УДК 910

А. К. ЧЕРКАШИН

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМОЛОГИЯ: ПРАВИЛА ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМНЫХ ОНТОЛОГИЙ

Изложены методические основы системологии комплексных исследований. Показано, что комплекс знаний о географическом объекте возникает в виде системы пересечения законов различных теорий (полимодель). Формируется пространство взаимосвязанных знаний, системологическая и онтологическая структура которого задается разными формами расслоения. Исследование направлено на формирование логической и математической структуры географических знаний.

Ключевые слова: *системология, системы географических знаний, географический синтез знаний.*

The procedural foundations of the systematology of comprehensive research are outlined. It is shown that a complex of knowledge of a geographical object arises in the form of a system of interaction of the laws from different theories (a polymodel). The space of interrelated knowledge is generated, the systematological and ontological structure of which is specified by different forms of stratification. The research is aimed at forming the logical and mathematical structure of geographical knowledge.

Keywords: *systematology, systems of geographical knowledge, geographical synthesis of knowledge.*

ВВЕДЕНИЕ

Системные модели и методы при исследовании разнообразных процессов и явлений давно стали неотъемлемым атрибутом географической науки как в целостном ее выражении, так и в частных направлениях и отраслях. «Все есть система» — постулат хотя и очевидный, однако часто бесполезный для получения нового знания. Успех приходит тогда, когда системную постановку проблемы удается переформулировать на математическом языке и использовать арсенал математики для решения аналитических, логических и статистических задач. Достигается это, если знания о системах организованы в теоретические конструкции с определением адекватных средств математического выражения связей и некоторых правил оперирования такими знаниями. Совокупность таких правил оформляется в рамках науки о системах — системологии.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Термин «системология» [1—6] получил широкое распространение в современной науке. Однако при определении предмета исследования мнения авторов расходятся. Спектр его понимания идет от системного подхода через методологию системного анализа и создание теорий простых и сложных систем к системологии. Теоретическая системология базирует свои законы на модельной, а не измерительной, как в физике, основе [2]. Модели систем давно являются самостоятельным предметом науки, которая занимается изоморфизмом системных понятий, законов и моделей в разных предметных областях [7], что необходимо для создания экспертных систем решения системных задач. Основой ее служат представления о познавательных типах систем, их классификациях и объединениях [3].

В итоге системология представляет науку *о системах знаний о системах.* Предмет ее исследований — не реальные объекты, рассматриваемые как системы разного рода, а знания об этих системах, объединенные в *пространство системных знаний.* Связь с реальностью опосредованная: существуют или могут существовать системные конструкции, выводимые в системологии как свойства пространства знаний. Системные качества наблюдаемых объектов исследуются и объясняются путем поиска аналогов в пространстве знаний, в связи с чем возникают задачи типизации, классификации, идентификации и интерпретации систем.

Система географических знаний — часть единого пространства системных знаний, а географическая системология — система знаний о географических системах, или в современном понимании — теоретическая география. Причем признается существование систем разного рода [8—10], т. е. полисистемность мира. Для упорядочивания данных и знаний предлагается полисистемная методология [11—12]. Развитие полисистемной концепции позволяет сформулировать ряд обобщений — правил, имеющих непосредственное отношение к системологии как науке о системах знаний [13]: 1) о расслоении пространства знаний на полисистему сквозных теорий, а территориальных объектов — на полисистему моделей, сформулированных на языке соответствующих системных теорий;

 (cherk@mail.icc.ru)

2) о подобии всех теорий через интерпретацию их базовых понятий и законов (аксиом); 3) о существовании геометрической трактовки системных знаний каждой теории и адекватного ему раздела теоретической математики; 4) о распространении и использовании знаний каждой теории в пространстве других теорий; 5) о сквозном характере знаний каждой теории, т. е. о возможности описать на одном системном языке явления и процессы, происходящие в живой и неживой природе, в природе и обществе в форме специфических закономерностей; 6) о фрактально-иерархическом строении системы знаний с повторением на каждом уровне структуры отношений элементов знаний, регламентируемых правилами векторно-комбинаторной логики.

В этот список следует добавить принцип оптимальности выбора системных моделей под решаемую тематическую задачу на языке соответствующей теории. Математические средства выражения описанных закономерностей — теории категорий, функторов, топосов, дифференциальной геометрии и топологии. В результате формируется геометрическая иерархическая модель пространства знаний, представленная набором связанных через интерпретацию и распространение информации теорий, каждая из которых предлагает специфическую системную модель любого объекта.

Данные утверждения не следуют непосредственно из полисистемной методологии, а вводятся аксиоматически в той или иной системной теории либо выступают как обобщения опыта операции со знаниями. К последним прежде всего относятся гипотеза 3 — о геометрической трактовке знаний и гипотеза 4 — о возможности распространения знаний. Положение 1 составляет основу аксиоматики теории полисистемного расслоения, 2 — теории единой науки, а 5 — теории естественной информационной среды, связанной с классификацией. На основе этих обобщений разрабатывается научная концепция, которая сможет объяснить истоки появления принципов полисистемной методологии и позволит перейти на новый уровень понимания и конструирования пространства знаний географии в рамках теоретической системологии.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Географическая закономерность — это пересечение разных законов [14], а конкретно, законов различных системных теорий (рис. 1). Геометрически закон изображается как линия, например *AC,* удовлетворяющая уравнению

$$y = ax + b, \tag{1}$$

где a — идентификатор типа закона (направления, предмета исследования), b — идентификатор ситуации проявления закона (переменная величина). Линии, параллельные (гомологичные) *AC,* в частности *BD,* отражают проявление законов одной теории (a = const) в разных ситуациях b.

Все множество закономерностей (точек плоскости) расслаивается параллельными линиями проявления законов системной теории вида a в разных ситуациях b. Расслоенное пространство закона $y = ax + b$ обозначим X_a. Аналогично проводятся расслоения X_{a1} и X_{a2} ситуационного пространства по законам других теорий: *AD, BE* и *AB, CE*. Им соответствуют уравнения $y = a_1x + b_1$ и $y = a_2x + b_2$.

Каждый объект (ситуация) на плоскости является пересечением, как минимум, двух (базовых) типов законов, например a и a_1, и имеет координаты $y_0 = (ab_1 - a_1b)/(a - a_1)$, $x_0 = -(b - b_1)/(a - a_1)$, соответствуя центру пучка $(y - y_0) = A_0(x - x_0)$ линий — законов, расслаивающих объект под разными углами (точками зрения) на различные предметы исследования. В пучке значение A_0 соответствует идентификаторам законов разного вида ($A_0 = a, a_1$ и т. д.). В пучке законов (проявлении закономерности) объекта (x_0, y_0) характеристики ситуаций (b, b_1 и т. д.) определяются типом законов A_0 и координатами объекта, например, при $A_0 = a_2$ будет $b_2 = -a_2x_0 + y_0$.

Из последнего соотношения следует, что, во-первых, величина b_2 зависит от типов базовых законов и ситуаций (a, b) и (a_1, b_1) и типа специального закона a_2; во-вторых, для любого типа закона a_i соответствующий индивидуальный код ситуации b_i определяется координатами закономерности (центра пучка) x_0 и y_0. В системе одного пучка (закономерности) один закон переходит в другой путем поворота линий вокруг центра (x_0, y_0) — калибровки законов $a \to a_1$. В итоге проявление разных законов в объекте-закономерности эквивалентно *с точностью до калибровочных преобразований*, т. е. проявление разных системных законов в объекте взаимосвязано, сопряжено.

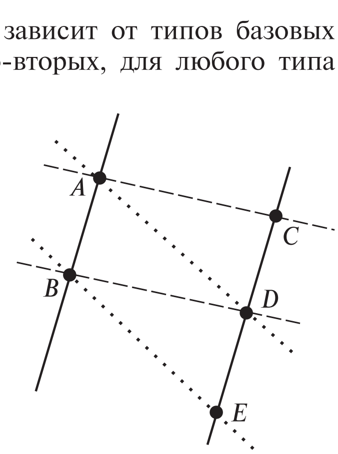

Рис. 1. Геометрическая модель представления на плоскости закономерностей (точки) через пересечение законов (линии).

Усл. обозн. см. в тексте.

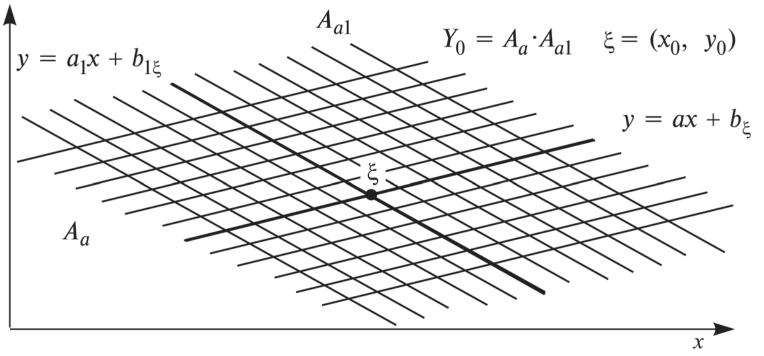

Рис. 2. Пересечение пространств действия разных законов (пояснения см. в тексте).

Разные закономерности (пучки линий с центром A и D) (см. рис. 1) могут лежать на линии одного закона (директрисе), в частности директрисе AD, представляющей, например, тенденцию эволюции ландшафта $A \to B$ как *изменение некоторой закономерности* его строения и развития. Линии (директрисы) AC и BD — это проекции закономерностей A и B в точки C и D из типа ситуации AB в гомологичный тип ситуации, задаваемый линией CD. Пучок линий с центром A проецирует ситуацию A на тип ситуации CDE под разными углами. Подобные проективные отношения позволяют сравнивать закономерности друг с другом.

Все множество закономерностей Y возникает как прямое (декартово) произведение частных расслоенных пространств:

$$Y = X_a \times X_{a1} \times X_{a2} \times \ldots, \tag{2}$$

в котором объект (закономерность) представлен точкой (локальной областью) из множества Y. Для определения точечной структуры Y достаточно задать пересечение двух базовых пространств $Y_0 = X_a \times X_{a1}$ (рис. 2). Точки пересечения $\xi \in Y_0$ одновременно являются точками любого из линейчатых пространств $\xi \in X_a$, т. е. в любой ситуации в той или иной степени (b_ξ) проявляется каждый закон. Координаты точки $\xi = (x_0, y_0)$ однозначно выделяют ситуацию и связанные с ней действия законов

$$y = ax + b_\xi, \ y = a_1 x + b_{1\xi}. \tag{3}$$

Эту связь проявления законов с ситуацией можно представить в виде расслоения–произведения:

$$\pi\colon \ X_a \times X_{a1} \to X_a, \tag{4}$$

где отображение π ставит в соответствие действию пары законов (2) точку $\xi \in X_a$. Отношение (4) естественно обобщается для более сложных связей (2): выражение расслоения $P\colon \ X_a \times X_{a1} \times X_{a2} \times \ldots \to X_a$ конкретизирует действие разных законов в закономерности в соответствии с ситуацией.

Рассматривая информацию о закономерности как выражение конкретных знаний, отношение (2) можно считать полимоделью пространства знаний, смысл которой заключается в том, что всякое знание есть элемент пространства одновременной работы разных системных законов, законов различных системных теорий.

Последовательный полимодельный синтез знаний $\{a_{i\xi}\}$ в целостное представление об объекте ξ (см. рис. 1 и 2) предполагает анализ знаний через определение соответствия каждой специальной модели $a_{i\xi}$ конкретному теоретическому слою A_{ai}. В процессе системологического анализа важно понять, как связаны теоретические системные знания уже не в самом объекте ξ, а в некотором пространстве знаний $\{A_{ai}\}$. При решении этой задачи обобщим модель (4) на все пространство знаний.

Пусть R^{n+1} — многомерное $(n+1)$ пространство всех знаний X, точки которого x — элементарные знания (понятия, законы, модели и т. д.) (рис. 3). Прямое произведение $X^2 = X \times X$ — всевозможные связи знаний, которые могут быть многомерными $X^m = X \times X \times \ldots \times X$, формирующие систему знаний, например, в форме полимодельного описания (2) всевозможных объектов. Точка $\xi \in X^m$ есть пересечение (взаимодействие) знаний, имеющих отношение к конкретной географической ситуации.

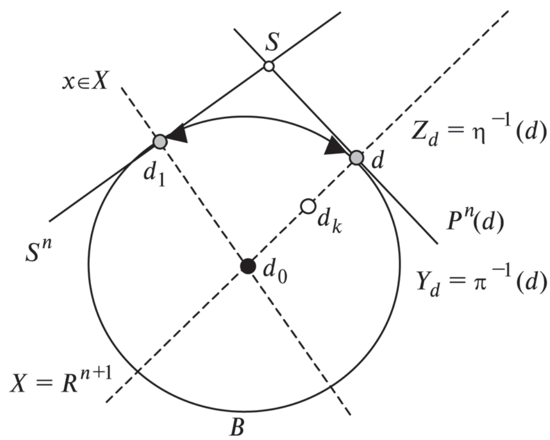

Рис. 3. Структура расслоения пространства знаний (пояснения см. в тексте).

Расслоением пространства знаний называется непрерывное отображение π пространства знаний X на пространство B (базу расслоения): $\pi : X \to B$. Обратное отображение $(\pi^{-1}(d) = f : B \to X, d \in B)$ представляет пространство X в виде расслоенного множества $Y = \{Y_d\}$, где Y_d — слой над точкой d из множества B. Слои Y_d расслоения Y являются результатом своеобразного районирования или типизации пространства X в соответствии со структурой множества B. Элементы $d \in B$ соответствуют инвариантам слоев Y_d, например — понятиям и аксиомам теории, по отношению к которым выводимые знания являются производными элементами этого теоретического слоя. Такая модель знаний достаточно универсальна, и ее эффективное использование во многом зависит от структуры пространства B. В модели представления знаний пространство B рассматривается как многообразие $B = S^n$ (в данном случае поверхность гиперсферы) — подпространство из $X = R^{n+1}$ размерностью n.

Структура пространства знаний по аналогии с моделью (4) задается расслоением–произведением $X \times X \to X$, сопоставляющим каждую связь знаний $X \times X$ с конкретным знанием из X, с учетом которого эта связь реализуется. Расслоение $X \times X \to X$ — это формулировка одного из основополагающих законов географии: всякое знание конкретно, т. е. из всего множества связей выбираются только соответствующие конкретному элементу из X, например знанию о свойствах географического положения.

Выражение $X \times X \to X$ определяет возможность геометрической интерпретации всех знаний, в том числе с использованием методов дифференциальной геометрии и топологии. Этим объясняется существование третьего обобщения системологии о возможности трактовки системных знаний в тополого-геометрических терминах: знания не разрозненны, а являются единой системой взаимосвязанных системных знаний.

Наибольший интерес для системологических исследований представляет расслоение

$$\pi\colon\ B \times X \to B \tag{5}$$

на базовых знаниях B (см. рис. 3). Слой Y_d над d геометрически соответствует касательной гиперплоскости $P^n(d)$ в точке d многообразия $B = S^n$. В конкретном случае (см. рис. 3) — это линия, касательная к окружности S^1 в точке d. Ориентация a линии $y = ax + b$ однозначно определяется положением точки d и свойствами многообразия $B = S^1$. Следовательно, постулирование (5) обеспечивает касательное расслоение всего внешнего к B пространства X на множество слоев $P^n(d)$, соответствующих разным теориям с аксиоматикой d. Это подтверждает справедливость первого обобщения системологии о возможности расслоения всего знания на отдельные системные теории $Y_d = \pi^{-1}(d) = P^n(d)$.

Элементы $d, d_1 \in B$ на многообразии $B = S^n$ взаимосвязаны $d \leftrightarrow d_1$, как связаны координаты всякой поверхности, например сферы, определяемой некоторой функцией. Познавательный смысл этой взаимосвязи заключается, в частности, в возможности интерпретации основных понятий и аксиом одной теории в базовое знание другой и раскрывается в расслоении

$$B \times B \to B, \tag{6}$$

где все элементы базовых знаний индивидуально взаимосвязаны. Это обусловливает истинность второго обобщения системологии о возможности взаимной интерпретации понятий и аксиом разных системных теорий.

Разные системно-теоретические слои Y_d и Y_{d1} пересекаются в области $s = Y_d \cap Y_{d1}$ (см. рис. 3), в которой возможен обмен информацией между слоями знаний, что иллюстрирует четвертое обобщение. Сквозной характер теоретических знаний следует из неограниченности размера гиперплоскости $P^n(d)$.

Другой вид расслоения — нормальное расслоение $Z_d = \eta^{-1}(d)$ над точкой d: $\eta\colon B \times X \to B$. Расслоению η соответствует пучок линий kd, проходящих через точки d с общим центром в точке d_0 (см. рис. 3). Значения k линии kd по направлению d определяет расстояние между d и d_0 и точку d_k на этой линии (рис. 4). Множество точек d_k при разных d и одинаковых k образуют сферы базовых знаний B_k разного радиуса k. На элементах этой базы возможны различные расслоения типа (5) и (6), причем касательные слои $P^n(d(k))$ одной линии kd сходны по направлениям, но различаются по $d = d(k)$.

В центре пучка $d_k = d_0$ объединяются знания разных теорий, т. е. d_0 — набор фундаментальных знаний, общий для всех теорий, инвариант теоретических знаний. Из d_0 при изменении kd вырастают все аксиоматические теории разных уровней k. Показатель k, отражая расстояние d_k до d_0, определяет степень фундаментальности теории типа d_k. Связь $d = d(k)$ теоретического слоя $P^n(d(k))$ объясняет ситуационность проявления законов теории через различие уровня фундаментальности знаний k, требующихся для научного толкования данной закономерности.

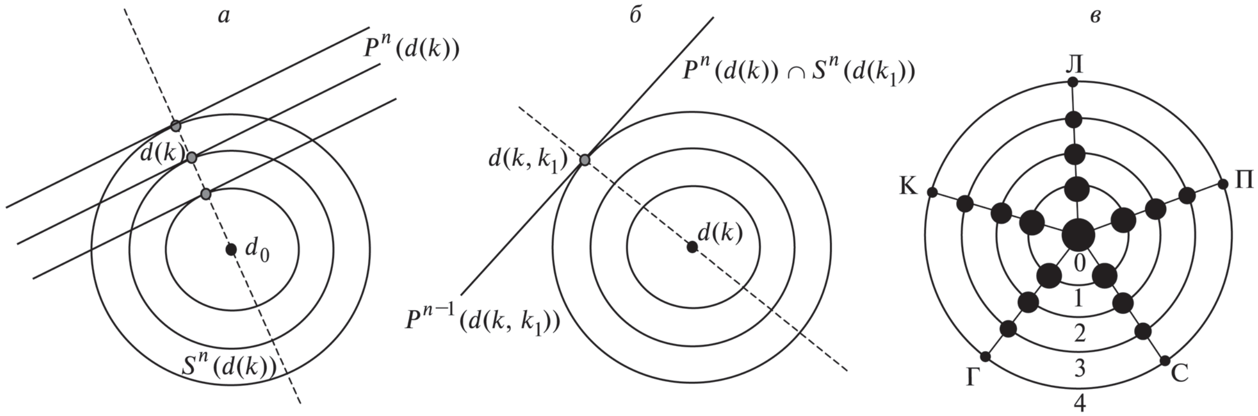

Рис. 4. Расслоения и основанные на них концептуальные модели географии.

а — иерархия сферического расслоения на линии нормального слоя; *б* — структура касательного слоя знаний (пояснения в тексте); *в* — схема факторально-динамических рядов фаций [17] с указанием степени отклонения от планетарно-региональной нормы (0 — коренная фация, 1 — полукоренные, 2 — мнимокоренные, 3 — полусерийные, 4 — серийные фации) и главнейших направлений отклонения от этой нормы — факторально-динамических рядов (Л — сублитоморфный, П — субпсаммоморфный, С — субстагнозный, Г — субгидроморфный, К — субкриоморфный).

Касательное и нормальное расслоения дополнительны (ортогональны) друг другу и определяют в единстве структуру пространства знаний *X*. Нормальное расслоение задает иерархию знаний каждой теории по критерию фундаментальности знаний, что выражается в существовании разных уровней сферического расслоения. Это означает, что знание иерархично организовано, и этот вывод соответствует пятому обобщению системологии об иерархии.

В структуре касательного слоя $P^n(d(k))$ есть свой центр $d(k)$. Каждый слой пересекается сферами разного радиуса *k* (см. рис. 4, *а*), и линии-окружности этого пересечения $S^{n-1} = P^n(d(k)) \cap S^n(d(k_1))$ формируют периферию уровня $k_1 \geq k$ знаний в $P^n(d(k))$ относительно $d(k)$ (см. рис. 4, *б*). Знания, подобно волне, распространяются из общего центра.

В итоге формируется схема представления знаний (см. рис. 4, *б*), аналогичная базовой (см. рис. 3), поэтому в теоретическом слое $P^n(d(k))$ индуцируются все виды расслоения (касательное, сферическое и нормальное), которые дополняют друг друга в отношении «база расслоения–слой». Слой $P^{n-1}(b(k, k_1))$ представляет систему частного знания в общем пространстве знаний *X*. Разные виды расслоений задают структуру этого пространства и определяют правила организации (связности) знаний. Касательные знания $P^n(d(k))$, связанные с инвариантным элементом $d(k)$, формируют системную онтологию знаний — структуру для систематизации, организации, управления и применения научных знаний по предметным областям и тематическим направлениям [15, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Структуры подобного вида широко распространены в географической науке для иллюстрации системных представлений. Например, на рис. 4 (*б*) воспроизведена модель факторально-динамических рядов А. А. Крауклиса [17], где в центре находится инвариант — коренная фация определенного зонального типа. Линии показывают направления видоизменяющего воздействия по различным факторам, а окружности — степени факторной трансформации коренных фаций (серийности). В. Б. Сочава [18] назвал такие структуры связи инвариантов и их вариантов эпигеомерами (эпифация, эпигеом). А. Ю. Ретеюм [19] распространил подобные представления на широкий класс формальных и естественных систем, которые назвал нуклеарными.

Нуклеарные системы (хорионы) имеют сходный концентрический план строения, подобный многослойному строению нашей планеты: обладают ядром и связанной с ним периферией. С этих позиций обсуждаемая структура расслоения верна не только для пространства знаний, но и для организации самых разнообразных природных и социальных явлений. С другой стороны, в современной науке нуклеарные модели могут использоваться для формирования эписистемных онтологий представления географических и других знаний в самой естественной форме, связанной с пространствами расслоения.

Подобная ситуация отражает стиль географического познания через расслоение действительности в узловых точках пространства: мир познается не глобально, а локально (инфинитезимально) — во всей конкретности его проявления, не в общем, а в частности — по фрагментам, из которых путем движения от конкретного к абстрактному складывается уже обобщенная картина жизни. Понимание смысла исследования «в слое» (онтологии) и правил перехода в слои знаний более высокого порядка намного упрощает формирование системы знаний. Например, выделение ареалов типологических единиц (фаций) на местности — форма расслоения территории ландшафта. Точная идентификация и познание каждого слоя-фации возможны лишь при изучении всех ее переменных состояний [17], т. е. при формировании эписистемной онтологии каждого типа фации, на основе которой осуществляется вывод всех структурных и динамических особенностей фации, а также переход к таксономическим единицам более высокого порядка. Аналогично познание разнообразия ландшафтов земной поверхности формирует представление о внутреннем строении Земли и ее эволюции.

Реализуемые в данном случае переходы основаны на идее эписистемной модели Y_d — связи ее элементов и свойств с ядром (инвариантом) $Y_d = \pi^{-1}(d) = P^n(d)$, которому в структурах расслоения (см. рис. 3) соответствует точка d касания эписистемы (плоскости). Эта точка, во-первых, определяет все свойства слоя касания, во-вторых, на сферическом многообразии функционально она связана с другими точками и, в-третьих, связана с точками в иерархии уровней линии нормального расслоения. Проекция этой схемы на строение планеты указывает на фундаментальную роль центра (ядра) планеты в ее эволюции, существование многослойной структуры Земли с взаимодействием слоев по вертикали и горизонтали, на наличие в каждом слое опорных точек, геологические и географические особенности окрестностей которых определяются свойствами этих точек, функционально связанных друг с другом и с центром планеты.

Такой «касательный подход» к познанию открывает новые возможности использования математико-аналитических средств для решения географических задач, в частности в развитии методов научного объяснения. Например, положение об определяющей роли точки касания в слое может быть проиллюстрировано приближением аналитической функции $y = F(x)$ в точке $x = x_0$ прямой с помощью разложения в ряд Тейлора:

$$F(x) \approx F(x_0) + \frac{\partial F}{\partial x}(x_0)(x - x_0). \tag{7}$$

Линия (1) проявления законов $y = ax + b$ соответствует значениям коэффициентов $a = \frac{\partial F}{\partial x}(x_0)$, $b = F(x_0) - \frac{\partial F}{\partial x}(x_0)x_0$. Отсюда хорошо видно, что параметры линейного уравнения (касательной) однозначно определяются координатами точки касания $(x_0,\ y_0 = F(x_0))$. Например, для экспоненциальной формы зависимости $F(x) = C\exp(\alpha x)$ получаем $a = \alpha C\exp(\alpha x_0)$, $b = C\exp(\alpha x_0)(1 - \alpha x_0) = \frac{a}{\alpha}(1 - \alpha x_0)$. Линейное уравнение с этими коэффициентами — это уравнение связи для всех ситуаций, определенных инвариантной точкой (x_0, y_0). Две точки на экспоненциальной кривой (многообразии), удаленные на расстояние $\Delta x = x_1 - x_0$, функционально связаны соотношением подобия $F(x_1) = \exp(\alpha\Delta x)F(x_0)$, определяющим зависимость инвариантов. Это простая иллюстрация взаимозависимости свойств разных точек касания на многообразии $B = S^n$ (см. рис. 3).

Наглядная аналогия прослеживается в моделях представления географических знаний и методах объектно-ориентированного анализа и проектирования. Последние основаны на сходных принципах абстрагирования, инкапсуляции, модульности, иерархичности, типизации, параллелизма и устойчивости и выражаются в выделении классов объектов и их вариантов — производных классов [20]. Этот факт, с одной стороны, сближает системные представления географии с современными направлениями развития информатики, а с другой — позволяет формировать на основе накопленных географических знаний онтологии для ГИС. Наконец, появляется возможность посмотреть на географические и информационные обобщения с общих системологических позиций, основываясь на моделях расслоения пространства знаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Географическая системология рассматривает структуру пространства знаний в виде разнотипных его расслоений, отражающих системные закономерности нуклеарного строения реального земного пространства. Характер расслоения задает правила представления знаний и оперирования ими. Выделяются касательное (дедуктивное, типологическое), нормальное (индуктивное, иерархическое) и сферическое (модельное, базовое) расслоения. Онтология на любом уровне обобщения географических знаний формируется как касательный слой вариантов относительно точки касания — инварианта, лежащего на сфере определенного иерархического уровня.

Все свойства слоя однозначно определяются инвариантом, в частности аксиоматикой специальной системной теории или коренной геосистемой природной зоны, и сохраняют свою истинность только в данном слое (онтологии). Инварианты, лежащие на базовых сферах, функционально связаны между собой через различного рода отображения подобия, а находящиеся на линиях иерархии — отношением соответствия, переходом от частных знаний и явлений к общим.

Такая модель знаний адекватна географической реальности. Она прослеживается во многих концептуальных моделях, объясняет ее строение и объединяет частные представления в целостную систему, когда небольшая, на первый взгляд, идея в системе знаний приобретает существенный вес и новое значение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (06–06–80151) *и Российского гуманитарного научного фонда* (07–02–1112в).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дружинин В. В., Конторов Д. С.** Проблемы системологии. Проблемы теории сложных систем. — М.: Сов. радио, 1976. — 296 с.
2. **Флейшман Б. С.** Основы системологии. — М.: Радио и связь, 1982. — 368 с.
3. **Клир Дж.** Системология. Автоматизация решения системных задач. — М.: Радио и связь, 1990. — 544 с.
4. **Fuenmayor R., López-Garay H.** The Scene for Interpretive Systemology // Systems Practice. — 1991. — № 4 (5). — P. 401–418.
5. **Беляев А. А., Коротков Э. М.** Системология организации. — М.: Инфра-М, 2000. — 181 с.
6. **Евгенев Г. Б.** Системология инженерных знаний. — М: Изд-во Моск. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана, 2001. — 376 с.
7. **Горлин А.** Предисловие // Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. — М.: Радио и связь, 1990. — С. 5–7.
8. **Кузьмин В. П.** Системные исследования и структуры в методологии К. Маркса // Системные исследования: Ежегодник. — М.: Наука, 1978. — С. 26–52.
9. **Урманцев Ю. А.** Общая теория систем — состояние, приложения, перспективы развития // Система, симметрия, гармония. — М.: Мысль, 1987. — С. 38–130.
10. **Урманцев Ю. А.** Начала общей теории систем // Системный анализ и научное знание. — М.: Наука, 1978. — С. 7–41.
11. **Черкашин А. К.** Полисистемный анализ и синтез. Приложение в географии. — Новосибирск: Наука, 1997. — 502 с.
12. **Черкашин А. К.** Полисистемное моделирование. — Новосибирск: Наука, 2005. — 280 с.
13. **Черкашин А. К.** Полисистемные исследования и развитие теоретической географии // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 3. — С. 27–37.
14. **Арманд Д. Л.** Наука о ландшафте. — М.: Мысль, 1975. — 287 с.
15. **Fonseca F., Egenhofer M., Davis C., Câmara G.** Semantic granularity in ontology-driven geographic information systems // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence. — 2002. — Vol. 36. — P. 121–151.
16. **Черкашин А. К.** Системные онтологии расслоения эколого-географических знаний // Вычислит. технологии. — 2007. — Т. 12, вып. 1. — С. 140–153.
17. **Крауклис А. А.** Проблемы экспериментального ландшафтоведения. — Новосибирск: Наука, 1979. — 233 с.
18. **Сочава В. Б.** Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 320 с.
19. **Ретеюм А. Ю.** Земные миры. — М.: Мысль, 1988. — 266 с.
20. **Буч Г.** Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++. — М.: Бином; СПб: Невский диалект, 1998. — 560 с.

Институт географии СО РАН,
Иркутск

Поступила в редакцию
15 сентября 2007 г.