

20. Savel'eva I.L. Prirodno-hozjajstvennoe rajonirovanie Rossii [Natural and economic regionalization of Russia]. Geografija i prirodnye resursy, 1997, No 4, pp. 24–38 (in Russian).
21. Saushkin Ju.G. Prirodno-hozjajstvennye rajony Sovetskogo Sojuza [Natural and economic regions of the Soviet Union]. Vestnik MGU, Ser. 5, Geogr., 1980, No 4, pp. 3–13 (in Russian).

УДК 001.8: [50+55]

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-117-130

С.Л. Турков¹

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНООРГАНИЗОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ КЛАССА «ПРИРОДА-ОБЩЕСТВО»

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются вопросы моделирования процессов управления системами класса «природа-общество». Цель и основное направление использования результатов – разработка «человеко-машинных» систем планирования (поддержки) принятия оптимальных управляющих решений при реализации «Концепции устойчивого развития» как официальной доктрины развития России (1996 г.).

В основу методологии исследования положены новая парадигма системного представления мира, теория «ноосферы» П.Т. де Шардена, Э. Ле Руа, В.И. Вернадского, «новая теория энтропии» А.Н. Панченкова (1999). Объект исследования – Активные Сложно организованные Системы класса «природа-общество»; предмет – понятия «равновесие» сложных систем и Концепция «Устойчивого развития» (“Sustainable Development”); методы исследования – теоретико-игровое моделирование, «Игры с природой» (Game against Nature), коалиционные, кооперативные и др., требуемые по условиям постановки задач, игры. При моделировании этим обеспечивается полная интеграция всех доступных сегодня естественнонаучных знаний, а также возможность осуществления вычислительных операций ситуационного управления системами класса «природа-общество».

Исследование предусматривает выполнение следующих пяти этапов изучения проблемы: информационное моделирование возможных структур объекта (исходная область знаний: «геоэкология»); системный анализ и синтез допустимой динамики и внешних условий его развития; математическое моделирование процессов природопользования регионального и локального уровней; технологическое проектирование (ГИС-, ГРИД-технологии и системы искусственного интеллекта для принятия управляющих решений); численные эксперименты и проверки эффективности моделей и алгоритмов. Методически они представлены в виде последовательно связанной совокупности «структурных», «функциональных» и «нормативных» моделей. Предложен новый – «геосистемный» – подход к исследованию проблем устойчивого развития, включающий в себя возможности как внешнего («техногенного»), так и внутреннего (или «мягкого», т. е. поддерживающего и восстанавливающего экологический баланс) управления Природой и Обществом. В терминах «новой теории энтропии» разработаны научные формулировки следующих основных понятий: система класса «природа-общество», конфликт (в условиях «неопределенности»; это основной функциональный процесс их развития), «равновесие» и «устойчивое развитие». Также были разработаны и предлагаются исходные (базовые) формулы и схемы, позволяющие принимать оптимальные управляющие решения в текущей практике регионального природопользования.

¹ Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН; 680000, Россия, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65; e-mail: slturkov@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

моделирование, процессы управления, сложноорганизованные системы, «природа-общество», теория игр

ВВЕДЕНИЕ

Из мирового опыта разработки систем искусственного интеллекта (ИИ) известно, что существуют некоторые крайне сложные и обширные по исходной информации области знаний, которые с трудом поддаются алгоритмической интерпретации, моделированию и машинной реализации. В качестве наиболее классического примера здесь может рассматриваться процесс моделирования возможных последствий «Ядерной зимы», который был впервые выполнен нашими учёными и экспериментально проверен и подтверждён расчётами американских специалистов в 80-е гг. прошлого века [Моисеев и др., 1985]. Результат известен: получены новое научное знание и принципиально иное понимание мировой общественностью серьёзной опасности гонки ядерных вооружений как для всей планеты, так и для её отдельных территориальных образований.

Сегодня актуальность и необходимость подобных или близких к ним по научным и проблемным тематикам разработок всем очевидны [Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Утверждена Указом Президента РФ от 01.04.1996 г. № 440. Собрание законодательства РФ № 15. Ст. 1572; Environmental aspects of the activities of transnational corporations: A survey. N.Y.: United Nations, 1985. 144 p.]. Одной из таковых является решение проблемы устойчивого экономического и социального развития регионов, которая известна еще со времени работы комиссии Г.Х. Брундтланд [1967] и позднее была принята в виде «Концепции устойчивого развития» (“Sustainable Development”; КУР в аббревиатуре ООН, 1993). Однако до сих пор в мире нет каких-либо серьезных теоретических разработок и практики использования её основных положений и установок.

С позиций фундаментальной науки сложившаяся ситуация вполне объяснима; как часто бывает, эта проблема оказалась намного более сложной, чем изначально предполагалось. Выполненные нами (в 1986–2012 гг.) системный анализ и синтез показывают, что главным сдерживающим фактором является неправильный выбор основного направления научного поиска в этой области знаний, в т. ч. базовой парадигмы, отражающей ratio (или «исходное начало, принцип, смысл») этой Концепции как таковой [Хёйзинга, 2007, с. 25; 306]. Поэтому, несмотря на значительные усилия науки, сегодня не совсем понятно, как её реализовать в текущей практике управления развитием территорий разных (глобальный, региональный, локальный) уровней организации планеты, как достичь сформулированной в ней цели или хотя бы объективно оценить степень приближения к ней?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Любое новое научное исследование предусматривает последовательную реализацию следующей технологической схемы познания: «объект» \Leftrightarrow «предмет» \Rightarrow «методы исследования». Из «Общей теории систем» Л. Берталани ([Исследование..., 1969]), кибернетики [Винер, 1968], синергетики [Хакен, 1980] и теории стохастических систем [Пугачев и др., 2004], а также опыта и практики исследования сложных областей знаний [Моисеев и др., 1985] известно, что разработка систем ИИ технологически и методически обычно сводится к следующим этапам и процедурам:

- 1) Информационное моделирование («системная интерпретация») объекта в его полной физической динамике «пространства-времени»;
- 2) Системный анализ и синтез условий развития объекта, когда он рассматривается с позиций каждого конкретного предмета исследования;
- 3) Математическое моделирование (выбор оптимальных методов управления и разработка отдельных модулей, моделей и алгоритмов);

4) Технологическое проектирование и разработка систем ИИ (архитектура систем планирования и управления, СПР; ГИС- и ГРИД- технологии, сети и др.);

5) Функциональные и численные эксперименты (или проверки) отдельных моделей, модулей и алгоритмов, а также исследование и оценка достоверности полученных результатов и достижения заявленных целевых функций.

Такая схема в своей основе предполагает строго последовательную реализацию ее отдельных этапов; исключение любого из них теоретически и практически невозможно. Но, к сожалению, в отношении методологии и теории КУР этапы 1 и 2 далеко не так просто выполнить. Причины заключаются в следующем. Во-первых, у представителей естественных наук, как правило, присутствует явно неадекватное понимание физической сущности исходных процессов функционирования и развития сложно организованных систем класса «природа-общество». Во-вторых, у них нет достаточных знаний в области информатики, синергетики, математики и современных информационных технологий. В итоге и результате – нет никакого смысла приступать к выбору специальных методов исследования и, далее, непосредственно к моделированию всех возможных ситуационных состояний подобных систем (т. е. переходить к этапам работ 3, 4, 5).

Для доказательства этого тезиса можно привести следующие конкретные примеры. Теория ноосферы В.И. Вернадского [в определении Э. Ле Руа и П.Т. де Шардена, 1927] известна уже более 80 лет! Однако до сих пор она остается хотя и весьма конструктивной, но только научной гипотезой. Это результат попыток использования известной еще с середины XVII века старой – «термодинамической» – парадигмы. В целом сложившаяся ситуация объясняется тем, что до начала нашего века в ней отсутствовали факты научного (в т. ч. и экспериментального) подтверждения «законов мышления». Но в конце XX века на основе научных достижений квантовой физики (Единая Теория Поля, ЕТП [Артц и др., 2013]; [Тихоплав и др., 2002]) была сформулирована и далее теоретически и экспериментально подтверждена новая – «ноосферная» – парадигма. Так, согласно исходной методологии (или *ratio* [Хёйзинга, 2007, с. 306]), ЕТП вводит в естествознание, помимо известных ранее четырех фундаментальных взаимодействий – гравитационного (XVIII век), электромагнитного (XIX век), ядерных (сильное и слабое, начало XX века), – информационное взаимодействие (конец XX века), т. е. сводит всё существующее в природе к модели: масса {M}, энергия {E}, информация {I} + 5 элементарных взаимодействий их полей. В основе этих по сути классических и фундаментальных представлений науки об окружающем нас мире лежит переход от геометрии Евклида (пространство с нулевой кривизной; «механистическое» мышление; И. Ньютон и другие) к геометрии Н.И. Лобачевского [1826] с отрицательной кривизной и далее – к геометрии Б. Римана с положительной кривизной [Тихоплав и др., 2002, с. 74–75]. В нашей интерпретации и исходя из *ratio* и ЕТП, их объединение, по сути, и представляет собой новое – «ноосферное» – мышление; оно, в свою очередь, ведет к переходу общепринятого сегодня процесса дифференциации естественнонаучных знаний о нашем мире к их полной интеграции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Теоретические подтверждения новой парадигмы были получены А.Н. Панченковым в 1999 г. [Панченков, 1999]. В этой работе им была предложена и математически разработана новая теория энтропии, согласно которой все процессы окружающей нас действительности подчиняются единому принципу максимума энтропии и закону её сохранения. По существу, это всеобщий принцип оптимальности функционирования и развития сложно организованных, природных и социальных, систем; он, а также принцип «эквивинальности» Л. Берталанфи («... система может достигать одного и того же конечного состояния при различных начальных условиях»; 1950), определяют смысл и цель любых процедур моделирования и управления сложными системами. В этой теории, в отличие от Второго закона термодинамики Р. Клаузиуса, У. Томсона и Л. Больцмана, энтропия имеет позитивный смысл; она рассмат-

ривается как мера совершенства структуры, как сформулированная в символическом виде архитектура системы. В данной среде энтропия имеет двойственное представление и определяется как $H_f = H_q \mid H_p$, где: H_q – структурная энтропия и H_p – энтропия импульса; $H_f = \text{const}$. Согласно ей, все процессы во Вселенной – это процессы преобразования одной энтропии в другую; $H_p \Leftrightarrow H_q$; $H_f = H_q + H_p$. Отсюда H_q – мера совершенства структуры системы; H_p – мера количества ее ресурсов. Для современного естествознания важным также является следующий вывод А.Н. Панченкова, с которым научной общественности трудно не согласиться: «... существующая энтропийная парадигма естествознания XX века, основанная на термодинамической энтропии, оказалась несостоятельной» [Панченков, 1999, с. 520]. К сожалению, сегодня естественные науки, как правило, используют старую парадигму, на основе которой они в принципе не в состоянии решать все требуемые для управления теоретические проблемы КУР (например, так называемые проблемы «ситуационного управления», «оценочных шкал», полного учета условий «конфликта», «неопределённости» и др.; см. таблицу 1).

Таблица 1. Основные физические и информационные характеристики современных парадигм системного представления мира
Table 1. The main physical and information characteristics of the modern paradigm system view of the world

«Термодинамическая» парадигма («объектно-ориентированный» подход)	«Ноосферная» парадигма («нормативный» подход)
Представление природы в виде частей или отдельных ресурсов, а не взаимодействующих процессов.	Связь и взаимозависимость всех явлений и объектов живой и неживой природы, а также происходящих в ней процессов.
<u>Простое линейное пространство:</u>	<u>Многомерное нелинейное «пространство-время»:</u>
– <u>инвариантность мира</u> , при которой сохраняется мера (координаты и импульс) при повороте и переносе материальной точки;	– <u>неинвариантность мира</u> , при которой не сохраняется мера (координаты и импульс) при повороте и переносе материальной точки;
– негативный смысл энтропии, воспринимаемой как мера беспорядка и хаоса;	– позитивный смысл энтропии, когда она рассматривается как мера совершенства структуры, как сформулированная в символическом виде архитектура системы;
– типичный «макро-» подход; при управлении объектами используется принцип «черного ящика», когда рассматриваются и изучаются только внешние – по отношению к системе – процессы;	– «геосистемный» (т. е. «макро-» + «микро-») подход, когда исследуются как внешние, так и внутренние процессы функционирования и развития сложно организованных систем;
– подход полностью адекватен для известных из синергетики «консервативных» систем;	– подход адекватен для преобладающих в природе и обществе «диссипативных» (т. е. далеких от состояния равновесия, самоорганизующихся и саморазвивающихся) систем;
– обеспечивает в известной мере полное решение задач «жесткого» (техногенного) управления;	– обеспечивает решение задач «жесткого» и «мягкого» (восстанавливающего экологический баланс) управления природой;
– возможны только детерминированная и вероятностная (стохастическая) постановка задач управления;	– возможны детерминированная, вероятностная, неопределенная и теоретико-игровая постановки задач управления;
– осуществление вычислительных операций ситуационного управления невозможно.	– теоретически возможно полное осуществление вычислительных операций ситуационного (или так называемого системного) управления.

Следующий шаг информационного моделирования заключается в выборе области знаний и структуры объекта исследования, позволяющих эффективно решать все далее возникающие проблемы КУР. По нашему мнению, она должна сводиться к одному, логически и теоретически связанному блоку, который мы классифицируем как «Метазнания» наук о Земле и Обществе. Можно предложить следующее определение этого термина. *«Метазнания» представляют собой логически (теоретически, методически и технологически) связанные знания высшего уровня об объектной, предметной, проблемной (задачной) подобластях и методах исследования каждой из комплекса наук о Земле и естествознания в целом, общая целевая функция которых направлена на принятие эффективных управляющих решений в процессе «коэволюции»* [Н.В. Тимофеев-Ресовский, 1968] природы и общества. Под «коэволюцией» здесь и далее понимается «совместность» и «согласованность» всех процессов функционирования и развития сложно организованных систем в пределах известных нам геосфер планеты [по Н.Н. Моисееву, 1982 – «ноосферогенез»]. В аналогичном смысле далее употребляется термин «Sustainable Development» и сформулированная на его основе КУР, которая представляет собой концентрированное выражение общей целевой функции процессов «ноосферогенеза».

При этом в качестве физического объекта следует принять активные сложно организованные системы (или АСС) класса «природа <=> общество» (установленный между ними математический символ отражает их «общность» и «равенство» по энтропийному взаимодействию). Физически такие системы представляют собой *взаимно интегрированные целостности систем и объектов, свойства которых не могут быть сведены к свойствам составляющих подсистем и рассматриваются как живые системы, где основным движущим механизмом функционирования и развития является конфликт (в условиях неопределенности)*. Мы предлагаем следующую его формулировку: *«... стремление природы сохранить свое физическое (материально-вещественное), энергетическое и информационное состояние в противовес стремлению человека его нарушить»* [Турков, 2003].

Исходя из теории ноосферы, важно также помнить, что человек, как существо биосоциальное, одновременно является элементом обеих частей этой сложно организованной системы. С одной стороны, он – по факту своего появления – есть физически принадлежащий природе биологический объект; с другой, – как разумное существо и лицо, имеющее возможность принимать решения (ЛПР), – является исходным субъектом, из множества которых и формируется общество. Взаимодействие между элементами таких систем осуществляется в процессе природопользования [«Геоэкология». Специальность 25.00.36 ВАК РФ. Паспорта номенклатуры специальностей научных работников (науки о Земле). Минпромнауки и технологий РФ, ВАК РФ. М.: 2001. 82 с.]; ее фазовое, или информационное, пространство объединяет области знаний геологии, географии, экологии, в т. ч. их региональных и экономических составляющих, в настоящее время рассматривается как новое «междисциплинарное научное направление». В итоге «геоэкология» нами определяется как область знаний о формах существования и пределах взаимодействия всех геосферных оболочек планеты – космо- (так называемый «ближний», до первой точки Лагранжа, космос), лито-, педо-, гидро-, атмо-, био- и антропосферы.

Сегодня можно предложить следующую краткую формулу этой специальности. ГП, ЖР (объект – геосферы планеты, предмет – жизнеобеспечивающие ресурсы); \Rightarrow БС, НС (исходные теории – биосферы и ноосферы); \rightarrow РВ, УР (цель – равновесие и устойчивое развитие); ГЛ, РН, ЛК (уровни управления – глобальный, региональный, локальный); КН (основное свойство – конфликт в условиях неопределенности). Для предмета исследования КУР также важно выделение особого способа представления и интерпретации термина «управление». Известно, что в современной философии под ним понимается *«... функция организованных систем (биологических, технических, социальных), обеспечивающая сохранение их структуры, поддержание режима деятельности, реализацию ее программы, цели»* ([Философский..., 1987, с. 496]). Несложно заметить, что это определение полностью соответствует ос-

новным исходным посылкам теории ноосферы и общей целевой, т. е. подлежащей управлению, функции КУР («Sustainable Development»). Так, из них следует, что первые две функции относятся к состоянию «равновесия», а вторые – к «устойчивому развитию» любых сложно организованных систем. В представленном ниже списке приведена хронология научных теорий, терминов и понятий, без которых в принципе невозможно теоретическое обоснование КУР и управления процессами «ноосферогенеза» ([Хёйзинга, 2007, с. 25; 306]).

- Термин и понятие «энтропия» (по Р. Клаузиусу, 1865);
- Экология (по Э. Геккелю, 1866 и А. Тенсли, 1935);
- Философские принципы (постулаты): «соответствия», «дополнительности», «неопределённости», «зависимости» (Н. Бор, В. Гейзенберг; 1913, 1927);
- Теория игр (Дж. Нейман, О. Моргенштерн; 20-е гг. XX века);
- Биосфера (1926) и теория «ноосферы» Э. Ле Руа, П.Т. де Шардена (1927), В.И. Вернадского (1933);
- Геоэкология (термин введен К. Троллом, 1939);
- «Общая теория систем» (Л. Бергаланфи, 1950);
- Кибернетика (теория «телеологических» систем Н. Винера, 1950);
- Принцип «эквивифинальности» (Л. Бергаланфи, 1950);
- «Геосистемы» В.Б. Сочавы и понятие «инварианта» системы (1963, 1978);
- Функциональное определение термина «управление» (по А.А. Ляпунову, 60-е гг. XX века);
- Термин и понятие «устойчивое развитие» (комиссия Г.Х. Брундтланд, 1967);
- Термин и понятие «природопользование» (Ю.Н. Куражковский, 1969);
- «Гея-гипотеза» (Дж. Лавлок и Л. Маргулис, 70-е гг. XX века);
- Теория «фракталов» (Б. Мандельброт, 1975);
- Единая Теория Поля (ЕТП; 1913 – конец XX века);
- Синергетика и концепция «моды» (по Г. Хакену, 1980), схема «бифуркаций» (по И.Р. Пригожину, 1990);
- Термин «экологический каркас территории» (В.В. Владимиров, 1982);
- Термин и понятие «структуры-аттрактора» (С.П. Курдюмов и другие, 1992);
- Понятие «равновесие» (по Ф. Капра, 1991 и Л. Брауну, 1995);
- Концепция «устойчивого развития» (КУР в аббревиатуре ООН, 1993);
- Новая теория энтропии (по А.Н. Панченкову, 1999);
- Концепция «неогеографии» (по Э. Тёрнеру, 2006).

Информационное моделирование (этапы 1 и 2) завершаются процедурой разработки виртуальных информационных моделей (ВИМ), которые позднее будут трансформироваться (при моделировании конфликта как основного процесса функционирования и развития АСС «природа-общество» в рамках КУР) с целью использования метода теоретико-игрового моделирования (ТИМ). Но это уже этап 3, когда подлежат разработке конкретные модели, модули и алгоритмы управления; подробнее об этом, см. [Золотов и др., 1991; Стогний и др., 2006]. При этом любой реальный конфликтный объект или процесс заменяется своим описанием, понимаемым как информационная модель в широком смысле этого слова, включая ВИМ. В его результате реальным свойствам объекта сопоставляются определенные значения описывающих его параметров, входящих в заранее определенные множества. Таким образом, исследование реального конфликта заменяется изучением его ТИМ. Далее определяется соответствие характеристик и задач исследования реального конфликта характеристикам и задачам его ТИМ \Leftrightarrow (ВИМ). Описание конфликта понимается в таком случае как трехуровневая ТИМ, в моделях которой каждый его уровень характеризуется своим набором свойств, степенью детализации и правдоподобия, что отвечает тому или иному аспекту тео-

ретику-игрового описания на каждом уровне. Между уровнями таких описаний существует взаимосвязь, такая, что выбор значения параметров на одном уровне в общем случае ограничивает возможность выбора множества значений для параметров на ином уровне. В 1997 г. С.К. Полумиенко (Украина, Киев) с этой целью были предложены и введены уровни структурной (С-модель), функциональной (Ф-модель) и нормативной (Н-модель) ТИМ; подробнее об этом, см. [Полумиенко, 1997].

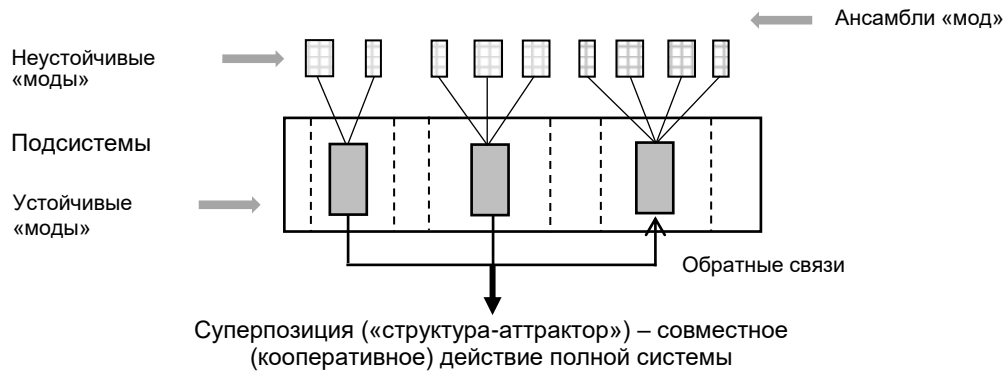


Рисунок 1. Системная интерпретация процесса формирования «структуры-аттрактора» АСС класса «природа-общество»
Figure 1. System interpretation of the process of formation «structure-attractor» ASS class «nature-society»

Методически и технологически разработка «метазнаний» должна заканчиваться, во-первых, разработкой некоторого общего алгоритма и, во-вторых, методологией, теорией, методами и методиками принятия эффективных и адекватных объекту исследования управляющих решений в ГИС-, ГРИД-системах и СПР. При этом непосредственно к задачам управления (по группам методов принятия решений) относятся задачи *интерпретации, диагностики и мониторинга, планирования и реконструкции, прогноза, ситуационного управления* (последнее объединяет и синтезирует все предыдущие задачи; группировки 2 и 3, а также 4 и 5 задач, связаны с возможностью их одновременного решения методами «прямого» и «обратного» выводов в СПР).

Непосредственно к практике принятия управляющих решений при исследовании сложных динамических процессов «ноосферогенеза» и научного обоснования проблем КУР из всех перечисленных ранее относятся следующие понятия: «структура-аттрактор», концепция «моды», «флуктуации» и «бифуркации». Они позволяют прямо реализовать все требуемые процедуры управления «диссипативными», т. е. далекими от состояния «равновесия» системами. Здесь же следует напомнить, что под первыми в синергетике понимаются «...такие реальные структуры в открытых нелинейных средах, на которые выходят процессы эволюции в этих средах в результате затухания в них переходных процессов» [Князева и др., 1992, с. 7]. В физике «мода» – это «...тип собственных электромагнитных колебаний, возбуждаемых в резонаторе или распространяющихся в волноводе или других (например, упругие колебания) направляющих системах»; в статистике «мода» – «...величина признака (варианта), чаще всего встречающаяся в совокупности единиц или в вариационном ряду» [Советский..., 1989, с. 829]. Технологически это параметры порядка в теории фазовых переходов; они определяют все другие подсистемы; подробнее об этом, см. также [Полумиенко и др., 2008, с. 96–98]. Эта концепция позволяет разработать следующую (рисунок 1) физическую (в известной мере и степени абстрактную, но графическую!) интерпретацию процесса формирования «структуры-аттрактора» АСС класса «природа-общество» (это так называемый «микро-», или «внутренний», уровень организации вновь создаваемых систем).

Из рисунка видно, что технологически процесс формирования «структуры-аттрактора» системы происходит следующим образом. Теоретически неопределяемые, имеющиеся и вновь возникающие неустойчивые «моды», точные координаты которых мы не в состоянии (согласно принципу «неопределенности» В. Гейзенберга, 1927) определить, сначала группируются (по типу направления их вращения) в ансамбли «мод», а далее (по принципу их принадлежности к каждому отдельному виду материи) они объединяются в более сложные подсистемы исходной системы. Устойчивые «моды» – обычно их не более 5–7; ими нам и нужно будет далее оперировать на «макро»-уровне управления – возникают в результате «затухания» переходных процессов (см. термин «структура-аттрактор»). Они, в свою очередь, образуют «суперпозицию», которая сохраняется достаточно долгое время. Эти «моды», или предикаты и параметры «структуры-аттрактора», в т. ч. и их геометрия (эффект «формы»), масса, энергия и алгоритм их организации, сегодня физикой фиксируются достаточно надежно [Тихоплав и др., 2002].

С позиций ЛПР и применительно к АСС «природа-общество» общая схема принятия управляющих решений должна иметь следующий вид (рисунок 2; использование известного принципа «зависимости» («система» + «прибор») [Н. Бора, В. Гейзенберга, 1927]); развитие схемы управления «телеологическими» системами по Н. Винеру [1950] в направлении реализации теории «ноосферы» Э. Ле Руа, П.Т. де Шардена, В.И. Вернадского.

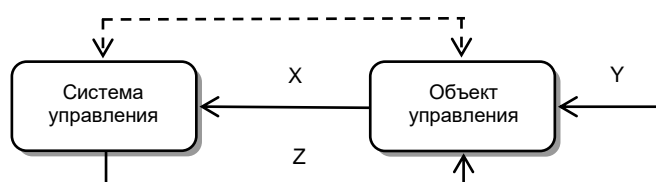


Рисунок 2. Общая схема принятия управляющих решений
Figure 2. The main scheme for making decisions of control

Здесь новая связь «Н» физически отражает одновременное вхождение человека в объект управления («объект природы») и систему управления (или «субъект природы», – разумное существо и лицо, имеющее возможность принимать решения; ЛПР). Это положение раскрывает «двойственную» (биосоциальную) сущность человека (общества) и подчеркивает его исключительную роль среди всех других организмов биосферы. Отсюда можно ввести следующую общую модель управления АСС класса «природа-общество»:

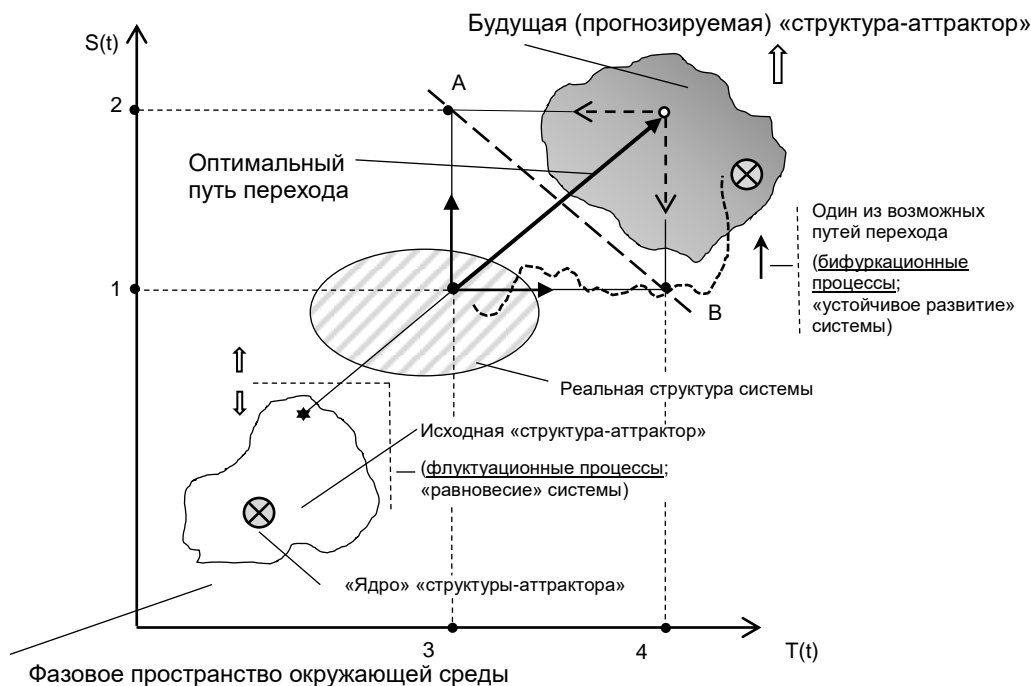
$$\langle \{M_x\}, \{M_y\}, \{M_z\}, F(f), \phi, \Psi \rangle, \quad (1)$$

т. е. управление есть процесс разумного и целенаправленного принятия решений, который определяется множествами состояний объекта управления и окружающей среды, множеством функций лица, принимающего решения, действующего в направлении реализации полной функции управления (Ψ) для достижения глобального и локального критериев оптимизации управления с учетом реакции объекта управления на управляющее воздействие и на реакцию внешней среды (ϕ).

Если на основании некоторого фиксированного (общего) мнения экспертов (или группы ЛПР) определена и формально описана какая-либо будущая относительно устойчивая «структура-аттрактор», которая на данный момент времени рассматривается в виде преследуемого человеком «идеала», то любые частные решения и промежуточные шаги, ведущие к ее достижению, можно представить в виде следующей процедуры (оценка любого возможного состояния систем класса «природа-общество» на всех уровнях управления):

$$Rt(S) = (\{H_n(S, \Omega, t = 0)\} \Rightarrow \text{opt} \{H_{sa}(S, \Omega_0, \Gamma, T)\}), \quad (2)$$

где: $R_t(S)$ – управляющее решение в ситуации или оценка качества состояния системы «природа-общество» на каждом шаге возможного (предполагаемого) перехода от исходной структуры к планируемой ЛПП «структуре-аттрактору»: t – время, $\{Hn(S, \Omega, t = 0)\}$ – функция выигрыша по вариантам перехода: n – варианты решения (перехода); его схема и полное описание представлены в ([Турков, 2003]) и др. работах автора; Ω – фазовое пространство окружающей среды; $\{H_{sa}(S, \Omega_0, \Gamma, T)\}$ – планируемая «структура-аттрактор» (или **F в (1)**) для глобального критерия оптимизации управления: $\Omega_0 \in \Omega$; Γ – новое фазовое пространство окружающей среды; \Rightarrow^{opt} – сложный оптимум перехода (см. формулу (2) и рисунок 3; это «макро-», или «внешний», уровень управления сложно организованной системой класса «природа-общество»).



$S(t)$ – структура перехода; $T(t)$ – время перехода; 1–2, 3–4 – точки, характеризующие динамику состояния и время перехода; точки А–В – теоретический оптимум перехода реальной структуры к будущей (прогнозируемой) «структуре-аттрактору»

Рисунок 3. Схема возможного перехода реальной системы класса «природа-общество» к прогнозируемой «структуре-аттрактору»
Figure 3. Diagram of a possible transition of the “nature-society” real system to the predicted “structure-attractor”

Критерием эффективности, отражающим общий смысл (т. е. ratio, или «исходное начало, принцип, смысл») КУР, формулы (2), её центральной части и рисунки 1, 3, является следующее условие: «минимум потерь исходной природной материи \Leftrightarrow максимум общественно необходимых материальных благ». В соответствии с формулой (1) в текущей практике управления АСС класса «природа-общество» и для любых (глобальный, региональный, локальный) уровней их организации данное условие логически обеспечивает «выход» на полную целевую функцию (т. е. на ситуационное управление такими системами).

В основу разработки схемы (рисунок 3) также были положены два следующих ранее введенных нами свойств АСС, которые характеризуют основные принципы и критерии системного мышления (см. Приложение; пп. 15, 16 [Турков, 2003, с. 341-344]).

Информационная сложность. Изучение каждой активной системы исходя из общности ее информационного состояния, определяемого единством её структуры и динамикой происходящих в ней процессов. *В активных системах каждая новая структура характеризуется новыми процессами и информационным потоком, который не сводится к простому его изменению за счет вновь приобретаемых или теряемых функций системы.*

Фактор времени. Системное управление предусматривает достижение «структур-аттракторов»; при этом *время не является исходным входным параметром: оно определяется в процессе оптимизации структуры перехода активной системы от одного состояния к другому. Время вторично по отношению к структуре перехода.*

В результате и с позиций «новой теории энтропии» А.Н. Панченкова [Панченков, 1999] можно следующим образом сформулировать основные (фундаментальные) понятия теории «ноосферы» Э. Ле Руа, П.Т. де Шардена, В.И. Вернадского [1927, 1933] и КУР.

«Равновесие» – относительно устойчивое состояние АСС класса «природа-общество», когда в процессе функционирования системы в целом сохраняется структура H_q (включая и ее «термодинамическую», или «замороженную», часть – H_z ; в физическом смысле последняя представляет собой термодинамический потенциал возможного – будущего – развития системы); при этом сама «структура-аттрактор» системы остается относительно стабильной в «пространстве-времени».

«Устойчивое развитие» – состояние АСС класса «природа-общество», когда наблюдается качественное изменение H_q (оно осуществляется за счет $H_z \neq \text{const}$; при этом происходит – в процессе формирования ее нового ядра – замещение старой «структуры-аттрактора» на новую, которая далее будет характеризовать уже принципиально другую систему). Она в целом стремится оставаться в будущем достаточно стабильной в окружающем нас «пространстве-времени» (рисунок 3). Теоретически всё это подтверждается квантовой физикой и спектральным анализом.

Из теории игр [Оуэн, 2008] известно, что первое состояние достигается посредством использования в ней понятия «седловой» точки (также см. «Теорему о доминировании»), когда состояние любой сложно организованной системы математически «уравновешивается» таким ее положением, при котором устанавливается возможность достижения \min материальных потерь Природы и \max требуемых Обществом результатов. Отсюда при моделировании возможна полная реализация предложенного выше критерия эффективности, поскольку при отсутствии условий ее достижения можно, по крайней мере, выйти на указанный во Введении уровень оптимального «приближения» к ней (т. е. получать объективные оценки реализации КУР в любой необходимый момент времени). Иными словами, на всех этапах исследования проблем КУР и в рамках любого уровня управления добиться роста эффективности развития каждого конкретного региона в принципе можно методически достаточно простыми операциями с параметрами «исходной» и «платежной» матриц, а также на основе процесса отслеживания в реальном масштабе времени результатов их изменения на выходном графике. Кроме того, каждый исследователь имеет возможность постоянного численного расчета функции выигрыша по любым, требуемым ему и допустимым по условиям постановки задач, вариантам развития территорий; близкие по смыслу практические примеры подобной методики рассматриваются в [Турков, 2013]; [Turkov, 2013].

ВЫВОДЫ

1. Вне методологического перехода в естествознании от традиционного («механистического») к новому – «ноосферному» – мышлению, теоретическое, технологическое и методически правильное решение заявленных проблем КУР по определению невозможно. Это наглядно подтверждается многолетним отрицательным (научным и практическим!) опытом их решения. Предлагаемое решение проблем КУР возможно на основе новой области знаний: «Метазнания» о Земле и Обществе.

2. Основной конструктивный смысл предложенных схем (рисунки 1 и 3) сводится к следующим теоретическим выводам. Во-первых, ими обеспечивается наглядное представление происходящих в АСС класса «природа-общество», как «внутренних» (природных и системных), так и «внешних» (или «антропогенных», т. е. общественных и социально-экономических, а далее в их полной совокупности – «ноосферных») процессов, исследование которых и должно быть обеспечено в рамках КУР и общей целевой функцией «управление». Во-вторых, системному исследованию в рамках этой концепции должны подлежать два реальных состояния таких систем: «равновесие» \Leftrightarrow «устойчивое развитие» (далее этот цикл повторяется). В-третьих, при любых внешних условиях возможного развития при управлении достаточно правильно определить предпочтительные направления их движения в «область притяжения» прошлых («флуктуационные» процессы; этим обеспечивается реализация первой части цикла динамики таких систем в «пространстве-времени»), или же будущих («бифуркационные» процессы; вторая часть этого цикла) «структур-аттракторов». Таким образом, в планировании и прогнозировании возможных будущих состояний природы и общества лучше всего использовать так называемые методы «индикативного планирования», которые были разработаны во Франции в середине 60-гг. прошлого века и широко применяются в настоящее время.

3. Основными методами исследования и принятия управляющих решений в СПР в области ситуационного управления должны стать: предложенный ВЦ ДВО РАН в середине 80-х гг., развиваемый и дополняемый сегодня метод Виртуального Информационного Моделирования (ВИМ), широко известные «Игры с природой» (Game against Nature), а также коалиционные, кооперативные и др., требуемые по условиям постановки задач, игры [Полумиенко и др., 2008].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арнтц У. Кроличья нора, или что мы знаем о себе и Вселенной / У. Арнтц, Б. Чейс, М. Висенте [пер. с англ. А.Н. Степановой]. – М.: Эксмо, 2013. – 384 с.
2. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине: Пер. с англ. / Под ред. Г.Н. Поварова. – М.: Сов. радио, 1968. – 328 с.
3. Золотов Е.В., Ионичевский В.А., Кондратьев А.И., Савин С.З. Информационное моделирование живых систем. – Владивосток: Дальнаука, 1991. – 280 с.
4. Исследование по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – 599 с.
5. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // Вопр. философии. – 1992, № 12. – С. 3–20.
6. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 272 с.
7. Оуэн Г. Теория игр: Пер. с англ. / Под ред. А.А. Корбута. Изд. 4-е. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 216 с.
8. Панченков А.Н. Энтропия. – Н. Новгород: Изд-во об-ва «Интелсервис», 1999. – 592 с.
9. Полумиенко С.К. О решении многоуровневых коалиционных динамических игр // Кибернетика и системный анализ. – 1997, № 5. – С. 76–85.
10. Полумиенко С.К., Савин С.З., Турков С.Л. Информационные модели и методы принятия решений в региональных эколого-экономических системах. Владивосток: Дальнаука, 2007. – 356 с.
11. Пугачев В.С., Сеницын И.Н. Теория стохастических систем: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2004. – 1000 с.
12. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. Прохоров А.М. 4-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 1632 с.

13. *Стогний А.А., Полумиенко С.К., Савин С.З., Турков С.Л.* Некоторые эвристические методы моделирования сложных эколого-экономических систем // Проблемы создания виртуальных информационных моделей. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 43–57.
14. *Тихоплав Т.С., Тихоплав В.Ю.* Физика веры. – СПб.: ИД «Весь», 2002. – 256 с.
15. *Турков С.Л.* Основы теории управления региональным природопользованием. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 367 с.
16. *Турков С.Л.* Игры с природой: Препр. № 136. – Хабаровск: ВЦ ДВО РАН, 2009. – 19 с.
17. *Турков С.Л.* Теоретико-игровая интерпретация теоремы об экономическом районировании // Информационные технологии XXI века: Матер. Междун. научн. конф. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2013. – С. 298–303.
18. *Философский словарь.* Под ред. И.Т. Фролова. 5-е изд. – М.: Политиздат, 1987. – 590 с.
19. *Хакен Г.* Синергетика. Пер. с англ. / Под ред. Ю.Л. Климонтовича, С.М. Осовца. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
20. *Хёйзинга Й.* Homo ludens / Человек играющий / Пер. с нидерланд. Д. Сильвестрова. – СПб: Изд. Дом «Азбука-классика», 2007. – 384 с.
21. *Turkov S.L.* The theorem of economic division into districts (the game-theory interpretation) // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 4th International Academic Conference. November 29–30, 2013. – St. Louis, Missouri, USA. – Vol. 2. – Publishing House “Science and Innovation Center”, Ltd. 2013. – Pp. 197–203.

Sergey L. Turkov¹

MODELING THE PROCESSES OF CONTROL OF COMPLEXLY ORGANIZED “NATURE-SOCIETY” SYSTEMS

ABSTRACT

The report highlights some questions of modeling the processes of control for “nature-society” systems. The purpose and common direction for using the results is to work out the “human-machine” systems of planning (or support) for making the optimum decisions during realization of “Sustainable Development” conception as the official doctrine for the development of Russia (1996).

The research has been based on: the new paradigm of system presentation of the world, the theory of “noosphere” by P.T. de Chardin, E. Le Roy, V.I. Vernadsky, “new theory of entropy” by A.N. Panchenkov (1999). The object of research is the class of Active Complexly organized “nature-society” systems; the subject – concepts of “balance” for integrated systems and Conception of “Sustainable Development”; the methods for researching are the Game-Theory modeling, the “Game against Nature”, coalition, cooperation etc according to condition for staging problems, games. During modeling this ensures the full integration of all accessible today natural sciences knowledge, as well as possibility to carry out computing operations of situation control for “nature-society” systems.

The research foresees execution of the following five stages of the problem study. Information modeling for possible structures of object (the starting field of knowledge is “geoecology”). The system analysis and synthesis of permissible dynamics and outside conditions of its development. The mathematical modeling for natural resources used at regional and local levels. The technological design work (the GIS-, GRID-technologies and artificial intellect systems for control of making decisions). The numerical experiments and checking the efficiency of models and algorithms. Me-

¹ Computer center of Far-Eastern branch of RAS; Kim Yoo Chen st, 65, Khabarovsk, 680000, Russia;
e-mail: slturkov@gmail.com

thodically they are presented as a consecutively connected aggregate of “structure”, “functional” and “normative” models. A new – “geosystem” – approach offered to research the problems of sustainable development, which includes the external (the “technogenic”) and internal (or the “soft”, i.e. supporting and restoring the ecological balance) possibilities of the Nature and Society management. In terms of the “new theory of entropy” the following scientific formulations of concepts have been worked out: the class of “nature-society” system; the conflict (in conditions of uncertainty; this is the main functional process of its development). Also the main (or basic) formulas and scheme have been worked out and suggested, which permits making the optimum control decisions in the current practice of the region natural resources use.

KEYWORDS:

modeling, the processes of control, complexly organized systems, “nature-society”, the Game-Theory

REFERENCES

1. Arntz U., Cheis B., Visente M. Chto my' znaem o sebe i Vselennoj. [What the bleep do we know?]. Per. s angl. A.N. Stepanovoj. Moscow: Eksmo, 2013, 384 p. (in Russian).
2. Viner N. Kibernetika ili upravlenie i svyaz' v zhitvotnom i mashine. [Cybernetics or control and connection in animal and machine]. Per. s angl., Pod red. G.N. Povarova. Moscow: Sov. Radio, 1968, 328 p. (in Russian).
3. Zolotov E.V., Ionichevskij V.A., Kondrat'ev A.I., Savin S.Z. Informacionnoe modelirovanie zhivy'h system. [Information modelling of animate systems]. Vladivostok: Dal'nauka, 1991, 280 p. (in Russian).
4. Issledovanie po obshhej teorii system. [Research into general theory of systems]. Moscow: Progress, 1969, 599 p. (in Russian).
5. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. Sinergetika kak novoe mirovidenie: dialog s I. Prigozhinym. [Synergetics as a new world outlook: dialogue with I. Prigozhin]. Vopr. filosofii, 1992, No 12, pp. 3–20 (in Russian).
6. Moiseev N.N., Aleksandrov V.V., Tarko A.M. Chelovek i biosfera. Opy't sistemnogo analiza i eksperimenty' s modelyami. [A human and biosphere. The knowledge of systems analysis and experiments with models]. Moscow: Nauka, Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury', 1985, 272 p. (in Russian).
7. Ouehn G. Teoriya igr [Game theory]. Per. s angl., Pod. red. A.A. Korbuta, Izd. 4-e. Moscow: Izd-vo LKI, 2008, 216 p. (in Russian).
8. Panchenkov A.N. Entropiya. [Entropy]. N. Novgorod: Izd. obshchestva “Intelservis”, 1999, 592 p. (in Russian).
9. Polumienko S.K. O reshenii mnogourovnevny'h koalitsionny'h dinamicheskikh igr. [About solution of the large number levels coalition dynamic games]. Kibernetika i sistemny'j analiz, 1997, No.5, pp. 76–85 (in Russian).
10. Polumienko S.K., Savin C.Z., Turkov S.L. Informacionny'e modeli i metody' prinyatiya reshenij v regional'ny'h ekologo-ekonomicheskikh sistemah. [The information models and methods of making decisions in regional ecology-economic systems]. Vladivostok: Dal'nauka, 2007, 356 p. (in Russian).
11. Pugachev V.S., Sinicin I.N. Teoriya stohasticheskikh system [The theory of stochastic systems]. Ucheb. posobie. Moscow: Logos, 2004, 1000 p.
12. Sovetskij encziklopedicheskij slovar' [The Soviet encyclopaedic dictionary]. Gl. red. Prokhorov A.M. 4-e izd. Moscow: Sov. encyklopedia, 1989, 1632 p.
13. Stognij A.A., Polumienko S.K., Savin S.Z., Turkov S.I. Nekotory'e evresticheskie metody' modelirovaniya slozhny'h ekologo-ekonomicheskikh sistem [Some evristic methods of modelling for composite ecology-economic systems]. Problemy' sozdani-

- ya virtual'ny'h informacziorny'h modelej. Vladivostok: Dal'nauka, 2006, pp. 43–57 (in Russian).
14. Tihoplav T.S., Tihoplav V.Yu. Fizika very' [The physics of belief]. St-Petersburg: ID "Ves' ", 2002, 256 p. (in Russian).
 15. Turkov S.L. Osnovy' teorii upravleniya regional'ny'm prirodopol'zovaniem. [The basis of control for region natural resources use]. Vladivostok, Dal'nauka, 2003, 367 p.
 16. Turkov S.L. Igrы' s prirodoj. [Game against nature]. Prepr., No 136, Khabarovsk: VC DVO RAN, 2009, 19 p. (in Russian).
 17. Turkov S.L. Teoretiko-igrovaya interpretaciya teoremy' ob ekonomicheskom rajonirovanii [The game-theory interpretation of theorem of economic division into districts]. Informacziorny'e tehnologii XXI veka: Mater. mezhdunar. nauch. konf. Khabarovsk: Izd-vo TOGU, 2013, pp. 298–303 (in Russian).
 18. Filosofskij slovar' [Philosophical dictionary]. Pod red. I.T. Frolova. 5-e izd., Moscow: Politizdat, 1987, 590 p. (in Russian).
 19. Haken G. Sinergetika [Synergetics]. Per. s angl. Pod red. Yu.L. Klimantovicza, S.M. Osovca. Moscow: Mir, 1980, 404 p. (in Russian).
 20. Hyozinga J. Chelovek igrayushchij [Homo ludens]. Per. s niderland. D. Sil'vestrova. St-Petersburg: Izd. Dom "Azбука-klassika", 2007, 384 p. (in Russian).
 21. Turkov S.L. The theorem of economic division into districts (the game-theory interpretation). Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 4th International Academic Conference. November 29–30, 2013. St. Louis, Missouri, USA, Vol. 2, Publishing House "Science and Innovation Center", Ltd. 2013, pp. 197–203.

УДК 681.518.:556(268.46)

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-130-142

Н.Н. Филатов¹

ОПЫТ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРА РФ О СОСТОЯНИИ И ИЗМЕНЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВОДОСБОРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

АННОТАЦИЯ

В обзоре представлены результаты создания баз данных, геоинформационных и информационно-справочных систем, каталогов и экспертных систем и атласов Севера Европейской части России. Основные цели созданных ГИС-продуктов – систематизировать существующую информацию о водных ресурсах и водных объектах и обеспечивать официальной информацией о водных объектах всех субъектов водных отношений; прогнозировать текущее и перспективное планирование использования вод, а также обоснованно устанавливать плату за пользование водными объектами и ресурсами. Важным приложением выполненных в ИВПС работ является решение проблем, связанных с обеспечением экологической безопасности. Показан опыт разработки и технологии реализации ГИС-проектов «Водные ресурсы», «Водные объекты», информационно-справочных систем «Озёра, реки, гидротехнические сооружения», а также создания электронных атласов «Белого моря и водосбора» и географического атласа региона. Разработан электронный и бумажный варианты каталога озёр и рек Карелии, ГИС гидротехнических сооружений, ГИС подземных вод, источников техногенных воздействий на водные объекты. Создана бумажная и ГИС-

¹ Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН; 185030, Россия, Петрозаводск, ул. А. Невского, 50;
e-mail: nfilatov@rambler.ru