включать, например, такие "потребительские" эффекты, как 22 — *Оборачиваемость воды*, 23 — *Консервация почвенного слоя*, 24 — *Использование альтернативных источников энергии* и т. п. Здесь также масса неизученного, требующего специального технико-экономического анализа.

Концептуальный набросок поддерева **В** — *Функциональность...* представлен на рис. 2.

Модель, представленная рисунками 1 и 2, полезна, по крайней мере, в двух отношениях. Во-первых, будучи достроена до уровней простых и квазипростых свойств, она по замыслу должна выступать в роли универсальной структуры, обеспечивающей сопоставимость результатов оценивания экологичности различных территорий. Во-вторых, она указывает направления, по которым необходимо провести первоочередные дополнительные исследования предметной области.

Модель — что характерно для квалиметрии — позволяет, если требуется, рассчитать независимые оценки значений показателей любого, входящего в нее "качества". Можно, например, по шкале от 0 до 100% оценить фактор выживаемости — **A** или фактор функциональности — **В**. Или же независимо от других, оценить качество ландшафта — **K5** или качество воздуха — **K1**, а затем на этой основе получить интегрированную оценку качества среды обитания — **A2K**. При этом, сопоставимость частных оценок, возможность их использования в оценках более высокого уровня общности обеспечивается тем, что все расчеты производятся на основе одного ДС, играющего роль своего рода стандартной "матрицы". Иными словами, в основе всех частных и общей оценок здесь лежит одна начальная философия — одна, отображенная в ДС, легенда оценивания.

Развивая далее идею независимых частных оценок, рассмотрим модель на рис. 3. Эта, назовем ее альтернативной, модель иллюстрирует возможность по-элементному подходу к оцениванию. Те-

оретически, любая произвольно выбранная городская территория может быть зонирована, т. е. подразделена на составляющие ее элементы или (используя принятую в [7] терминологию) на зоны, например, производственную, селитебную и т. д. В конкретном случае оценивания может быть выбран свой список зон, как это сделано, например, на рис. 3. Важно другое. Используя первичную модель (рис. 1 и рис. 2), можно оценить экологичность каждой зоны в отдельности, а затем по схеме рис. 3 получить квалиметрическую оценку экологичности всей исследуемой территории. Нетрудно заметить, что на базе альтернативной модели можно выстроить логически безупречную систему оценок, упорядоченных в соответствии с любой принятой территориальной иерархией (например: зона—район—город—регион—...).

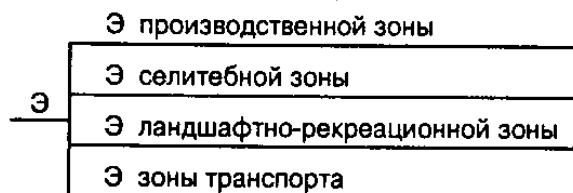


Рис. 3. Альтернативное дерево свойств

Таким образом, в основе Информационно-аналитической системы для мониторинга среды и прогнозирования устойчивости развития территорий лежат модели, названные здесь первичной и альтернативной. Общая схема действий по организации, "настройке" и расширению этой системы выглядит следующим образом.

Выделяем подлежащую исследованию территорию, зонировем ее и приступаем к сбору и математико-статистической обработке данных. А именно, оцениваем экологичность территории, используя прямые замеры в сочетании с экспертными оценками значений показателей простых и квазипростых свойств первичной квалиметрической модели. Замеры значений показателей свойств осуществляются в разных точках территории (фактор X_1), в разное время суток (фактор X_2), в разных погодных условиях (фактор X_3), в разное время года (фактор X_4). Статистическая обработка данных преследует цели выявления наиболее неблагоприятного для исследуемой территории сочетания уровней факторов X_1, \dots, X_4 , а также, получения необходимых оценок дисперсии ошибки эксперимента [8] и построения границ доверительных интервалов для значений показателя экологичности $K_э$. Принципы статистического анализа и способ обеспечения сопоставимости квалиметрических оценок частично изложены в [9].

Для экспертного оценивания значений показателей квазипростых свойств модели привлекаются наиболее квалифицированные специалисты (уровень 1 фактора X_5), работающие в соответствующих предметных областях, и вне связи с первыми — группы представителей общественности (уровень 0 фактора X_5). Затем на основе дисперсионного анализа результатов делаются в числе прочих и выводы относительно значимости фактора X_5 в данной конкретной ситуации оценивания. (О бытующем расхождении мнений специалистов и общественности см. выводы The Public Agenda Foundation by Syrgus Vance (3, Box 10)).

Результаты исследования двух соседних территорий (или зон, выделенных внутри данной терри-

тории) взаимовызываются, как упоминалось, на основе альтернативной модели (см. рис. 3). При этом может выясниться, что две первоначально выделенные на данной территории зоны статистически идентичны или наоборот — зона, первоначально рассматриваемая как однородная, имеет участки с резко отличными значениями показателя экологичности. Таким образом, обработка $K_э$ как принципиально стохастического показателя на уровне значимости α , принятом при условии минимума вероятности β ошибки второго рода [9], позволяет обоснованно трансформировать первоначальные границы исследуемых зон и территорий.

Прогнозирование последствий принимаемых управленческих решений осуществляется путем "проигрывания" их на первичной модели и отслеживания изменений значения показателя экологичности $K_э$ территории "до" и "после" предполагаемой реализации соответствующего проекта. При необходимости, здесь можно использовать предложения К. Дэниела [10] в части построения прогностических регрессионных моделей с дискретными неупорядоченными уровнями исследуемых факторов. Аналогичным образом можно изучать и влияние упомянутых выше факторов X_1, \dots, X_5 .

В заключение необходимо сказать, что надежность прогностических оценок будет зависеть от объема и достоверности сведений, содержащихся в базе данных автоматизированной Информационно-аналитической системы для мониторинга среды и прогнозирования устойчивости развития территорий. Поэтому "замеры" значений показателей свойств верхнего яруса первичной модели нужно вести непрерывно так, чтобы появилась возможность отсеивания случайных не характерных для данной территории возмущений и выявления действительных тенденций и траекторий эволюционного изменения состояния экологичности исследуемой территории.

По мере накопления опыта и знаний структура первичной оценочной модели может уточняться. В результате может возникнуть необходимость перерасчета полученных в ретроспективе оценок. Это не должно привести к сколь-нибудь серьезным затруднениям. Все необходимые расчеты и построения можно выполнить, используя распространенное программное обеспечение типа MathCAD и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Report of the Expert Consultation on Integrating Environmental and Sustainable Development Themes into Agricultural Education and Extension Programmes (Rome, Italy, 30 November to 3 December 1993). — FAO of UN, Rome, 1994.
2. International Environmental Research and Assessment: Proposals for Better Organization and Decision Making. — Report of the Carnegie Commission on Science, Technology, and Government (July, 1992).
3. Risk and the Environment: Improving Regulatory Decision Making. — Report of the Carnegie Commission on Science, Technology, and Government (June, 1993).
4. Азгальдов Г. Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании. — М.: Стройиздат, 1989.
5. Амосов Н. М. Природа человека. — Киев: Наукова Думка, 1983.
6. Карпенко М. Universum sapiens (Вселенная разумная). — М., 1992.

7. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. — М., 1991.

8. Закс Л. Статистическое оценивание. (Пер. с немцк.) — М.: Статистика, 1976.

9. Романов А. И. Оценка качества информацион-

ного ресурса // НТИ. Сер. 2. — 1992. — № 9. — С. 16-18.

10. Дэниел К. Применение статистики в промышленном эксперименте. (Пер. с англ.). — М.: Мир, 1979.

Материал поступил в редакцию 13.01.98.

УДК 661.66

Г. М. Зарубинский, А. Э. Бицкий, Л. С. Андрианова,
Е. Н. Ставинский, А. Б. Звягина

Основные направления исследований в области получения, изучения свойств и практического использования нового класса углеродных материалов — фуллеренов

Приводятся результаты комплексного анализа направлений исследований в области получения, изучения свойств и практического применения фуллеренов с использованием бумажных и электронных источников информации: первичных научных журналов на английском и японском языках, реферативных журналов и баз данных по химии, международных систем автоматизированного поиска STN International и Интернет. Исследование осуществлено группой сотрудников лаборатории патентно-экономических исследований Института высокомолекулярных соединений РАН по инициативе и при финансовой поддержке ООО "Фуллереновые технологии" (Санкт-Петербург).

Современный этап информационного обеспечения научных исследований и разработок характеризуется "многоярусной" и быстро развивающейся системой научных коммуникаций. Пишется о том, что отечественная наука действует в информационном поле, состоящем из большого числа секторов: традиционных периодических изданий, изданий книжного типа, патентной документации, материалов семинаров, симпозиумов и выставок, электронных информационных продуктов и др. [1]. Вокруг сравнительно небольшого числа научных журналов, возникших еще в прошлом веке и типологически мало изменившихся, сформировалось огромное количество журналов, в которых анализируются и обсуждаются разнообразные социальные аспекты применения научных исследований и разработок. Обзорный характер и типология таких изданий сильно отличаются от традиционных научных журналов.

Параллельно потоку первичных журналов с некоторым временным отставанием движется (хочется сказать — несется) поток вторичных изданий: реферативных журналов, указателей содержания периодики, справочников по периодике и др. Особое течение в этой впечатляющей картине составляют издания, основу которых составляет анализ ссылок: Science Citation Index, Journal Citation Reports и др.

При всех типологических, целевых и любых других различиях перечисленных изданий, суще-

ствующих теперь как в традиционной бумажной, так и электронной версиях, и занимающих различные ниши в системе научных коммуникаций, им присуще нечто общее — высокий интеллектуальный уровень подготовки, наличие критериев отбора публикуемых материалов и редакционной обработки.

Интернет представляет принципиально другую информационную среду, формируемую "снизу". Это своего рода планетарная информационная "мешалка", доступная каждому участнику информационного процесса. Система гипертекстовых ссылок снимает извечную проблему выбора, стоящую перед составителем информационного издания: отразить как можно больше документов при минимальном раскрытии их содержания, или максимально раскрыть содержание документов, ограничив себя в их количестве. Интернет позволяет объединить оба подхода — множество гипертекстовых ссылок может быть в принципе раскрыто до первичных документов. Хотя при этом проблема отбора информации полностью перекладывается на пользователя, который опять может оказаться в ситуации "утонувшего в море информации". Но тот информационный "замес", который может получиться в результате поиска в Интернет, бывает подчас столь ценным (именно в силу своей непредсказуемости), что попробовав один раз, нельзя не стремиться повторять эксперимент.

Основной целью настоящего исследования явил-