

С. Л. ТУРКОВ

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСНЫХ ГИС-ПРОЕКТОВ

С позиций системного подхода и геоэкологии рассматриваются методические вопросы разработки информационного обеспечения комплексных ГИС-проектов. Представлены схема фазового пространства геоэкологии, фрагмент общей схемы разработки «смешанной» ГИС-технологии по трем областям знаний (экономика, экология и медицина), архитектура системы планирования принятия решений в сфере управления региональным природопользованием.

Some methodological issues related to the development of information support for packaged GIS-projects are considered in terms of system approach and geoecology. Presented are the geoecology phase space framework, a fragment of the general framework for developing a «mixed» GIS technology spanning three branches of knowledge (economics, ecology, and medicine), and architecture of the decision-making planning system in the sphere of regional nature management.

Природопользование как процесс взаимодействия общества с окружающей средой представляет собой самую обширную, наиболее сложную и жизненно важную сферу производственной и социально-экономической деятельности человека. Проблемами управления системы природа–общество и ее отдельными составляющими занимаются преимущественно такие науки, как экономическая география, региональная экономика, экология и геоэкология. При этом области их научных интересов, терминологический аппарат исследований и информационные потоки пересекаются и взаимно дополняют друг друга. Наиболее точное определение этому дает П. Я. Бакланов: «Природопользование — это всегда взаимодействие, взаимопересечение двух систем, с одной стороны, природной, а с другой — общественной, или социально-экономической» [1, с. 7]. На основе теорий общих и самоорганизующихся систем [2–7] нами приведена одна из возможных схем подобного объединения фазового (информационного) пространства сферы природопользования (рис. 1).

В процессе экологических исследований, а также принятия управляющих решений в сфере регионального природопользования часто приходится выполнять последовательные или параллельные вычислительные и аналитические операции одновременно в нескольких областях — производственной, экономической, социальной. При этом информационные потоки обычно привязаны к конкретным территориальным (географическим и административным) единицам — стране, федеральному округу, региону, городу, району, населенному пункту. В этом случае они принимают форму территориально закрепленных банков данных и знаний, которые в свою очередь организуются в виде геоинформационных систем (ГИС) для каждой конкретной сферы деятельности, например медицины, социологии, экологии, экономики и др.

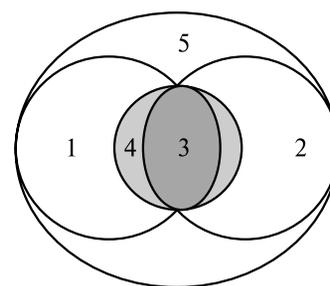
Подобные информационные потоки, как правило, должны взаимно пересекаться и дополнять друг друга, т. е. любое управляющее решение должно иметь комплексный и системный характер. При этом возникает достаточно сложная проблема, когда исследователь, обладающий знаниями в определенной их области или в сфере производственной деятельности, должен для решения поставленной задачи привлечь и других специалистов (экспертов), а также разработать строго аргументированный и оптимальный алгоритм принятия управляющих решений, синтезирующий всю доступную информацию. Некоторым важным аспектам решения этой проблемы, а также вопросам повышения интеллектуального уровня геоэкологических исследований в целом и посвящена настоящая статья.

В процессе исследований использовались системный, кибернетический и программно-целевой методы (подходы), в качестве специальных — теория биосферы (ноосферы) Э. Леруа, П. Т. де Шардена, В. И. Вернадского; теория общих систем (Л. Бергаланфи) и сложно организованных диссипативных систем (Ф. Капра); новая парадигма системного представления мира — «биосферное» (за рубежом — «терапевтическое») мышление; теория бифуркаций И. Р. Пригожина; схема климатика социосистем А. В. Позднякова; теория «телеологических» систем Н. Винера; концепции Устойчивого развития (Sustainable Development) комиссии ООН (Г. Х. Брундтланд) и «Открытое общество» К. Поппера; определение термина «равновесие» Л. Брауна; концепция «моды» Г. Хакена; принципы «соответствия», «дополнительности», «неопределенности» и «зависимости» Н. Бора и В. Гейзенберга; математические аппараты теории игр и распознавания образов.

В качестве основного (подлежащего управлению) функционального процесса принят процесс регионального природопользования (активные сложные системы класса природа–общество [8]), по-

Рис. 1. Системное представление фазового (информационного) пространства сферы природопользования.

1 — фазовое пространство природных процессов (область знаний географии); 2 — фазовое пространство общественных (социально-экономических) процессов (область знаний экономики); 3 — природопользование как взаимосвязанные и пересекающиеся процессы взаимодействия природы и общества (область знаний экономической географии и региональной экономики); 4 — физические, биологические и биосоциальные процессы взаимодействия природы и общества (область знаний экологии); 5 — биосферные (ноосферные) процессы взаимодействия и развития геосфер планеты (область знаний геоэкологии).



сколькo только в его рамках и можно рассмотреть все известные природные и общественно-социальные системы, их развитие во времени и пространстве. По мнению экспертов ООН целевая функция природопользования должна определяться на основе поиска оптимального соотношения системных параметров следующих компонентов устойчивого социально-экономического развития регионов: «производственной деятельности, потребления природных ресурсов, состояния экологических систем, качества окружающей среды и благосостояния человека» [9, с. 7].

Таким образом, процедура поиска оптимального управляющего решения в сфере регионального природопользования априори должна включать одновременное использование комплекса данных и знаний, связанных с производственной и общественно-социальной деятельностью общества. Это положение и определяет необходимость перехода к разработке комплексных ГИС-проектов.

Необходимость обеспечения адекватности объекта и предмета исследования реальным природным системам и процессам обусловлена общей трактовкой термина «управление», под которым в современной философии понимается «функция организованных систем (биологических, технических, социальных), обеспечивающая сохранение их структуры, поддержание режима деятельности, реализацию ее программы, цели» [10, с. 496]. В процессе исследования использовалось также определение этого термина, предложенное А. А. Ляпуновым: «Управление, основанное на передаче информации, является составной частью всякой жизнедеятельности, более того, управление можно объявить характеристическим свойством жизни в широком смысле» (по [8, с. 5]). В теории кибернетики [11] важно также положение о двойственной (биосоциальной) сущности человека, согласно которому он (и общество в целом) одновременно входит в объект (объект природы) и систему управления (субъект природы — разумное существо, имеющее возможность принимать решения).

Результаты исследования рассмотрены на общем примере разработки смешанной ГИС-технологии по трем областям знаний — экономике, экологии, медицине (см. рис. 2).

Допустим, исследователю (в данном случае лицу, принимающему решение, — ЛПР), специалисту в области медицины или здравоохранения, необходимо принять управляющие решения в четко определенных территориальных границах — федеральном округе, регионе, административном образовании, городе, районе, населенном пункте. При этом само решение должно иметь комплексный и системный характер и приниматься на основе сразу трех областей знаний (экономика, экология и медицина). В этом случае применима процедура поиска оптимальных вариантов организации здравоохранения и решения вопросов управления, которые нельзя реализовать без знания социальных и экономических аспектов жизни и деятельности населения, состояния окружающей среды, материальных, экономических и финансовых ресурсов территории.

В качестве исходных информационных потоков целесообразно использовать три территориально привязанных, но независимых банка данных (А, В и С) и аналогичных банка знаний (А', В' и С'). Таким образом, для принятия решения исследователь должен выполнить процедуру логического синтеза трех независимых банков данных и знаний или, другими словами, стать экспертом для группы экспертов — специалистов в других областях знаний.

В текущей практике принятия управляющих решений эта процедура обычно трактуется как простое, привязанное к каждому конкретному объекту изучения, табличное или матричное соединение, дающее новые банки данных и знаний — D и D'. В результате такого подхода исследователь только дублирует и усложняет свою исходную информационную область управления и, соответственно, не может принять правильное и оптимальное решение. Однако со стороны теории информатики и синергетики (теория самоорганизующихся систем) подобное представление сложно организованных информационных потоков в принципе неверно и к тому же неэффективно. Решение этой проблемы заключается в следующем.

Как известно из теории познания (гносеологии), все природные, биологические и социальные системы и объекты относятся прежде всего к классу физических систем. Поэтому при решении по-

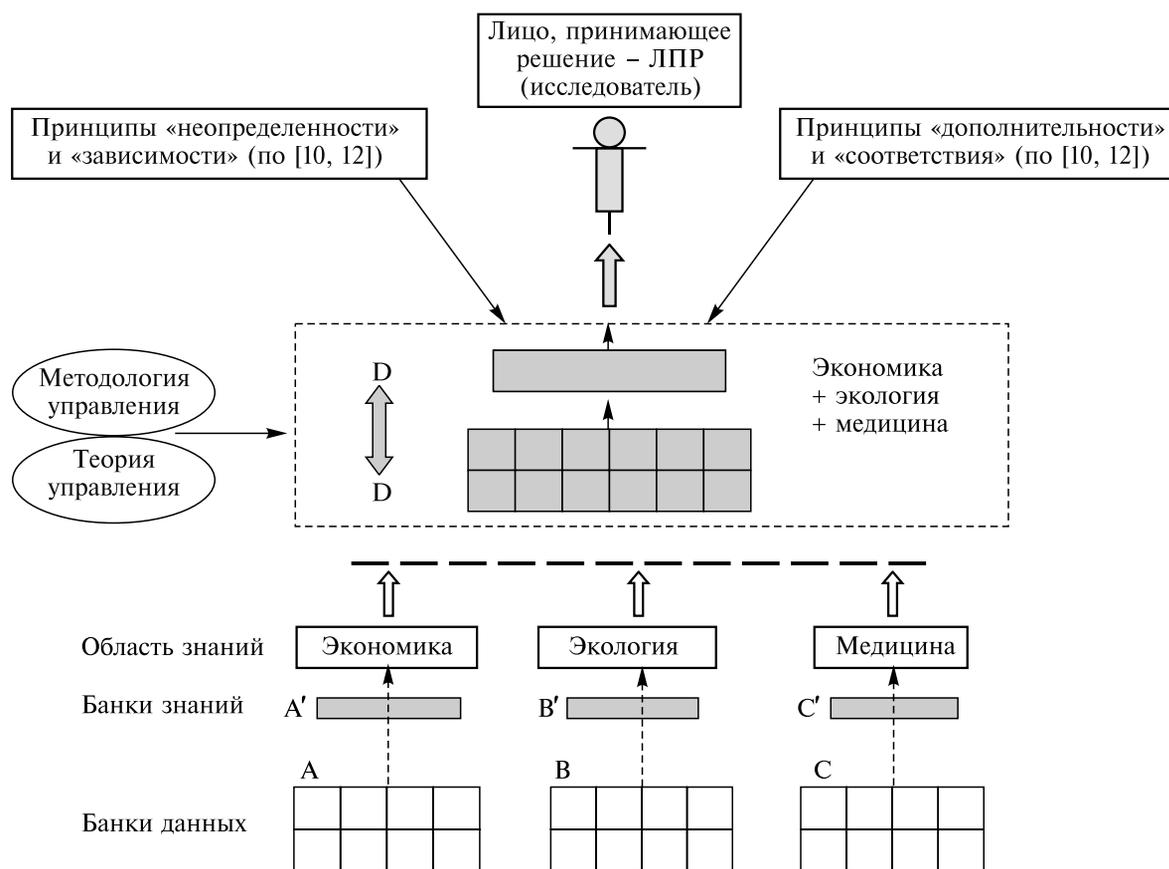


Рис. 2. Фрагмент общей схемы разработки «смешанной» ГИС-технологии по трем областям знаний — экономике, экологии и медицине (обозн. см. в тексте).

добных задач специалисту в любой области знаний необходимо использовать некоторые общие физические принципы управления сложно организованными (биологическими, техническими и социальными) системами и уметь оперировать описывающими эти исходные системы и процессы информационными потоками. Кратко они могут быть сведены к следующим положениям.

В 1927 г. в физику и философию были введены принципы «зависимости» (Н. Бор, В. Гейзенберг) и «неопределенности» (В. Гейзенберг). Согласно первому принципу «невозможно указать ни одной физической системы, имеющей независимое существование отдельно от наблюдателя» [12, с. 41] (возникновение неустранимой неопределенности из-за влияния наблюдателя на наблюдаемый объект); согласно второму «характеризующие физическую систему так называемые дополнительные физические величины (например, координаты и импульс) не могут одновременно принимать точные значения» [13, с. 890]. Следовательно, при уточнении координат какого-либо процесса (в данном случае — новой информационной области принятия управляющих решений) неизменно теряется точность определяемого импульса или его координат.

В этом случае исследователь должен выполнить такие аналитические и вычислительные процедуры: 1) уточнить собственные координаты или перестроить свои знания и опыт по отношению к изучаемой объектной и предметной подобластям управления, поскольку изменение импульса (появление новых данных), исходя из принципа «неопределенности», ведет и к изменению координат, т. е. к получению новых знаний ЛПР; 2) провести процедуру информационного «сжатия» вновь получаемых им банков данных и знаний D и D' .

Исходя из приведенных определений принципов «зависимости» и «неопределенности», формализованное представление подобного алгоритма действий исследователя можно сформулировать как $D + D' \neq \{(A + B + C) + (A' + B' + C')\}$, и, следовательно, вновь получаемая информационная область D и D' не может равняться простой сумме двух исходных данных и знаний в области экономики, экологии и медицины.

Решение этой проблемы заключается в необходимости практического использования принципов «дополнительности» и «соответствия» Н. Бора. Уместно напомнить, что согласно первому принципу «для воспроизведения целостности явления на определенном, «промежуточном» этапе его познания

необходимо применять взаимоисключающие и взаимоограничивающие друг друга “дополнительные” классы понятий, которые могут использоваться обособленно в зависимости от особых (экспериментальных и др.) условий, но только взятые вместе исчерпывают всю поддающуюся определению и передаче информацию» [10, с. 133].

Применительно к описываемой ситуации смысл этого принципа заключается в том, что новая информационная область D и D' является и новым для ЛПР физическим (информационным) объектом исследования. Поэтому, исходя из принципа «зависимости» (система + прибор), он должен, во-первых, ввести для этой области новые дополнительные описательные классы понятий и определений и, во-вторых, выделить в данном объекте так называемые устойчивые «моды», характеризующие устойчивую (равновесную) суперпозицию этой новой системы. Следует напомнить, что в статистике «мода» — это величина признака (варианта), чаще всего встречающаяся в вариационном ряду [13]. Подобные «моды», количество которых ограничено, образуют остов системы и характеризуют «эмбриональное» состояние вновь возникающей пространственно-временной структуры.

Необходимо также отметить, что при желании эффективно управлять сложной организованной системой следует воздействовать не на все ее элементы, а только на подобные устойчивые «моды». Ранее подобные «моды» рассматривались нами в качестве основных элементов геосистемного каркаса территории. Из теории синергетики следует, что при управлении «главное — не сила, а правильная топологическая конфигурация, архитектура воздействия на сложную систему (среду). Малые, но правильно организованные — резонансные — воздействия на сложные системы чрезвычайно эффективны» [5, с. 5].

В результате выполнения таких аналитических процедур должно осуществиться общее «сжатие» новой информационной области принятия управляющих решений. Их правильность и научная достоверность должны проверяться с использованием принципа «соответствия». Из него следует, что «смена одной естественнонаучной теории другой обнаруживает не только различие, но и связь, преемственность между ними, которая может быть выражена с математической точностью» [10, с. 438]. Следовательно, информационное описание объекта исследования (D и D') должно предполагать рассмотрение исходных информационных областей в виде частных и весьма ограниченных вариантов функционирования и развития новой системы. Из теории синергетики известно также, что новое фазовое (информационное) пространство (D и D') должно в известной мере наследовать и сохранять некоторое ограниченное количество устойчивых «мод» исходных областей знаний.

На основе сказанного можно сформулировать два вывода: 1) при одновременных совместных и комплексных научных исследованиях в области геоэкологии, экологии, экономики, социологии и медицины необходимы дополнительные классы понятий и определений, характеризующие (в виде банков данных и знаний) новую физическую (информационную) структуру вновь получаемого объекта исследования; 2) с целью обеспечения адекватности сложных объектов исследования реальным природным, биологическим и социальным объектам и процессам, а также повышения эффективности управляющих решений необходимо уточнять определение вновь появляющихся информационных потоков с одновременным выделением устойчивых «мод» (вариационных характеристик) полной системы.

На практике решение этих проблем сводится к повышению интеллектуального уровня геоэкологических исследований и, в частности, к разработке специализированных систем планирования (поддержки) управляющих решений в сфере государственного и регионального природопользования (рис. 3).

Системный анализ проблемной области управления региональным природопользованием [8] показывает, что несмотря на широкие возможности экспертных систем и ГИС-технологий применение их как ведущего класса инструментальных средств при управлении сложно организованными и плохо формализуемыми системами класса природа—общество с точки зрения эффективности принимаемых решений невозможно. С этой целью с конца 1990-х гг. в мире начали разрабатываться так называемые гибридные (интегральные) системы искусственного интеллекта — системы планирования принятия решений (СПР). Теоретическая их разработка основана на методологическом подходе к решению проблем управления региональным природопользованием (активные сложные системы класса природа—общество) и выделением в нем двух принципиальных свойств, характерных для принятия управляющих решений, — в условиях конфликта и неопределенности [8].

В настоящее время может быть предложено следующее функциональное определение СПР: система планирования (поддержки) принятия управляющих решений относится к классу распределенных вычислительных систем искусственного интеллекта, где функции планирования достоверных данных и логически непротиворечивых решений технологически связаны через задаваемую общую стратегию управления с экспертными знаниями о проблемной области и необходимым комплексом прикладных программ и оценочных функций системы [8]. В целом СПР должны представлять собой независимую (резидентную) и высоко интеллектуальную надстройку над геоинформационными системами. Они призваны не подменять их, а существенно повышать эффективность настоящих и будущих ГИС-систем, проектов и технологий.

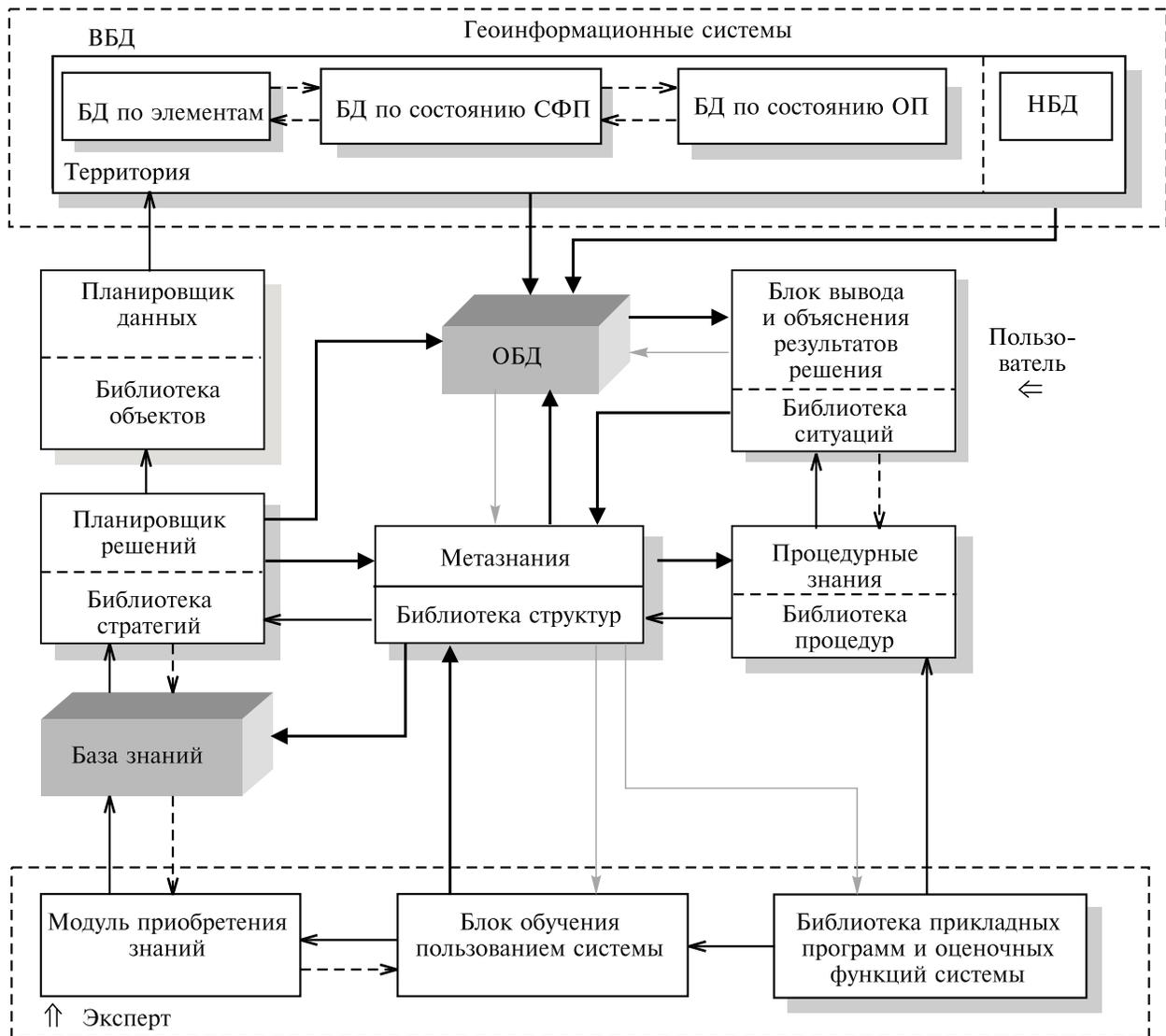


Рис. 3. Архитектура системы планирования принятия решений в сфере управления региональным природопользованием.

На рис. 3 выделены две резидентные, или технологически независимые друг от друга, системы (штриховые линии). Первая (вверху) представляет собой внешний банк данных (ВБД) и, собственно, определяет любую территориально привязанную геоинформационную систему или их совокупность. Она состоит из трех отдельных подсистем (банков данных — БД): по элементам; по состоянию системы физических полей (СФП) — гравитационных, электромагнитных, ядерных взаимодействий; по состоянию обеспечивающей подсистемы (ОП) — внешних сил и ресурсов природной среды (атмосфера, вода, солнечная радиация). Сюда же входит и нормативный банк данных (НБД) о пользовании природными условиями и ресурсами территории.

Вторая система (внизу) представляет собой комплекс специализированных данных и знаний о конкретной предметной области, связанной с процессами функционирования и развития отдельных элементов и подсистем общей территориальной системы класса природа—общество. В нее входят: модуль приобретения знаний (МПЗ); блок обучения пользованием системы (БОПС); библиотека прикладных программ и оценочных функций системы (БППиОФ). Технологически это некоторая совокупность комплекса данных и знаний (функции науки и образования) о происходящих и прогнозируемых биосферных (ноосферных) процессах в региональном разрезе.

Центральная часть рис. 3 характеризует и описывает новую ГИС-технологии принятия сложно формализуемых управляющих решений, или СПР в целом. Основные конструктивные элементы этой системы — база знаний (БЗ), метазнания (МЗ) с библиотекой структур и оперативный банк данных (ОБД). Сама технология принятия управляющих решений включает следующие процедуры.

1. В зависимости от решаемой проблемы, цели исследования и комплекса сопровождающих ее задач пользователь на основе каждой конкретной ГИС-системы или их совокупности прежде всего определяет территориальные границы исследования; затем устанавливает и вводит в ОБД необходимый для решения проблемы набор территориально привязанных данных; выделяет из НБД и вводит в ОБД необходимый ему набор нормативных данных и знаний.

2. На основе анализа сформированного ОБД, а также исходя из поставленной цели и задач исследования, СПР в автоматическом режиме, используя собственные метазнания и библиотеку структур, формирует банк знаний, необходимый и достаточный для решения проблемы. При этом СПР активно использует вторую резидентную систему — МПЗ, БОПС и БППиОФ, а также планировщики данных, решений, процедур и соответствующие им библиотеки.

3. Аналитические и вычислительные процедуры принятия управляющих решений выполняются в ОБД с использованием предварительно выбранных прикладных программ и оценочных функций. Результаты этой процедуры передаются в блок вывода и объяснения результатов решения (БВОР). Если пользователя удовлетворяет полученный результат, процедура решения задачи завершается, в противном случае процедуры по пунктам 1–3 повторяются.

В целом интеллектуальный уровень будущих ГИС-технологий и проектов должен характеризоваться уровнем представления в СПР методологии и теории управления региональным природопользованием, которые, по нашему мнению, описываются математическими аппаратами теории игр и распознавания образов (равновесные процессы, состояния неустойчивого, устойчивого развития и гибель систем класса природа–общество [8]). Технологически подобные представления методологии и теории реализуются в блоках, представляющих собой интеллектуальное ядро СПР, — метазнаниях и библиотеках структур системы, а также в БППиОФ.

С учетом широко известной концепции и стратегии перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, а также с целью практической реализации приведенного подхода можно рекомендовать следующую перспективную схему организации управления системами класса природа–общество на государственном и региональном уровнях (рис. 4). Совокупность элементов этой схемы должна определять структуру и функции будущего демократического государственного (функционального) института управления региональным природопользованием.

Основу такого института долгосрочного планирования и управления должны составлять следующие функциональные элементы: методология и теория управления активными сложными системами класса природа–общество; нормативно-правовые формы, основанные на единстве общей стратегии социально-экономического развития страны и регионов; геоинформационные системы (ГИС) в части банков данных и знаний по территориям, природным условиям и ресурсам, методик кадастровых, экологических, экономических и других видов оценок; системы планирования (поддержки) управляющих решений; эколого-экономические механизмы управления и согласования решений по целевым программам развития на государственном, межрегиональном и региональном уровнях; финансовые институты (денежная оценка земли и ресурсов, природная рента, траст, ипотека, обеспечивающие рыночные отношения в природопользовании); «Индустрия знаний».

Объединение всех этих элементов в технически и технологически единую (человеко-машинную) систему должно осуществляться в рамках специальных (государственных и региональных) центров планирования и управления этими процессами (сегодня эту роль призваны выполнять недавно созданные в стране территориальные фонды информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Минприроды России по федеральным округам). Завершать данную структуру должны Президентский и общественные советы (институты) ус-



Рис. 4. Схема управления активными сложными системами класса природа–общество на государственном и региональном уровнях.

тойчивого развития. Методологическая основа построения этой структуры должна исходить из известных концепций «Открытое общество» К. Поппера и «Индустрия знаний» Т. Стониера. Следует также отметить, что термин «гетерорархия» в синергетике означает гибкие функциональные иерархические формы и структуры управления, быстро создающиеся и преобразующиеся в соответствии с меняющимися потребностями [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Региональное** природопользование: методы изучения, оценки, управления / П. Я. Бакланов, П. Ф. Бровко, Т. Ф. Воробьева и др. — М.: Логос, 2002.
2. **Исследование** по общей теории систем. — М.: Прогресс, 1969.
3. **Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г.** Синергетика и прогнозы будущего. — М.: Наука, 1997.
4. **Капра Ф.** Системное управление в 90-е годы // Проблемы теории и практики управления. — 1991. — № 4.
5. **Князева Е., Курдюмов С.** Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // Вопр. философии. — 1992. — № 12.
6. **Николис Г., Пригожин И.** Познание сложного. — М.: Мир, 1990.
7. **Хакен Г.** Синергетика. — М.: Мир, 1980.
8. **Турков С. Л.** Основы теории управления региональным природопользованием. — Владивосток: Дальнаука, 2003.
9. **Environmental** aspects of the activities of transnational corporations. — N.Y.: United Nations, 1985.
10. **Философский** словарь. 5-е изд. — М.: Политиздат, 1987.
11. **Винер Н.** Кибернетика или управление и связь в животном и машине. — М.: Сов. радио, 1968.
12. **Садбери А.** Квантовая механика и физика элементарных частиц. — М.: Мир, 1989.
13. **Советский** энциклопедический словарь. — М.: Сов. энцикл., 1989.

*Вычислительный центр ДВО РАН,
Хабаровск*

*Поступила в редакцию
5 августа 2005 г.*