



УДК 910:528.9:004

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.29.85>

Научные основы геосистемного картографирования

Т. И. Коновалова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Актуальность развития геосистемного картографирования обусловлена необходимостью решения задач современной географии, связанных с регулированием процессов природопользования и охраны природы. Карты геосистем должны стать базисом прогнозных пространственно-временных исследований преобразования геосистем, источником знаний о том, что, где и как будет изменяться. Создание таких карт требует синтеза времени и пространства в едином целом, соизмерения современного состояния геосистемы с естественными ритмами и закономерностями развития природной среды. Геосистемные карты являются теоретической моделью действительности, синтезируют в себе информацию о функционировании, динамике и эволюции геосистем, направлении их преобразований как в естественных, так и в антропогенных условиях. В разработке вопросов, проблематика которых связана с многовариантным анализом будущего состояния геосистем, такого рода карты имеют высокое научное и практическое значение. В статье излагаются главные системные идеи и понятия, которые являются основой геосистемного картографирования. Рассмотрено соотношение таких понятий, как «организация», «самоорганизация», «структура», «инвариант». Проанализированы основное содержание и аксиомы теории геосистем с позиций современного картографирования организации геосистем. Значительное внимание уделяется содержанию и последовательности картографирования, оценке направления преобразований геосистем.

Ключевые слова: геосистема, теория, методология, организация, направление преобразования.

Для цитирования: Коновалова Т. И. Научные основы геосистемного картографирования // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 29. С. 85–100. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.29.85>

Введение

В географических исследованиях изучение и картографирование геосистем занимает особое место, соответствующее современному этапу развития научного знания. Это не просто раскрытие частных свойств и территориального целого, а понимание того, каким образом части сливаются в целое и развиваются как целое через проявление связей и изменений. Основная методологическая проблема, сопряженная с геосистемным картографированием, заключается в отображении целостного, но вместе с тем изменчивого по своим свойствам географического объекта на карте, формулировке правил, соотносящих взаимосвязь компонентов, геосистемы и среды, динамику и эволюцию геосистем в символическую форму, которая в последующем ин-

терпретируется. При этих условиях создание карты будет обоснованным, если аргументирована концептуальная схема, определяющая ее построение. Методология геосистемного картографирования связана с реализацией системных знаний, теории геосистем В. Б. Сочавы. Цель настоящего исследования – рассмотрение научных основ современного геосистемного картографирования.

Методология системных исследований и картографирования

Аналитический метод сведения изучаемых явлений к элементарным частям и процессам оказался неэффективным при изучении сложных систем. Наиболее серьезного внимания потребовали инструменты анализа и синтеза связей разнородных явлений на Земле. При изучении и картографировании геосистем было целесообразно следовать идее о том, что система определяется в терминах ее наблюдаемых свойств, или, точнее говоря, в терминах взаимосвязей между этими свойствами [Mesarovic, Маско, Takahara, 1970]. Ответив на вопрос, как устроен объект, было необходимо ответить на другой: как и почему он так функционирует? [Дьяконов, 2005]. После этого становилось реальным прогнозирование «поведения» геосистем.

В процессе геосистемного картографирования использовались средства системного анализа прежде всего возможности моделирования, основанные на применении системной методологии и технологии решения сложных проблем [Hell, 1992; McKean, 1996]. Последовательность решения поставленных задач включала формирование информационной модели объекта (баз данных и знаний), формулировку проблемы относительно объекта и ситуации, определение цели, задачи и содержания критериев, выражение проблемы в соответствующих системных терминах, создание и анализ модели с выбором наилучшего решения под заданный критерий [Cleland, King, 1983].

При картографировании геосистем требовалось их выделение из окружающей среды в качестве самостоятельных единиц, их классификация. Существенным при этом виделось выявление особенностей генезиса геосистем и процесса их развития, без которых не могут быть поняты сущность и направление развития геосистем [Konovalova, Plyusnin, 2018]. Классификация – это универсальная общенаучная процедура, которая строится на теоретическом осмыслении закономерностей развития, строения, функционирования, размещения многочисленных разнородных геосистем. Посредством классификации упорядочивается многообразие объектов и динамических проявлений в географической среде [Harvey, 1969].

Основные системные понятия, используемые при картографировании геосистем

Существует множество определений понятия «система», но преобладает представление о том, что это совокупность элементов, связанных между собой и как целое – со средой. Географическую систему определяют следующие признаки: размер – количество слагающих систему элементов; связь между элементами; вероятность, поскольку результаты исследований ло-

кального уровня зависят от выбора местоположений и объектов исследования; причинность, указывающая на взаимозависимость элементов, системы и среды [Demek, 1974].

Чем больше отличаются свойства системной совокупности от суммы свойств элементов, тем выше организация системы. Организация определяет строго регулируемое поведение всех элементов системы, объединенных общими действиями, направленными на достижение системой некоторой цели. Тот же самый процесс можно считать самоорганизацией [Кучин, 1991], если отсутствуют внешние упорядочивающие воздействия, а элементы системы взаимодействуют между собой слаженно благодаря установившимся между ними определенным связям, отношениям. Самоорганизация [Арманд, 1986] – это возникновение новых структур, эволюционно более совершенных, чем предыдущие. Организация геосистем, как отмечал К. Н. Дьяконов [2005], в географии понималась, с одной стороны, как процесс возникновения во времени и пространстве структуризованности исследуемых явлений (прерогатива генетического и эволюционного ландшафтоведения), с другой – как результат подобных процессов, выражающийся в наличии устойчивых форм системной упорядоченности. Процесс и его результат воплощаются в триаде «эволюция – структура – функционирование».

Ф. А. Летников считает, что организация отличается от самоорганизации тем, что первая совершается за счет внешних воздействий, вторая – за счет внутренней энергии системы. На протяжении 4 млрд лет Земля развивается по законам самоорганизации, но на этот процесс накладываются внешние гравитационные силы, порожденные взаимодействием гиперсистемы Солнце – Земля – Луна. Земля испытывает воздействие извне, в результате которого проявляются процессы перемещения и напряжения общепланетарного масштаба в верхней части мантии и земной коре. В этом случае процессы самоорганизации являются условно таковыми. Очевидно, что следует рассматривать геосистемы с точки зрения особенностей их организации [Летников, 2012].

Геосистемы относятся к классу открытых иерархически организованных динамических систем, что определяет неравновесность и когерентность составляющих ее элементов и их взаимосвязей [Сочава, 1978]. Открытость внешней среде [Баранцев, 2003] означает обмен веществом, энергией и информацией между системами, которая имеет место в пространстве, времени и масштабе. Нелинейность выражается в таких феноменах организации, как неоднозначность, неустойчивость, необратимость. Для них свойственно ветвление путей развития, характерны состояния, при которых их поведение становится непредсказуемым, хаотическим. Когерентность – взаимосвязь систем и их составляющих, согласованность протекания колебательных процессов, в результате которых сложение большого числа малых величин дает мощный эффект, способный перевести систему на новый путь развития. В результате процесс организации геосистем происходит в условиях последовательной смены состояний. Идеи неравновесности, нелинейности, критических значений, способности к усилению воздействия, накоплению энергии, инерционности дополняют представление о вкладе саморазвития и внешних воздействий в изменение структуры геосистем.

Организация, структура, инвариант

В последние десятилетия изучение ландшафтной структуры является одной из основных задач научных исследований. Оно стало базироваться на системной ориентации данных, выявлении универсальных принципов познания закономерностей формирования и развития систем любой природы.

Понятие «структура» по отношению к ландшафту и другим подразделениям природной среды используется нередко и в лексическом значении этого слова. Имеются в виду взаимоотношения и связь составных частей природных единств или внутренняя организация предметов и явлений в их пределах [Сочава, 1967]. Это содержание может быть передано словами «строение», «устройство». В таком значении структура является неотъемлемым свойством любых подразделений природной среды и всех их вариантов.

В основе структурных различий находится специфика сочетания движущих сил внутреннего и исторического развития. Это дало основание А. Г. Исаченко [1991] понимать под «структурой» – пространственно-временную организованность геосистем. По его мнению, понятие «структура геосистемы» имеет три аспекта, соответствующих трем этапам развития и усложнения этого понятия: пространственный аспект, когда структура понимается как взаимное расположение составных частей; функциональный, при котором рассматриваются способы соединения частей системы, т. е. внутренние системообразующие связи. При изучении структуры с позиций этих двух аспектов представление о ней оставалось статичным, пока не появился третий, динамический, или временной, аспект, т. е. структура стала оцениваться не только как некоторая организованность составных частей геосистемы в пространстве, но и как упорядоченность смены ее состояний во времени.

Теория геосистем исследует соотношения между процессами и явлениями в пределах целостных подразделений географической среды. В этой связи структура понимается как инвариант геосистемы и включает в себе главные и детерминирующие черты организации подразделений природной среды [Сочава, 1967]. Выявление свойств ландшафтной структуры как инвариантного аспекта геосистемы необходимо для установления возможных путей ее преобразования. Помимо этого, геосистема является системой разного рода переменных состояний. В связи с этим структура как инвариантный аспект геосистемы предполагает наличие множества переменных. К одной структуре относятся, например, коренная фация, ее серийные варианты, антропогенные модификации. Принадлежность тех или иных классификационных категорий к одной структуре указывает на единство тенденций их развития, амплитуду возможного изменения и вероятность перевода в классификации и легенде карты в соседний таксономический тип.

Зачастую понятия «структура» и «организация» считаются синонимами. Предполагается наличие «управляющих порядков», стремление системы к сохранению своей целостности. Считается, что чем больше отличаются свойства системной совокупности от суммы свойств элементов, тем сложнее организация системы. Специфическое внешнее воздействие навязывает си-

стеме определенную структуру и функционирование. Для познания организации геосистем необходимо определить составные части геосистемы, их взаимосвязи, динамические и эволюционные преобразования. Новые подходы к исследованию и картографированию геосистем поразумевают использование представлений о неравновесности, критических значениях, памяти, способности к усилению воздействия и др., которые дополняют сложившиеся в географии представления об организации геосистем.

Учение о геосистемах: основное содержание и аксиомы

Термин «геосистема» введен в научную литературу В. Б. Сочавой и означает «целое, состоящее из взаимосвязанных компонентов природы, подчиняющихся закономерностям, действующим в географической оболочке или ландшафтной сфере» [Сочава, 1974, с. 4]. Было развито представление о геосистеме как об организованной целостности, которая взаимодействует с космической сферой и человеческим обществом.

Аксиоматический аппарат учения о геосистемах построен на системных представлениях о целостном характере объекта, двойной системно-иерархической проекции структуры географической среды, иерархии, функциональном подобии и единстве пространственных связей. Учение базируется на четырех аксиомах [Сочава, 1972], отражающих, по сути, принципы организации геосистем:

1) природная среда представляет собой иерархию управляющих и соподчиненных структур – геосистем разных рангов и подсистем (иерархичность);

2) закономерности, присущие геосистемам, действуют в ограниченных пространственных пределах, которые сводятся к трем порядкам размерности – планетарному, региональному, топологическому (размерность);

3) геосистемы представлены коренными структурами и переменными состояниями, подчиненными одному инварианту. Изменение инварианта со всеми сопровождающими его структурами происходит при эволюции геосистем. Различные трансформации состояний геосистемы при постоянном инварианте знаменуют ее динамику (инвариантность);

4) для природной среды характерно совмещение двух начал – гомогенности и разнокачественности. Геосистемы всех рангов с гомогенной структурой именуется геомерами, с разнокачественной – геохорами (двойная системно-иерархическая проекция структуры географической среды).

Иерархичность строения является важнейшим свойством геосистем, благодаря которому как планетарная геосистема, так и элементарный ареал представляют собой целостность с особой, присущей ей, организацией. Основной организации компонентов служит сама геосистема, в которой реализуются фоновые воздействия геосистемы вышестоящего уровня. Учет иерархичности позволяет установить степень трансформации геосистемы в процессе естественных и антропогенных изменений. Пока рассматриваемая геосистема продолжает оставаться подсистемой и в рамках физико-географических характеристик более крупной, она может изучаться как целостное образование.

Используя знания, полученные в рамках теории систем, В. Б. Сочава (1978) предложил учитывать при классификации геосистем их размерность, отмечая, что географические закономерности однозначны для ландшафтных единиц определенного ранга в пределах одного порядка размерности – планетарного, регионального или топологического. В зависимости от иерархического уровня изменяется также и время, в течение которого действует свойственная геосистеме структура, с присущим ей соотношением компонентов [Сочава, 1972]. Для геосистем планетарной и большей части региональной размерности применимы параметры геохронологии. Эволюционный принцип сохраняется для подчиненных им таксонов. В геотопологии возраст выражается в показателях летоисчисления исторической географии. При этом каждый временной цикл сравнивается с витком восходящей спирали: его завершающееся состояние отличается от исходного, и чем больше его продолжительность, тем сильнее это отличие [Исаченко, 1991]. Для геосистем топологического уровня даже вековые и внутривековые циклы оказываются необратимыми.

Геосистеме характерно развитие множества явлений, противоположных по своей природе и несовместимых в один и тот же момент времени, которые образуют систему взаимосвязей между компонентами, закономерное чередование разнообразных состояний геосистемы. В таком смысле геосистема проявляется как диахронное целое, элементы которого связаны временным аспектом. В смене состояний прослеживаются три основные составляющие [Крауклис, 1979]: 1) чередование явлений, поддерживающих существование геосистемы, но несовместимых в один момент времени; 2) восстановление геосистемы, наступающее после разрушения и возмущений, вызываемых внешними и внутренними факторами; 3) необратимая трансформация основных структур геосистемы. Первые две составляющие отражают динамические преобразования внутри инварианта. Третья сопряжена с преобразованием инварианта, т. е. с процессом эволюционного развития природной среды. Все составляющие взаимосвязаны; вместе взятые, они характеризуют процесс функционирования геосистем.

Для исследования динамики геосистемы необходимо выявление ее коренных и переменных состояний, а также производных модификаций, отражающих ее структурное свойство. Любое нарушение динамического равновесия приводит к тому, что отдельные процессы перестают компенсировать друг друга. Эти изменения могут способствовать уменьшению или увеличению вещества и энергии, поступающих в геосистему, а по отношению ко времени – замедлению или ускорению процесса [Neef, 1975].

Последняя аксиома учения отражает пространственно-временную суть организации геосистем, поскольку гомогенная структура (геомеры) создается в процессе исторического формирования элементов и их взаимосвязей, гетерогенная (геохоры) – в процессе их территориального размещения. Ряды геомеров и геохор взаимообусловлены в узловых звеньях – высших подразделениях трех уровней организации (свита типов ландшафтов – физико-географический пояс, классы геомеров – физико-географическая область, гео-

мы – ландшафт) [Сочава, 1972]. Как правило, в этих звеньях структурные особенности, свойственные геомерам, выдерживаются в пределах геохоры. Для всех узловых звеньев характерны значительные пространственные и временные масштабы.

Признаки узловых звеньев являются инвариантами – «совокупностью присущих геосистеме свойств, которые сохраняются неизменными при преобразовании» для подчиненных им геосистем [Сочава, 1978, с. 263]. К примеру, признаки геома (ландшафта) сохраняются во всех группах фаций и качественно изменяются в процессе эволюции. В процессе исследований реализуется система инвариантных вложений, когда инвариант одного иерархического уровня классификации становится вариантом на более высоком уровне.

Оценка направления преобразования геосистем

Особое место в учении о геосистемах занимает проблема географического прогнозирования, которое В. Б. Сочава считал важнейшим направлением современной географии. Географическое прогнозирование было определено им как разработка «представлений о природных географических системах будущего, а именно об изменениях, могущих возникнуть в процессе спонтанного развития, но чаще всего вследствие деятельности человека по освоению местности, разработке природных ресурсов и в связи с другими его воздействиями на окружающую среду» [Сочава, 1978, с. 292]. По мнению А. Г. Исаченко [2004], ландшафтное прогнозирование является дальнейшим развитием теории динамики и эволюции геосистем В. Б. Сочавы.

Будущее состояние природной среды определяется генезисом и историей ее развития, которое обуславливает направление антропогенных преобразований более существенно, чем последние влияют на природную среду. Поэтому для прогнозирования надо знать ее потенциальные естественные свойства, особенно те, которые несут большую прогностическую информацию, внутренние переменные свойства геосистем, структуру и динамику природных комплексов, их устойчивость, возможность трансформации под действием внешних факторов, этапы развития геосистем региона и др. Изучая потенциальные свойства геосистем, важно также выявлять факторы, которые могут задерживать или ускорять наступление прогнозируемого события и учитывать характер антропогенной нарушенности различных типов геосистем.

Несмотря на выраженную дискретность динамических стадий во времени, геосистемам свойственна определенная преемственность тенденций развития. Прогнозные исследования базируются на выявлении закономерностей формирования, развития и преобразования структуры геосистем и их взаимосвязей в зависимости от морфотектонических, климатических и геологических условий прошлого и настоящего. С историей развития географической среды сопряжена гомогенность геосистем, которая проявляется при определенных современных физико-географических условиях.

Результаты реконструкции условий качественного преобразования геосистем используются в процессе классификации и картографирования. При этом основное внимание уделяется не столько истории изменения ландшафтных обстановок за тот или иной геологический отрезок времени, чем занимается палеогеография, сколько раскрытию закономерностей формирования внешних и внутренних взаимосвязей геосистем посредством использования результатов палеогеографического анализа и изучения ландшафтов-аналогов. Знание этапа развития системы существенно для прогноза. Так, наибольшее воздействие система испытывает на этапе возникновения, когда связи между элементами системы еще неустойчивы и система наиболее уязвима, и на этапе преобразования системы, когда связи в ней ослабевают из-за растущих противоречий.

Структура и функционирование геосистем даже в условиях относительной стабильности природной среды не остаются неизменными в течение сколько-нибудь длительного времени. Динамика геосистем одновременно может служить как причиной изменения ее структуры, так и условием ее стабилизации. Причем наибольшее стабилизирующее воздействие, по мнению В. Б. Сочавы [1968], принадлежит биоте. Вместе с тем биогенные ритмы, особенно в системах с господством многолетних жизненных форм, являются мощным источником смен. Становление или изменение уже сформировавшихся геосистем проходит через ряд последовательных стадий – сукцессионных рядов (или рядов трансформации). Они представлены различного рода факторальными, динамическими и прочими рядами серийных геосистем, которые заключают серии сменяющих друг друга состояний в ходе спонтанного развития или в результате воздействия человека.

Разная степень проявления в геосистеме влияния основного фактора (литоморфного, гидроморфного и т. д.) является основой выделения групп фаций (серийных, мнимокоренных и коренных). Они формируют по координатам этих факторов факторальные ряды. Класс фаций (тип серийности) объединяет фации одного факторального ряда и на местности проявляется в масштабе района. Геом (тип факторальности) в геосистеме объединяет классы фаций разных факторальных рядов и коррелирует с округом (ландшафтом). Группа геомов представляет разные вариации широтной зональности и вертикальной дифференциации.

Сукцессионные ряды можно рассматривать как реакцию геосистемы на изменение природной среды, а также на характер и интенсивность воздействия на нее антропогенных факторов. В то же время они являются и формой разрешения внутренних противоречий, проявляющихся в процессе развития различных компонентов геосистем. Производные модификации представляют различные переменные состояния коренной фации, вызванные антропогенным воздействием. В зависимости от характера воздействия, которое обуславливает степень разрушения структуры коренной геосистемы и особенности ее восстановления, определяются ряды ее трансформации. Мнимокоренные экстраобластные и устойчиво-длительно-производные категории образуют разновидности основного геома под влиянием преобра-

зующей динамики. Они отражают сложные комплексы исторических взаимодействий различных ландшафтов, закрепляемых в природе влиянием резко контрастирующих в экотонных зонах факторов трансформации природной среды (например, в зоне контакта тайги и степи, природных и антропогенных систем).

Любая геосистемная единица существует в системе разнообразных связей со своими окрестностями, т. е. в составе определенной геохоры. Особенно существенно учитывать это при рассмотрении единиц топологической размерности, так как на этом географическом уровне наиболее высоки относительные контрасты между смежными участками и, соответственно, интенсивность воздействия геосистем друг на друга.

К проблеме классификации геосистем на основе учета их динамики относится также вопрос об их возрасте, или точнее – долговечности, отрезке времени, в течение которого действует структура, свойственная данной геосистеме, с присущим ей соотношением компонентов [Сочава, 1972]. Время существования геосистемы связано с остальными ее свойствами и меняется также в зависимости от ее иерархического уровня. Многочисленные кратковременные (с геологической точки зрения) смены состояний – суть текущей жизнедеятельности (функционирования) природных систем и актуальные проявления их динамики. Они качественно отличны от долговременных генетических этапов, сопряженных с эволюцией земной природы.

Хотя оба аспекта – эволюционно-генетический и функционально-динамический – взаимосвязаны, для каждого из них характерны свои закономерности [Ellenberg, 1973]. В геотопологии возраст выражается в показателях летоисчисления исторической географии, для геосистем планетарной и большей части региональной размерности применимы параметры геохронологии. Эволюционный принцип сохраняется для подчиненных им таксонов. Таким образом, динамический критерий, как правило, применяется в отношении геосистем топологической и нижних ступеней региональной размерностей.

Долговечность геосистемы – период времени, в течение которого биогеоценоз либо выделы фации удерживают за собой определенную территорию. Долговечностью при спонтанной динамике отличаются коренные геомеры. Наряду с этим серийные биогеоценозы недолговечны, хотя и относятся к серийным фациям, имеющим большой возраст. Геосистемы планетарной размерности имеют наибольший возраст, геосистемы топологического уровня иерархии – наименьшую продолжительность существования, а региональные занимают в этом отношении промежуточное положение. Благодаря этому наибольшим изменениям (по скорости протекания и амплитуде проявления) подвержены ландшафты топологического уровня.

В процессе динамики отдельные природные компоненты обнаруживают различные темпы и степень изменчивости. Наиболее мобильные из них, т. е. те, которые быстро трансформируются под влиянием тех или иных процессов и явлений, а также деятельности человека, обычно оказываются критическими в структуре геосистемы. В зависимости от физико-

географической обстановки критическими могут стать любые компоненты геосистемы, которые определяют интенсивность протекающих процессов и как следствие – мобильность и степень преобразования. Высокий коэффициент корреляции в неустойчивых природных условиях проявляется, как правило, при определенных непродолжительно существующих условиях, которые могут изменяться как в многолетнем, так и в годичном цикле. Геосистемы, в которых отмечается жесткая взаимообусловленность частей, крайне неустойчивы и в периоды изменения отдельных природных явлений трансформируются как структурный тип.

Содержание и последовательность геосистемного картографирования

Процедура геосистемного картографирования реализуется в способах упорядочения разнообразной географической информации и выявления пространственных и временных закономерностей развития геосистем, представленной картографически и логически (в схеме легенды карты) и реализуемой в указанной ниже последовательности (рис. 1).



Рис. 1. Содержание и последовательность картографирования

1-й этап. В основе теоретического базиса находятся современный системный подход к исследованию организации геосистем, состоящих из большого числа частей, сложным образом взаимодействующих между собой, и теория геосистем В. Б. Сочавы (1978). На данном этапе наиболее важным является создание классификаций на достоверной научно-теоретической и эмпирической основе в таком виде, в котором они применимы для конструктивного использования – обоснования выводов, проверки гипотез, формулировки практических рекомендаций, поддержки принятия управляющих и планировочных решений.

Основная методологическая проблема, связанная с картографированием, заключается в оценке степени отражения этой реальности на карте, формулировке правил, соотносящих ее в символическую форму, которая в последующем интерпретируется. При этих условиях построение карты обоснованно лишь в том случае, если будет аргументирована концептуальная схема, определяющая ее построение. Все это базируется не столько на изучении покомпонентного состава, сколько на структурном анализе, выявлении закономерностей развития, когерентности и др. (рис. 2).



Рис. 2. Основные блоки картографирования геосистем

В процессе классификации и картографирования геосистем используется идея факторально-динамической систематизации геосистем по степени их видоизменения под влиянием различных факторов, когда все геомеры конкретной природной зоны рассматриваются как вариации зональной коренной геосистемы. Для совершенствования классификации нужны достаточно полные описания фаций, не ограниченные внешними, визуальными признаками и данными о каком-либо моменте «из жизни» фации, а характеристики ситуаций в системе действующих на ландшафтный выдел субрегиональных и фоновых факторов, охват разных естественных вариантов и антропогенных модификаций в их динамике, сведения о важнейших природных режимах.

Сбор и анализ данных о ландшафтной структуре территории предполагает широкое привлечение космической информации. Последняя, по мнению К. А. Салищева [1986], явилась одним из основных факторов револю-

ционного преобразования картографии, стимулируя прогресс системного картографирования за счет представления легкообозримого и однородного материала на сколь угодно обширные пространства, возможность зрительного восприятия и прямого изучения пространственных закономерностей, взаимосвязей явлений и непосредственного составления карт мелких и средних масштабов. Использование космической информации в процессе картосоставления увеличивает возможности правильного отображения пространственных закономерностей географических явлений, адекватных составляемым картам по масштабам и размерности изучаемых объектов, особенностям природного рисунка контуров, характерных черт изображения объектов разного генезиса.

2-й этап включает в себе разработку методов ГИС-картографирования и анализа различных свойств геосистем. Все они должны формироваться на основе согласованных принципов, научно обоснованной классификации, формализованного описания геосистем, правил генерализации и сопоставимых легенд производных карт, составляемых на базе исходной – карты геосистем.

3-й этап предполагает создание различных картографических моделей, учитывающих разнообразные варианты проектов природопользования регионов с целью обоснования рекомендаций, принятия управляющих и планировочных решений, выявления приоритетного вида использования геосистемы при реализации экономических и социальных потребностей общества, а также для оценки максимально возможных нагрузок на геосистемы.

Основой картографирования является отражение внутренних взаимосвязей между элементами, определяющих целостность и индивидуальность геосистемы, т. е. ее структуру. Отсюда каждый ландшафтный выдел представляется в самом общем виде как система сменяющихся во времени разных состояний, различных от подобных выделов по признакам строения и совершающихся процессов. Более крупная геосистема – это система пространственной мозаики взаимосвязанных выделов более низкого иерархического уровня. Анализ полевых материалов, а также опубликованные данные стационарных исследований [Крауклис, 1979] свидетельствуют о том, что взаимообусловленность между компонентами геосистем любых таксономических уровней наблюдается лишь как более или менее выраженная тенденция. Соответственно, и площадь, занимаемая однотипными выделами, является неоднородной по признакам ведущих компонентов.

Для соподчиненных геомеров и геохор условия преобразования задаются физико-географическими характеристиками, присущими узловым геосистемам. Учет влияния узловых геосистем имеет решающее значение при картографировании. Именно значения их физико-географических характеристик определяют соотношение нижестоящих по иерархической лестнице геосистем с той или иной узловой структурой, а также задают определенный интервал («степени свободы»), в рамках которого происходят количественные вариации с разнообразной повторяемостью, не нарушающие общей системной организации.

Кроме того, возможные аспекты упорядочения аналитического материала рассматриваются с точки зрения показа временных преобразований геосистем, связанных с реализацией представления о направленной внутренней перестройке структуры геосистемы, обусловленной процессом ее развития – качественного системного изменения, для которого свойственны необратимость и возникновение внутренних противоречий.

Названные блоки сопровождаются отображением variability – присущего геосистеме диапазона колебаний признаков и разнообразия слагающих ее элементов, которые протекают в рамках степеней свободы, а также спектра их возможных изменений. Карты геосистем регионального и топологического уровней проработки содержат, кроме того, информацию о характере взаимосвязи «геосистема ↔ среда». Она оценивается согласно схеме взаимосвязи между одноранговыми геосистемами, которая отражается на качестве подчиненных структур.

При создании карт целесообразно применение опыта стационарных ландшафтных исследований факторально-динамических преобразований таежных геосистем. Он получил развитие при отображении различных вариантов преобразования групп фаций в рамках геомов Сибири.

Геосистемная основа отображается на картах качественным фоном, определенная цветовая гамма которого показывает принадлежность к классам геомов, а цвет – к геомам. Группы фаций подразделяются штриховками на фоне цвета геома, к которому они относятся. Антропогенная нарушенность на крупномасштабных картах воспроизводится условными обозначениями. На среднемасштабных картах ее характер (впервые для карт геосистем) показан в легенде через обозначение антропогенно нарушенных и антропогенно измененных геосистем, на карте – определенными штриховками контуров, цвет которых изображает геосистему, подвергшуюся трансформации.

Заключение

Карты геосистем являются, с одной стороны, итогом сложного научного процесса, с другой – средством создания новых обоснованных представлений о пространственно-временных закономерностях, действующих в ландшафтной сфере. Методика современного картографирования геосистем основывается на теоретическом и методическом базисе понимания системного качества природных объектов как особых целостностей разного ранга, выраженных в разнообразных внутренних и внешних взаимосвязях геосистем. Она реализуется в интегральном упорядочении географической информации, представленной на карте и в ее легенде, и последовательно применяется от этапа разработки теории и методов исследования, наземных и дистанционных исследований геосистем регионов до разработки элементов нагрузки карты и ее последующего создания и интерпретации с целью получения новой информации и специальных карт.

Каждая типологическая совокупность геосистем имеет различное таксономическое обозначение и отображает разные физико-географические черты региона и географические соотношения, исходя из внешнефункциональных свойств строения географической среды, координирующих порядок их организации на основе макрогеографических закономерностей.

Список литературы

- Арманд А. Д.* Саморегулирование и самоорганизация физико-географических систем : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 1986. 43 с.
- Баранцев Р. Г.* Синергетика в современном естествознании.. М. : Либроком, 2014. 160 с. (Синергетика: от прошлого к будущему).
- Дьяконов К. Н.* Ландшафтная политика в современном обществе // География на рубеже тысячелетий : докл. XII съезда РГО (Кронштадт, 2005). СПб., 2005. Т. 1. С. 105–106.
- Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа, 1991. 370 с.
- Исаченко А. Г.* Теория и методология географической науки. М. : АРАДЕМА, 2004. 340 с.
- Крауклис А. А.* Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск : Наука, 1979. 232 с.
- Кучин Б. Л.* Научно-технический прогресс и развивающиеся системы // Системные исследования. Ежегодник, 1991. М. : Наука, 1991. С. 37–52.
- Летников Ф. А.* Глубинные флюиды континентальной литосферы // Флюидный режим эндогенных процессов континентальной литосферы. Иркутск, 2015. С. 11–41.
- Салищев К. А.* Общенаучные понятия и методы в развитии картографии // Географическая картография. Взгляд в будущее. М. : Изд. Моск. ун-та, 1986. С. 19–28.
- Сочава В. Б.* Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего // Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дал. Востока. 1967. Вып. 16. С. 18–31.
- Сочава В. Б.* Растительные сообщества и динамика природных систем // Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальн. Востока. 1968. Вып. 20. С. 12–22.
- Сочава В. Б.* Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. Л., 1972. С. 3–17.
- Сочава В. Б.* К теории классификации геосистем с наземной жизнью // Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дал. Востока. 1972. Вып. 34. С. 3–14.
- Сочава В. Б.* Геотопология как раздел учения о геосистемах // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1974. С. 3–86.
- Сочава В. Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 320 с.
- Harvey D.* Explanation in Geography. London : Edward Arnold Ltd., 1969. 486 p.
- Konovalova T. I., Plyusnin V. M.* Development of the Geosystem Mapping Methodology // Geography and Natural Resources. 2018. N 3. P. 197–203.
- Mesarovic M. D., Masco D., Takahara Y.* Theory of Hierarchical Multilevel Systems, Academic Press, N. Y., 1970. 294 p.
- Hell A. D.* Methodology for Systems Engineering. N. Y. : Springer-Verlag, 1992. 340 p.
- McKean R. N.* Systems Analysis for Effective Planning. Applications in Defence. N. Y. : Springer-Verlag, 1996. P. 339–345.
- Cleland D. I., King W. R.* Systems Analysis and Project Management. 3nd ed. N. Y. : McGraw-Hill Publishing Company Inc., 1983. 490 p..
- Demek J.* Systémová teorie a studium krajiny. Brno : ČSAV, 1974. 198 p.
- Neef E.* Zu einigen aktuellen Fragen der Erforschung der chorischer Strukturen // Pet. Geogr. Mitt. 1975. H. 3. P. 166–172.
- Ellenberg H.* Ziele und Stand der Okosystemforschung // Okosystemforschung. Ergebnisse von Symposien der Deutschen Botanischen Gesellschaft und der Gesellschaft für Angewandte Botanik. Berlin ; Heidelberg ; N. Y. : Springer-Veri Publ., 1973. S. 1–31.

Scientific Basis of Geosystem Mapping

T. I. Konovalova

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. Modern mapping of geosystems is not just the disclosure of private properties and the territorial whole, but the understanding of how parts merge into a whole and develop as a whole through the manifestation of connections and changes. The purpose of the study is to consider the theoretical foundations and methodology of modern mapping of geosystems. The definitions of the basic system concepts used in the mapping of geosystems are given. The relation of such concepts as organization, self-organization, and structure, invariant is considered in detail, the basic content and axioms of the theory of geosystems from the standpoint of modern mapping are analyzed. It is noted that the relevance of research is determined by the need to implement the most important areas of geographical research. This is the implementation of major cartographic projects for individual regions of the country using space information and GIS technologies to regulate the processes of environmental management; development of theoretical foundations of Geoinformatics, expansion of the use of geoinformation technologies for ecological, geographical and other purposes. The article presents the content and sequence of mapping, details the stages of these works, the main blocks, the display of which is important for modern mapping of geosystems.

Keywords: geosystem, methodology, structure, invariant, organization, direction of transformation.

For citation: Konovalova T.I. Scientific Basis of Geosystem Mapping. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2019, vol. 29, pp. 85-100. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.29.85> (in Russian)

References

- Armand A.D. *Samoregulirovanie i samoorganizaciya fiziko-geograficheskikh sistem* [Self-regulation and self-organization of physical and geographical systems. Dr. sci. diss. abstr.]. Moscow, 1986, 43 p. (in Russian)
- Barancev R.G. *Sinergetika v sovremennom estestvoznanii* [Synergetics in modern natural science. Series Synergetics: from the past to the future]. Moscow, Librokom Publ., 2014, 160 p. (in Russian)
- D'yakov K.N. *Landshaftnaya politika v sovremennom obshchestve* [Landscape policy in modern society]. *Geografiya na rubezhe tysyacheletij* [Geography at the turn of the Millennium. Reports of the XII Congress of RGS (Kronstadt, 2005)]. Saint-Petersburg, 2005, vol. 1, pp. 105-106. (in Russian)
- Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie* [Landscape science and physical-geographical zoning]. Moscow, Higher school Publ., 1991, 370 p.
- Isachenko A.G. *Teoriya i metodologiya geograficheskoy nauki* [Theory and methodology of geographical science]. Moscow, ARADEMA Publ., 2004, 340 p. (in Russian)
- Krauklis A.A. *Problemy eksperimental'nogo landshaftovedeniya* [Problems of experimental landscape science]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979, 232 p. (in Russian)
- Kuchin B.L. *Nauchno-tehnicheskij progress i razvivayushchiesya sistemy* [Scientific and technological progress and developing systems]. *Sistemnye issledovaniya. Ezhegodnik* [System research. Yearbook]. Moscow, Nauka Publ., 1991, pp. 37-52. (in Russian)
- Letnikov F.A. *Glubinnye flyuidy kontinentalnoj litosfery* [Deep fluids of continental lithosphere]. *Flyuidnyj rezhim endogennyh processov kontinentalnoj litosfery* [Fluid regime of endogenous processes of continental lithosphere]. Irkutsk, 2015, pp.11-41. (in Russian)
- Salishchev K.A. *Obshchenauchnye ponyatiya i metody v razvitii kartografii* [General scientific concepts and methods in cartography development]. *Geograficheskaya kartografiya. Vzglyad v budushchee* [Geographical cartography. Prospection]. Moscow, Moscow University Publ., 1986, pp. 19-28. (in Russian)

Sochava V.B. Strukturno-dinamicheskoe landshaftovedenie i geograficheskie problemy budushchego [Structural-dynamic landscape science and geographical problems of the future]. *Dokl. In-ta geogr. Sibiri i Dalnego Vostoka* [Reports of the Institute of geography of Siberia and the Far East], 1967, vol. 16, pp. 18-31. (in Russian)

Sochava V.B. Rastitelnye soobshchestva i dinamika prirodnyh sistem [Plant communities and dynamics of natural systems]. *Dokl. In-ta geogr. Sibiri i Dalnego Vostoka* [Reports of the Institute of geography of Siberia and the Far East], 1968, is. 20, pp. 12-22. (in Russian)

Sochava V.B. Klassifikaciya rastitelnosti kak ierarhiya dinamicheskikh sistem [Classification of vegetation as a hierarchy of dynamic systems]. *Geobotanicheskoe kartografirovaniye* [Geobotanical mapping]. Leningrad, 1972, pp. 3-17. (in Russian)

Sochava V.B. K teorii klassifikacii geosistem s nazemnoj zhiznyu [On the theory of classification of geosystems with terrestrial life]. *Dokl. In-ta geogr. Sibiri i Dalnego Vostoka* [Reports of the Institute of geography of Siberia and the Far East], 1972, is. 34, pp. 3-14. (in Russian)

Sochava V.B. Geotopologiya kak razdel ucheniya o geosistemah [Geotopology as a section of the doctrine of geosystems]. *Topologicheskie aspekty ucheniya o geosistemah* [Topological aspects of the doctrine of geosystems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974, pp. 3-86. (in Russian)

Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemah* [Introduction to the doctrine of geosystems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978, 320 p. (in Russian)

Konovalova T.I., Plyusnin V.M. Development of the Geosystem Mapping Methodology. *Geography and Natural Resources*, 2018, no. 3, pp. 197-203.

Mesarovic M.D., Macko D., Takahara Y. *Theory of Hierarchical Multilevel Systems*. New York, Academic Press Publ., 1970, 294 p.

Hell A.D. *Methodology for Systems Engineering*. N.Y. : Springer-Verlag Publ., 1992, 340 p.

McKean R.N. *Systems Analysis for Effective Planning. Applications in Defence*. N.Y., Springer-Verlag Publ., 1996, pp. 339-345.

Cleland D.I., King W.R. *Systems Analysis and Project Management*. 3rd ed. New York, McGraw-Hill Publishing Company Inc., 1983, 490 p.

Demek J. *Systémová teorie a studium krajiny*. Brno, ČSAV Publ., 1974, 198 p.

Neef E. Zu einigen aktuellen Fragen der Erforschung der chorischer Strukturen. *Pet. Geogr. Mitt.*, 1975, h. 3, pp. 166-172.

Ellenberg H. Ziele und Stand der Okosystemforschung. *Okosystemforschung. Ergebnisse von Symposien der Deutschen Botanischen Gesellschaft und der Gesellschaft für Angewandte Botanik*. Berlin, Heidelberg, N. Y., Springer-Verlag Publ., 1973, pp. 1-31.

Коновалова Татьяна Ивановна

доктор географических наук, профессор
заведующий, кафедра географии,
картографии и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: 8(3952)52-10-71
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru
ведущий научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
тел.: 8(3952)42-69-20
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru

Konovalova Tatiana Ivanovna

Doctor of Science (Geography), Professor,
Head, Department of Geography,
Cartography and Geosystems Technology
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
tel.: 8(3952)52-10-95
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru
Leading Researcher
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: 8(3952)42-69-20
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru

Дата поступления: 03.06.2019

Received: June, 03, 2019