

В.Б. КОРОБОВ*, Б.И. КОЧУРОВ**, А.С. ЛОХОВ*, А.Г. ТУТЫГИН***

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

117997, Москва, Нахимовский просп., 36, Россия, szoioran@mail.ru, a.s.lohov@yandex.ru

**Институт географии РАН, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29, Россия, info@ecoregion.ru

***Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,

163000, Архангельск, наб. Северной Двины, 17, Россия, andgt64@yandex.ru

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ КАК СИСТЕМЫ: НЕОБХОДИМЫЕ СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

Проанализировано понятие «система». Установлены основные свойства систем. Выявлено, что все ее элементы должны быть взаимосвязанными и находиться во взаимодействии, с внешней средой система взаимодействует как единое целое, а деление в ней происходит от целого к частям. Сделан вывод, что применительно к географическим объектам данные требования слишком жесткие, поскольку становится обязательным выполнение всех условий, свойственных системам. Это далеко не всегда возможно, поскольку для реализации целей, в соответствии с которыми формируется объект, может потребоваться учет независимых факторов. Показано, что не все географические и сопряженные с ними объекты — социально-географические и геоэкологические — соответствуют требованиям, предъявляемым к классическим системам, поскольку некоторые (а иногда и все) составляющие их компоненты (или влияющие факторы) не являются взаимно зависимыми. Приведен виртуальный пример задачи — выбора оптимального размещения объекта из нескольких альтернатив, состоящий из нескольких групп факторов, иллюстрирующий отсутствие прямых связей между некоторыми составляющими объекта. Такие объекты предложено называть не-системными. В отличие от систем, для них представляется возможным формировать структуру снизу вверх, от частного к общему, объединяя при необходимости составляющие объекта в группы, что позволяет последовательно усложнять объект исследования по мере необходимости. При этом ряд факторов, например, сезонных, могут изменять свою значимость со временем, что приводит к переходу объектов из состояния «система» в состояние «не-система» и наоборот. К аналогичным последствиям могут приводить факторы, влияние которых ограничено по пространству. Дана графическая интерпретация понятий «система» и «несистемный объект» в виде ориентированных графов, ребра которых представляют собой группы компонентов (влияющих факторов). При таком подходе системы могут рассматриваться как частный случай объектов, в которых все компоненты взаимосвязаны. В то же время системы могут быть составными частями сложных несистемных объектов.

Ключевые слова: объект, система, целостность, компонент, влияющий фактор, ориентированный граф.

V.B. KOROBV*, B.I. KOCHUROV**, A.S. LOKHOV*, A.G. TUTYGIN***

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,

117997, Moscow, Nakhimovskii prosp., 36, Russia, szoioran@mail.ru, a.s.lohov@yandex.ru

**Institute of Geography, Russian Academy of Sciences,

119017, Moscow, Staromonetnyi per., 29, Russia, info@ecoregion.ru

***Lomonosov Northern (Arctic) Federal University,

163000, Arkhangelsk, nab. Severnoi Dviny, 17, Russia, andgt64@yandex.ru

GEOGRAPHICAL OBJECTS AS SYSTEMS: ADEQUATE PROPERTIES AND FUNCTIONS

The concept of “system” is analyzed. The basic properties of systems are established. It was revealed that all its elements must be interconnected and be in interaction, the system interacts with the external environment as a whole, and the division in it occurs from the whole to the parts. It is concluded that in relation to geographical objects these requirements are too stringent, because then there arises a need for mandatory implementation of all the conditions inherent in the systems. And this is not always possible, because the realization of the goals, in accordance with which the object is formed, may require consideration of independent factors. It is shown that not all geographical and related objects — socio-geographical and geo-ecological — meet the requirements for classical systems, because some (and sometimes all) of their components (or influencing factors) are not mutu-

ally dependent. A virtual example of a problem is given, namely the selection of the optimal location of an object out of several alternatives, consisting of several groups of factors, illustrating the absence of direct links between some of the components of the object. It is proposed to call such objects "non-system" objects. In contrast to systems, for them it is possible to form the structure from the bottom up, from private to general, combining, if necessary, the components of the object into groups, which makes it possible to consistently complicate the object of research as necessary. At the same time, a number of factors, such as seasonal factors, can change their importance over time, which leads to the transition of objects from the "system" state to the "non-system" state, and vice versa. Factors, the influence of which is limited in space, can lead to similar consequences. A graphical interpretation of the concepts of "system" and "non-system object" in the form of oriented graphs, the edges of which represent groups of components (influencing factors) is provided. With such an approach, systems can be considered as a special case of objects in which all components are interrelated. At the same time, systems can be components of complex non-system objects.

Keywords: object, system, integrity, component, influencing factor, oriented graph.

ВВЕДЕНИЕ

Понятия «система» и «системный подход» давно и прочно вошли в научный, и не только, обиход. В переводе с греческого под системой понимают нечто целое, состоящее из частей [1]. С античных времен и вплоть до начала XX в. этот термин имел сугубо философское значение и обсуждался, главным образом, со следующих позиций: целое больше составляющих его частей или же части больше целого? Этот спор до сих пор не окончен, но он внес позитивный вклад в теорию систем, поскольку способствовал разработке методологии анализа сложных объектов, состоящих из многих частей.

Основоположником разработки теории систем в современном их понимании является, как теперь принято считать, наш соотечественник А.А. Богданов (Малиновский). Он разработал науку, объясняющую процессы развития природы и общества на основе принципа равновесия, которые представляют собой целостные образования, состоящие из многих элементов, или системы. Свою науку А.А. Богданов назвал тектологией [2]. Независимо от него сходные идеи, пусть только применительно к биологии, высказал Карл Людвиг фон Бергаланфи [3]. Надо сказать, что идеи обоих на десятилетия опередили свое время и стали востребованными много лет спустя.

Бурное развитие теории систем началось в пятидесятые-шестидесятые годы прошлого века, в первую очередь, усилиями М.Д. Месаровича, А. Рапопорта, У.Р. Эшби, Р.Л. Акоффа, А.Д. Холла, Р.Е. Фагена и, конечно же, Н. Винера [4], а в наше время Д. Дори и Г. Силитто [5], А. Бэклунда [6]. Также достойный вклад внесли в нее и советские ученые: А.И. Берг, И.В. Блауберг, Д.М. Гвишиани, В.М. Глушков, А.А. Богданов (Малиновский) и его сын А.А. Малиновский, В.А. Острейковский, В.Н. Садовский, В.Б. Сочава, А.Л. Тахтаджян, Н.В. Тимофеев-Ресовский, А.И. Уемов, Э.Г. Юдин [4].

Быстро стали появляться объекты исследования, в название которых входило слово «система». Не осталась в стороне от этого процесса и география: «геосистема», «социально-экономическая система» и, конечно же, «экосистема», хотя последнее понятие стало использоваться значительно шире, особенно в задачах охраны окружающей среды.

Системная парадигма в середине XX в. охватила все разделы в географии и завершилась разработкой концепции геосистем В.Б. Сочавы. По его мнению [7, 8], геосистемы — это особый класс открытых иерархически соподчиненных систем. Геосистемой является как планета в целом, так и элементарные участки земной поверхности. Однако последние не могут делиться бесконечно (беспредельно). Главное условие их существования — это ареал, т. е. расположение в пространстве. Для каждого ранга геосистем В.Б. Сочава [7, 8] выделяет минимум — ареал, где важное условие существования геосистемы представляет собой критический компонент, без которого не может сформироваться геосистема.

А.А. Крауклис [9] считает, что в элементарной геосистеме должны присутствовать (локализоваться) все компоненты (природные тела и процессы), необходимые для поддержания целостности геосистемы. То есть система существует тогда, когда обеспечивается ее сохранение и целостность. При ее делении мы будем иметь дело не с системой, а с ее элементами.

Универсальным критерием восстановления минимума (ареала) для геосистем разных рангов является круговорот вещества и энергии (биологический, водный, геохимический, тепловой и т. п.), который иерархически подчинен круговороту вещества большего радиуса.

Учение В.Б. Сочавы о геосистемах дало мощный импульс в развитии географии и на годы вперед определило направление многих исследований природной среды.

Цель статьи — показать, в каких случаях географические объекты формируются не как системы, и рассмотреть возможные подходы к анализу такого рода объектов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ

Рассмотрим более подробно определения систем. Их насчитывается множество десятков. Точное число определений доподлинно неизвестно, но очевидно, что значительная их часть неизбежно дублируется.

Начнем с официального: «Система — комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей» [10, с. 4].

Л. фон Берталанфи определял систему как комплекс взаимодействующих элементов [3], а известный специалист в области системной инженерии из США А. Холл рассматривал ее как множество предметов вместе со связями между ними и их признаками. Согласно определению, данному в [11, с. 610], «система — совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство». Отметим лишь, что в этом определении, как и в данном Л. фон Берталанфи, в отличие от трактовки А. Холла, авторы избегают употребления термина «множество», используя такие понятия, как «комплекс» и «совокупность».

А. Бэкlund дает строгое математическое определение системы: «Система — это множество M и не пустое множество связей M, R , удовлетворяющее следующим условиям: [...]» [6, с. 448]. Далее он предлагает пять условий, первое из них — $M \geq 2$, остальные четыре посвящены тому, что система — это связный ориентированный граф, в котором между двумя любыми элементами существует путь в обоих направлениях. Это фактически означает, что если элемент влияет на систему, но не находится под ее влиянием, то он не является ее частью. Такое определение существенно ограничивает понятие системы, но в то же время, как утверждает автор, гарантирует, что все, что не представляет собой систему, не попадает под это определение. Если применить такое определение к географическим объектам, то они в большинстве своем не являются системами, в то же время область его использования существенно ограничивается и, вероятно, не выйдет за пределы кибернетики.

Существуют и другие подходы, рассматривающие системы как множества. Однако, как отметил еще Ю.А. Шрейдер [12], и с ним впоследствии согласились многие специалисты, систему и нельзя понимать как множество, поскольку система не есть множество, а только представима как множество. Действительно, с этим стоит согласиться хотя бы по следующим причинам. В канторовской теории множеств существуют два основных способа задания этих самых множеств: путем перечисления входящих в них элементов либо путем описания каких-либо их свойств.

Первый способ задания множества достаточно понятен и хорошо реализуем на практике при условии, что его элементы доступны для идентификации, а их количество, по крайней мере, обозримо. Такой подход уместен, например, при выборе элементов из имеющейся генеральной совокупности, формировании информационных массивов и т. д. Что же касается описательного способа задания множества, то здесь применительно к практическим ситуациям имеется целый ряд методологических трудностей. Можно привести ряд примеров по отношению к таким свойствам, как «холодный», «далекий», «комфортный» и т. д. Еще один характерный пример, связанный с объемом понятия, встречается в практике применения вербальных и численно-вербальных шкал при экспертных оценках в случаях использования более чем одного языка для описания. Так, объем понятия «excellent» в английском и русском языках может восприниматься и как «отличный», и как «превосходный», при этом практика проведения опросов опять же показывает существенные расхождения в формируемых множествах описываемых объектов. Вследствие этого имеет место точка зрения на определение системы лишь как формализованной модели реально существующих объектов, с границами, заданными самим наблюдателем [13]. При этом, как уже было отмечено выше, многое зависит от языка (либо метаязыка) той теории, в рамках которой строится модель.

Определение термина «система» меняется от области, в которой оно применяется, языка и его профессиональной терминологии. Д. Дори и Г. Силлитто сконструировали следующий шаблон определения, где предлагается из каждой группы слов в квадратных скобках выбрать одно или несколько слов: «Система — это [множество, комбинация, группа, коллекция, конфигурация, устройство, организация, совокупность, собрание, ансамбль] [частей, компонентов, элементов, объектов, подсистем, сущностей] [комбинированных, интегрированных, организованных, сформированных, упорядоченных] таким образом, что [создаются, включаются, стимулируются] [свойства, функции, процессы, возможности, поведение, dimensions] которыми не [обладают, характеризуются, представляются] [отдельные, индивидуальные, простые] [части, компоненты, элементы, объекты, подсистемы, сущности]» [5, с. 213].

Это позволяет выявить некоторые общие черты, присущие определениям системы: некое целое, состоящее из связанных частей, а также их отличия, связанные с типом и количеством частей целого,

характером и типом связей, а также исключаяющей части определения. В то же время авторы предприняли попытку дать обобщенное определение системы: «Система — это совокупность частей или элементов, которые вместе имеют поведение или значение, не характерное отдельным составляющим». Однако следует отметить, что здесь больше происходит замена одних понятий другими, которые в рамках семантики одного языка могут рассматриваться как синонимы [14, с. 1547].

«Системное мышление» прочно вошло в науку во всех ее областях, но некоторые авторы отмечают и недостатки скорее не самой концепции, а априорного следования ей [15].

Современный взгляд на проблему определения термина «система» уже направлен не в сторону обобщения и попыток дать универсальное определение, а в направлении классификации систем и их определения для каждого конкретного случая. В качестве довольно удачного примера можно привести подход к классификации экономических систем, предложенный Г.Б. Клейнером [16], который использует базовую типологию, распределяет системы в зависимости от наличия либо отсутствия ограничений в пространстве и во времени на четыре типа: «проект», «объект», «процесс» или «среда». Клейнер предложил классифицировать экономические системы как ограниченные или неограниченные в пространстве и времени. При этом ограниченные в пространстве могут рассматриваться как «проект» или «объект», а неограниченные — как «процесс» или «среда», в то время как ограниченные во времени как «проект» и «процесс», а не ограниченные — как «объект» и «среда».

Обратим внимание на то, что в типологии Г.Б. Клейнера объект представляет собой частный случай системы, а именно — систему, ограниченную в пространстве и одновременно не ограниченную во времени. В принципе это означает, что если понятие «система» уже имеется, то данная формулировка может быть принята в качестве определения понятия «объект».

В связи с этим нельзя не упомянуть о системном анализе как прикладном направлении теории систем, применяемом при решении сложных слабо формализуемых проблем. Наиболее удачным, на наш взгляд, представляется определение его как методологии исследования трудно наблюдаемых и трудно понимаемых свойств и отношений в объектах с помощью представления изучаемых объектов в качестве целенаправленных систем и изучения свойств этих систем и взаимоотношений между целями и средствами их реализации, данное одним из основоположников советской школы системного анализа в экономике Ю.И. Черняком [17].

Д. Дори с соавторами [14] провели экспертный опрос членов рабочей группы в науках о системах INCOSE ($n = 59$), по результатам которого 73 % опрошенных высказали мнение, что системы как существуют в реальном мире, так и могут быть созданными человеком. В то же время 17 % опрошенных считают, что система — это лишь ментальная конструкция. Что касается самого определения системы, 85–90 % респондентов согласны с тем, что она состоит из нескольких элементов, которые взаимодействуют между собой.

Итак, в науке системами обычно называют объекты, состоящие из нескольких частей, связанных между собой неким образом. Сами системы стали делиться на простые и сложные, открытые и закрытые, статичные и динамичные, гомогенные и гетерогенные, детерминированные и вероятностные, дискретные и непрерывные и т. д., и т. п.

Из всего многообразия параметров и характеристик, которыми описывается реальный или мнимый объект, рассматриваемый как целостная совокупность, сформулируем главные требования к системе: все ее элементы должны быть взаимосвязанными и находиться во взаимодействии; с внешней средой система взаимодействует как целое; в системе деление происходит от целого к частям.

Как следствие, к структуре и анализу систем стали применяться довольно жесткие требования, которые касаются соотношения целого и частей, а также характера связей между частями, что привело к большим сложностям формализации географических и связанных с ними объектов, обладающих своей спецификой. Рассмотрим наиболее характерные из них подробнее.

В последнее десятилетие за рубежом в науках об окружающей среде получила развитие концепция систем «Человек — Окружающая среда» [18]. Ее основные идеи заключаются в использовании менее строгого определения системы и трансдисциплинарности. Этот подход основывается на данных А.Д. Холла и Р.Е. Фагена — понятиях «системы» как множества объектов и связей между ними и их свойствами и «среды» как множества всех объектов, изменение свойств которых каким-либо образом влияет на систему. Он также активно развивается вплоть до настоящего времени [19].

Представление природной среды невозможно без учета экономической, социальной и политической ситуаций, а учесть все аспекты в виде единой системы в ее строгих определениях, как это требуется природоохранным законодательством, чрезвычайно сложно. Тем не менее такие попытки предпринимаются. Так, Т. Миясака с соавторами [20] разработали комплексную модель природной

среды, природопользования и их экономических и политических аспектов для региона полупустынь Внутренней Монголии, расположенного на севере Китая. Цель этой модели — рациональное природопользование в условиях сложного для экономической деятельности климата, а ее отличительная особенность — это наличие множества связей между тремя основными системами: ландшафтной, домохозяйств и регулирующих мер.

В последнее время появилось много работ, посвященных применению фрактального анализа при изучении сложных природных и природно-антропогенных геосистем [21]. Основная его особенность заключается в оценке фрактальных свойств геосистемы, выражающейся в определении способности геосистемы к саморегуляции и самовосстановлению с самоподобия структуры и функций в условиях многокомпонентности антропогенных воздействий. Саморегуляция является системным механизмом, который обеспечивает ее устойчивость в изменяющихся условиях внешней среды. Нарушение саморегуляции равноценно нарушению фрактальности, когда, например, уровень одного или нескольких загрязнений приближен к пределам системной устойчивости, делающим воспроизводство структуры геосистемы невозможным. Анализ изменения величин фрактальных показателей дает возможность судить об усилении или ослаблении способности системы к самовосстановлению.

Фракталы представляют собой множества, обладающие свойствами самоподобия. В математическом плане фрактальность параметров геосистемы означает автоматическое воспроизводство ее структуры в динамике, что является ключевым свойством, определяющим соразмерность уровня хозяйственной эксплуатации и сохранения геосистемы. Именно воспроизводство геосистемы — это главный диагностический показатель, который отражает степень ее антропогенного нарушения.

Установлено, что многие формы природных объектов обладают фрактальными свойствами, и фракталами можно успешно описывать границы объектов (берега, облака, кроны деревьев) и даже такие сложные, как системы кровообращения. Характерные изменения фрактальных показателей могут свидетельствовать о приближении геосистемы к критическим состояниям, при которых она теряет способность к самовосстановлению. То есть фрактальные показатели могут служить индикаторами «катастроф» геосистем.

Фрактальный анализ позволяет получать информацию о внутренних переходных процессах неравновесной (склонной к катастрофам) геосистемы. Такие системы относятся к категории сложных (эмерджентных) в теории систем. Для их адекватного описания нужно использовать степенные распределения параметров. Стохастические, детерминированные параметры в данном случае только упрощают описания и являются частным случаем степенного.

В итоге те процессы, которые разрушают целостность геосистемы, причисляются к катастрофным (их изучает теория катастроф, а также теория самоорганизованной критичности).

АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ СИСТЕМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГЕОГРАФИИ

В данном анализе необходимо исходить от противного, а именно: выявить, какие свойства географических объектов создают сложности в их отображении, если рассматривать их как системы. Чтобы конкретизировать наши рассуждения и сделать их более предметными, рассмотрим их на примере, который является одновременно и географическим, и экономическим, и экологическим.

В качестве модельной ситуации представим такую, в которой компании-инвестору требуется выбрать озеро для разведения в нем товарной рыбы. Собственных средств для этого у предприятия недостаточно, и ему необходимо будет брать кредит. Прежде чем провести ранжирование альтернатив, чтобы выбрать наиболее экономически эффективный и экологически безопасный вариант, лицу или группе лиц — менеджеру проекта или совету директоров, которые принимают решение, в этом случае придется учесть следующие группы факторов (в данном случае выберем наиболее важные из них). Географические: площадь зеркала озера, объем воды в водоеме, длительность безледного периода, тип берегов, транспортная доступность; экологические: уровень эвтрофикации, видовой состав рыб, населяющих водоем, орнитофауна, степень загрязненности вод, донных отложений и берегов, близость особо охраняемых природных территорий и их статус; финансово-экономические: рынок сбыта, банковская ставка по кредиту, состояние трудовых ресурсов, возможность организовать переработку и предпродажную подготовку продукции на месте, возможность использования водоема в целях рекреации. В общем, мы имеем дело с типичной географо-эколого-экономической задачей, решать которую можно многими способами (чем в рамках настоящей публикации мы заниматься не будем). Только отметим, что пример с рыборазведением на озерах выбран не случайно, так как авторам, к сожалению, известны несколько неудачных попыток реализации подобных инвестиционных проектов

в Архангельской области. Анализ показал, что одной из причин их провалов стало отсутствие комплексной модели проекта, учитывающей основные факторы влияния, что, в свою очередь, сделало невозможным проведение соответствующих финансово-экономических расчетов, оценок и прогнозов.

Очевидно, что не все факторы связаны между собой. Так, сложно представить, как видовой состав рыб и банковская ставка по кредиту могут быть взаимосвязаны, то же касается отсутствия связи между длительностью безледного периода и близостью ООПТ. И таких пар в рамках данного примера можно составить несколько десятков.

Но отметим, что кажущееся на первый взгляд отсутствие связей между факторами совсем не означает, что риски, генерируемые последними, совсем не мультиплицируют (усиливают) друг друга и даже, более того, в силу свойства системной целостности (эмерджентности) не создают новые системные риски уже на более высоком иерархическом уровне. Так, в проекте по рыборазведению в одном из районов Архангельской области из-за температурных условий инициаторами проекта была выбрана технология с использованием закрытых бассейнов, что привело, в свою очередь, к резкому удорожанию проекта в целом и, как следствие, к отрицательному финансово-экономическому результату. Когда же по ходу реализации проекта было принято решение о смене режима и переходе к естественному водоему, проект был окончательно «погублен».

Если же говорить об общих проблемах, характерных для такого рода объектов, то в первую очередь надлежит выделить следующие.

Во-первых, сложности установления границ объектов, их состояний как в целом, так и их частей. Вот характерный пример: как на карте провести границу между лесом и степью, тайгой и тундрой при наличии отдельно стоящих деревьев? Однозначных числовых критериев нет. Если использовать такой достаточно произвольный показатель, как плотность насаждений, то он будет сильно варьировать в зависимости от единицы осреднения: на гектар, квадратный километр и т. д. К тому же подлесок может разрастаться, заставляя нас постоянно передвигать границу. Да и какое число принять в качестве критерия границы, тоже непонятно: 50, 67,7 или же 72,138 %?

Во-вторых, не все состояния и не все переходы между состояниями возможны. Так, одни неглубокие водоемы в северных регионах зимой могут промерзнуть до дна, другие же не замерзают даже при сильных морозах.

В-третьих, наличие пространственно-временной изменчивости всех природных процессов и явлений приводит к тому, что многие факторы могут действовать только сезонно, другие же неравномерно распределены в пространстве, вплоть до полного исчезновения. Так, «цветение» водоемов, характеризующееся размножением сине-зеленых водорослей, ухудшающих состояние водных экосистем, может быть или не быть. Условия для данного процесса возникают не каждый год, но учитывать этот фактор при исследовании акватории необходимо.

Также при проектировании протяженных линейных объектов, например, дорог и трубопроводов, естественно рассмотреть такой природный фактор, как заболоченность территории, тесно связанный с количеством осадков и испарением. Если объект проходит по территории избыточного увлажнения, то этот фактор будет одним из наиболее значимых. Но при выходе объекта в степную зону болота могут исчезнуть, а с ними и сам фактор. Соответственно, и роль факторов «осадки» и «испарение» станет другой, а испарение может вообще оказаться излишним, разве что потребуются для решения весьма специфических сопутствующих задач. Отметим, что влияющие факторы могут не только исчезать, но и появляться (например, если двигаться в обратном направлении из местности, где болота отсутствуют, к местам, где они есть).

В-четвертых, при изменении числа факторов, как в большую, так и в меньшую сторону, могут проявляться такие специфические эффекты, как, например, изменение ранга, приводящие к перераспределению значимости факторов. Для многоуровневых систем это может стать причиной изменения их структуры [22].

ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМИРОВАНИЮ ОБЪЕКТА

Сформулируем общие требования к формированию географических и родственных с ними объектов, которые нельзя, или затруднительно, идентифицировать как системы [23, 24]. Такие объекты мы предлагаем называть несистемными.

Формирование цели. Этот этап является ключевым: как будет обозначена цель, так и станут определяться факторы под ее реализацию. При этом важно отметить следующее обстоятельство: как и набор факторов, так и их количество могут быть различными, что дает возможность подходить к формированию объекта по-разному.

Объект составляется из любых компонентов. В отличие от системы, где ее членение на составляющие идет сверху вниз, формирование географических объектов обычно происходит в обратном направлении. А это значит, что исследователь свободен в своем выборе компонентов объекта и их взаимосвязей.

Правила анализа разрабатываются применительно к данному случаю в соответствии с целью (назначением) объекта. Наукой сформирован мощный и развитый арсенал методологий, методов и средств анализа самых различных объектов. Их совокупность многими учеными рассматривается как набор технологий, из которых, как из кирпичиков, или блоков, собирается последовательность процедур анализа. Сюда входят: модели (причем, самые разные — гидро- и термодинамические, стохастические, интегральные, дифференциальные и т. д.), статистическая обработка данных, численные схемы интерполяции и решения уравнений, «облачные» технологии и многое другое.

В принципе, этим данный подход мало чем отличается от анализа систем, особенно управляемых, для которых та же кибернетика выработала огромный арсенал средств анализа. Но разница, причем принципиальная, заключается в том, что при анализе систем мы в куда большей мере скованы формальными требованиями, обусловленными характером системы, за пределы которых выходить не рекомендуется (иначе можно потерять статус системы).

Для независимых компонентов можно установить «нулевые» связи между этими компонентами. В тех случаях, когда объект рассматривается как система, но в нем имеются компоненты, не связанные или слабо связанные между собой, такое взаимодействие можно формализовать как нулевую связь, рассматривая ее как частный случай общей связи. При этом следует помнить, что не все методы допускают нулевые значения. Например, шкала отношений, являющаяся ключевой процедурой широко известного метода анализа иерархий для попарного сравнения факторов, вообще не имеет нулевых значений. Если же удастся подобрать такой метод анализа, который будет учитывать нулевые связи как частный случай, то этим создадутся условия для сравнительного анализа различных объектов без наложения на них дополнительных ограничений.

И здесь необходимо дать еще один комментарий, правда, совершенно из другой предметной области, в отношении учета либо неучета слабых связей. Один из основоположников новой экономической социологии американский социолог М. Грановеттер в своей, получившей широкую известность, работе [25] показал, что именно «слабые связи», представляя собой наиболее значимые источники информации, зачастую становятся ключевыми с точки зрения мобильности в социуме. Впоследствии гипотеза М. Грановеттера о «силе слабых связей» неоднократно находила подтверждения в результатах массовых экспериментов, проводимых в социальных сетях, которые, бесспорно, относятся к категории сложных систем в рамках модели «тесного мира» [26, 27]. Данный пример наводит на мысль о том, что в сложных системах слабые связи принимать в качестве нулевых либо игнорировать их другим образом следует крайне осторожно.

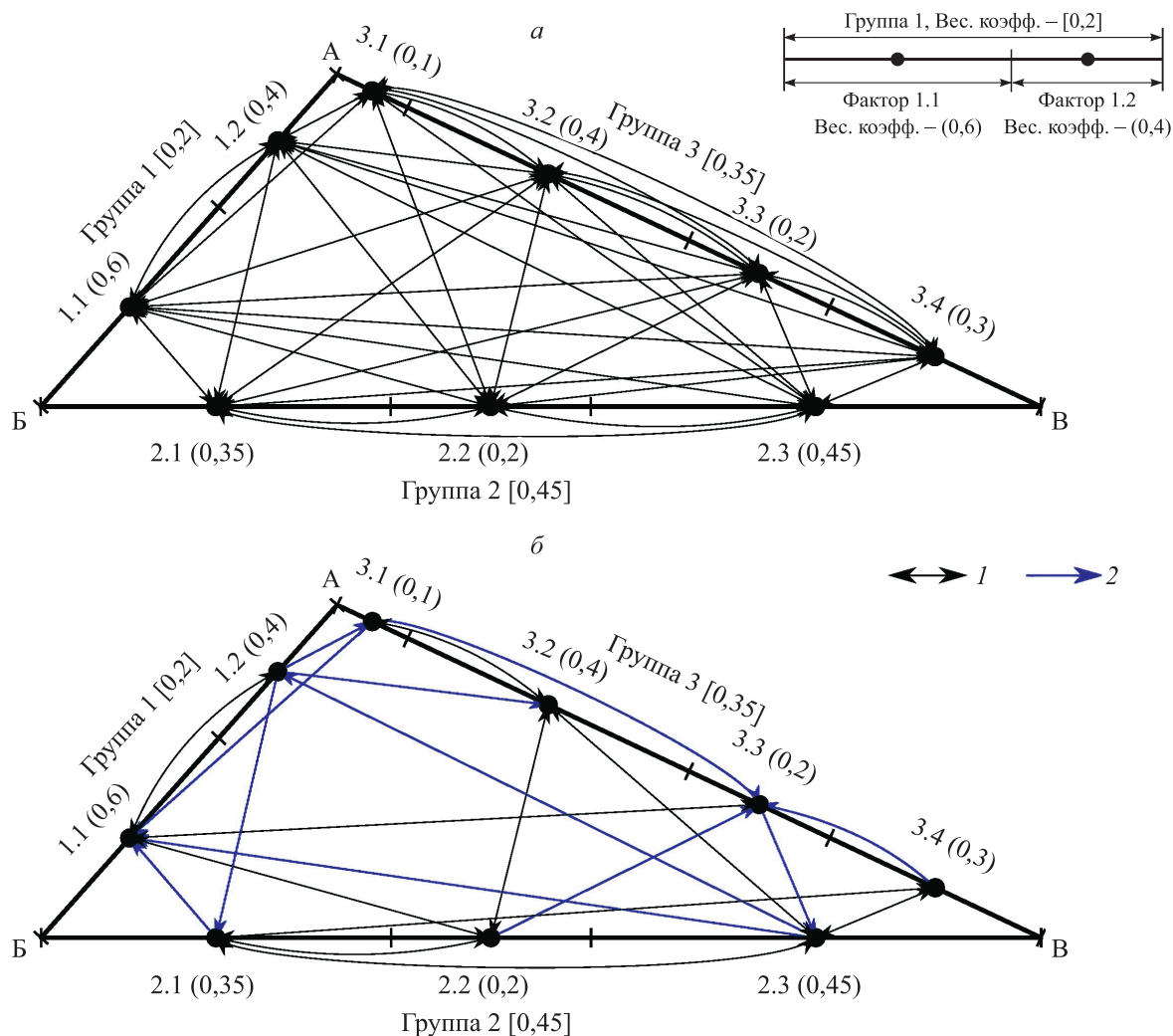
Следует сказать, что, как мы уже неоднократно отмечали в своих публикациях, такой подход к объектам не нов и основывается на мировоззрении таких выдающихся ученых, как И. Кант, В. Вернадский, А. Зиновьев и Н. Моисеев.

АНАЛИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ: ВЫЯВЛЕНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Этот вопрос поставлен давно, и ответа на него, который бы устраивал всех, нет, да и не может быть по одной причине: для объектов, состоящих из множества компонентов, каждый из которых может пребывать в различных состояниях, а также связан с другими самыми разнообразными способами, не существует точного решения. Попытаемся обосновать это положение.

Чтобы описать какой-нибудь объект, мы должны дать его характеристику во всех возможных его состояниях. А какое число конечных состояний может принять такой объект? Если и не бесконечное множество, то очень много даже при грубой дискретизации состояний. И это при том, что при их описании широко используются интегрированные показатели [28, 29] (например, индексы загрязненности воздуха и воды), чтобы свести число характеристик, пусть и однородных, к некоторой величине, позволяющей оценить состояние объекта.

Из этого вытекает настоятельная необходимость совершенствовать существующие методологии анализа сложных объектов и развивать новые. Рассмотрим одно из возможных направлений, которое дают аналитические сети (графы). Они строятся следующим образом. На определенное координатное



Граф системы (а) и несистемного объекта (б).

Связи: 1 — между факторами; 2 — однонаправленные.

поле — на плоскости или n -мерном пространстве, наносятся координаты составляющих объекта в некотором гиперпространстве, т. е. объект представляется как топологический. Затем те из составляющих, которые связаны между собой, соединяются линиями. Полученная фигура называется ориентированным графом. Такое представление объекта очень удобно и позволяет учесть все типы присущих данному объекту связей — прямые, обратные, опосредованные и косвенные. Пример того, как может выглядеть ориентированный граф некоего природного объекта, представлен на рисунке. На нем отображен объект, состоящий из трех групп факторов разного объема, т. е. содержащие различное число факторов. Факторы отображены двойными номерами на ребрах графа. Геометрические расстояния между факторами на ребрах соответствуют их значимости (весовым коэффициентам), а длины ребер — значимости группы (в скобках указаны их весовые коэффициенты). Технически вместо весовых могут использоваться коэффициенты значимости — это зависит от моделей, употребляемых для анализа.

Аналитические сети существенно упрощают формализацию объекта и в то же время позволяют учесть все известные связи, необходимые для получения результата в соответствии с поставленной целью. Их применение позволяет получить более адекватные описания объектов.

В то же время некоторые части объектов, такие как отдельные водоемы и водотоки, ландшафты, популяции животных и ряд других, могут рассматриваться как системы. Это позволит использовать наработанный за многие годы богатый арсенал для их исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной постулат в определении объекта как системы заключается в необходимости связи всех ее составляющих между собой. Это требование достаточно жесткое и накладывает существенные ограничения на характер функционирования систем, вынуждая жить их по определенным правилам, пусть и своим для каждого типа систем.

Однако далеко не все географические, а также географо-экономические и географо-экологические объекты могут быть представлены как системы, поскольку не все их компоненты могут быть взаимосвязаны.

Отказ от постулата взаимной связи существенно расширяет возможности создания объектов и в ряде случаев упрощает методы их анализа. В то же время отдельные компоненты или же части таких объектов вполне могут рассматриваться как системы.

Именно такая идеология была заложена авторами [30], предложившими рассматривать отдельные компоненты сложного объекта как системы, а отношения между ними устанавливать на основании эмпирических данных и логического анализа причинно-следственных связей.

Для определения количественных значений такого рода связей можно использовать экспертные технологии и аналитические сети. При этом необходимо разработать количественные и качественные критерии, позволяющие разделять географические системные и несистемные объекты.

Необходимо исследовать условия, когда объект или его отдельные составляющие переходят из системы в несистемы и обратно. Они могут вызываться как естественными, так и нормативными (устанавливаемыми законодательством) причинами.

Работа выполнена в рамках темы государственных заданий Института океанологии им. П.П. Ширинова РАН FMWE-2021-0006 «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана — геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов — литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек», Института географии РАН FMGE-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8) «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Всемирная** энциклопедия: Философия / Гл. науч. ред. и сост. А.А. Грицанов — М.; Минск: АСТ, Харвест, Современный литератор, 2001. — 1312 с.
2. **Богданов А.А.** Технология. Всеобщая организационная наука. — М.: Экономика, 1989. — Кн. 1 — 304 с.; Кн. 2. — 351 с.
3. **Bertalanffy L. von.** Modern Theories of Development. — New York: Harper Torchbooks, 1962. — 232 p.
4. **Острейковский В.А.** Анализ устойчивости и управляемости динамических систем методами теории катастроф — М.: Высшая школа, Абрис, 2012. — 326 с.
5. **Dori D., Sillitto H.** What is a System? An Ontological Framework // Systems Engineering. — 2017. — Vol. 20, N 3. — P. 207–219.
6. **Backlund A.** The definition of system // Kybernetes. — 2000. — Vol. 29, N 4. — P. 444–451.
7. **Сочава В.Б.** К теории классификации геосистем с наземной жизнью // Докл. Ин-та географии Сиб. и Дальн. Вост. — 1972. — Вып. 34. — С. 3–14.
8. **Сочава В.Б.** Системная парадигма в географии // Изв. ВГО. — 1973. — Т. 105, вып. 5. — С. 393–401.
9. **Крауклис А.А.** Некоторые итоги // Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. — Новосибирск, 1975. — С. 270–278.
10. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005** Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (аналог ISO/IEC 15288:2002 System engineering — System life cycle processes) [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/1200045267> (дата обращения 16.10.2022).
11. **Философский словарь** / Под ред. Л.Ф. Ильичёва, П.Н. Федосеева, С.М. Ковалёва, В.Г. Панова. — М.: Советская энциклопедия, 1983. — 840 с.
12. **Шрейдер Ю.А.** Сложные системы и космологические принципы // Системные исследования. Ежегодник. 1975. — М.: Наука, 1976. — С. 149–171.
13. **Hybertson D.W.** Model-oriented Systems Engineering Science. — New York: Auerbach Publications, 2009. — 379 p.
14. **Dori D., Sillitto H., Griego R.M., McKinney D., Arnold E.P., Godfrey P., Martin J., Jackson S., Krob D.** System Definition, System Worldviews, and Systemness Characteristics // IEEE Systems Journ. — 2019. — Vol. 14, N 2. — P. 1538–1548.

15. **Vanderstraeten R.** Systems everywhere? // *Systems Research and Behavioral Science*. — 2019. — Vol. 36, N 3. — P. 255–262.
16. **Клейнер Г.Б.** Новая теория экономических систем и ее приложения // *Вестн. РАН*. — 2011. — Т. 81, № 9. — С. 794–811.
17. **Черняк Ю.И.** Системный анализ в управлении экономикой. — М.: Экономика, 1975. — 191 с.
18. **Scholz R.W.** *Environmental Literacy in Science and society: From Knowledge to Decisions*. — Cambridge: Cambridge University Press, 2011. — 631 p.
19. **Kasianiuk K.** On a system—environment relationship in scientific inquiry: A response to ‘Definition of System’ by A.D. Hall and R.E. Fagen // *Systems Research and Behavioral Science*. — 2021. — Vol. 38, Iss. 4. — P. 517–526.
20. **Miyasaka T., Le Q.B., Okuro T., Zhao X., Takeuchi K.** Agent-based modeling of complex social-ecological feedback loops to assess multi-dimensional trade-offs in dryland ecosystem services // *Landscape Ecol.* — 2017. — Vol. 32. — P. 707–727.
21. **Кочуров Б.И., Кульнев В.В., Цветков Н.В.** Мультифрактальные модели воздействия на водную экосистему: отклик, риск, управление // *Региональные геосистемы*. — 2022. — Т. 46, № 1. — С. 71–80.
22. **Коробов В.Б., Тутыгин А.Г., Чижова Л.А., Лохов А.С.** Некоторые причины проявления эффекта rank reversal при ранжировании (на примерах решения социо-эколого-экономических задач) // *Фундаментальные исследования*. — 2022. — № 3. — С. 72–79.
23. **Коробов В.Б., Тутыгин А.Г., Русинов О.В.** Объект исследования как категория // *Вестн. Поморского университета. Серия «Гуманитарные и социальные науки»*. — 2010. — № 5. — С. 48–54.
24. **Коробов В.Б., Кочуров Б.И., Тутыгин А.Г.** Методология районирования сложных географо-экологических объектов экспертно-статистическими методами // *Проблемы регион. экологии*. — 2020. — № 5. — С. 42–48.
25. **Granovetter M.S.** The strength of weak ties // *American Journ. of Psychology*. — 1973. — N 78 (6). — P. 1360–1380.
26. **Milgram S.** The small world problem // *Psychology Today*. — 1967. — N 2. — P. 60–67.
27. **Watts D.** *Six Degrees*. — New York: W.W. Norton & Company, 2004. — 384 p.
28. **Коробов В.Б., Котова Е.И., Кочуров Б.И.** Интегральные и интегрированные показатели в геоэкологических оценках территорий и акваторий // *Проблемы регион. экологии*. — 2021. — № 4. — С. 117–121.
29. **Тутыгин А.Г., Антипов Е.О., Коробов В.Б.** Проблемы моделирования логистических операций в Арктической зоне Российской Федерации. — Архангельск: КИРА, 2020. — 244 с.
30. **Фашук Д.Я., Сапожников В.В.** Антропогенная нагрузка на геосистему море–водосбор и ее последствия для рыбного хозяйства (методы и прогноза на примере Черного моря). — М.: ВНИРО, 1999. — 124 с.

Поступила в редакцию 29.11.2022

После доработки 27.03.2023

Принята к публикации 29.06.2023