

ХРОНИКА

© 1994 г. Дж. ФИЛЛИПС, В. РЕНВИК, А. М. ТРОФИМОВ

УРОКИ БИНГХАМТОНСКОГО СИМПОЗИУМА

Основным предметом обсуждения ежегодного 23-го Бингхамтонского симпозиума (25—27 сентября, 1992, Университет Майами, Оксфорд, Огайо, США) явилось динамическое состояние геоморфологических систем. Целью симпозиума было практическое осмысление роли системной теории в геоморфологии, установление разграничений между традиционным системным мышлением и пока что мало используемыми нелинейными динамическими системными подходами. На симпозиуме присутствовало свыше 100 специалистов из 8 стран (Австралия, Австрия, Англия, Венесуэла, Германия, Канада, Россия, США). Все доклады (их было 19) опубликованы в специальном издании международного журнала «Геоморфология» [1].

Системный подход, который эффективно описывает динамику поведения форм рельефа и ландшафтов, взаимодействие элементов в ландшафтах, совместную согласованность форм и процессов, а также управленческий аспект окружающей среды, по всей видимости, наиболее адекватен для описания геоморфологических процессов. Изучение геоморфологических систем, как показал симпозиум, осуществляется двумя путями. Первый связан с изучением динамики, взаимодействия и согласованного развития форм рельефа и процессов, интересующих исследователей главным образом в целях понимания их особенностей и отличительных черт. Второй обращает основное внимание на поведение геоморфологической системы в целом.

Первым мероприятием симпозиума была рабочая встреча по компьютерному моделированию. Л. Майер (США) показал, как с помощью разработанной им программы Stella компьютерное моделирование может использоваться в классификационных целях в геологии и географии для лучшего понимания согласованности разнообразных систем окружающей среды. В. Ренвик (США) продемонстрировал модель эволюции продольного профиля реки как функцию отложения, сноса и переотложения материала русла, а Г. Виллгузе (Австралия) представил видеofilm компьютерной имитации эволюции речного бассейна в духе физической модели. Х. Саундерс (Канада) предложил программу, в которой используется мало известный, но потенциально высокоэффективный метод многоквадратической интерполяции.

Представление докладов началось с обсуждения основной темы симпозиума — разграничения традиционных концепций системного анализа и концепции (теории) нелинейных динамических систем (НДС). Дж. Филлипс (США) отметил, что базисные принципы теории НДС так или иначе связаны с существующими концепциями в геоморфологии. На примере теории хаоса он показал эффективность теории НДС в интерпретации полевых результатов и существование экологической ниши для хаоса в ряду геоморфологических систем.

В связи с решением многоуровневых, многоиерархических проблем геоморфологи стали интересоваться понятием хаоса [2], особенно при стремлении описать и понять организацию пространства на многофакторном уровне.

Хаос — скопление элементов без динамических связей, возможны лишь контакты соседства, в том числе хаоса блоков. Применение понятия хаоса наиболее подробно рассмотрено в типологии пространственных конфигураций и в моделировании. Математическая теория хаоса может быть эффективно использована в сфере исследования динамики связей географических объектов [3].

Важная проблема — выяснение влияния хаотичного поведения отдельных звеньев территориальных структур на пределы нормальных вариаций их параметров. Заслуживают внимания также поиски средств борьбы с хаотическими отклонениями в функционировании больших систем, которые могут быть вызваны ошибками и задержками в ходе передачи информации. Обобщенная геоморфологическая модель течения масс рыхлых отложений — пример потенциального хаоса. В этой связи необходимо выработать подходы в геоморфологии, придающие особое значение регулярностям (процессов, форм и т. д.), возникающим на базе нерегулярностей (например, регулярным процессам и формам, возникающим на основе нерегулярных). Например, карстовые и суффозионные процессы могут формировать идентичные поверхностные формы (и их бывает порой трудно идентифицировать); с другой стороны, только один карстовый процесс может сформировать десятки различных форм. Главное — до сих пор существует проблема расчленения «статистического рельефа» либо любого иного на карте по отношению к формирующим его процессам. Не всегда контуры, устойчивые на карте, строго соответствуют формирующим их процессам. Наоборот, чаще всего нерегулярные (и порой расчлененные на составляющие) процессы могут быть запечатлены в рельефе или на карте в виде устойчивых образований и форм. А. Трофимов (РФ) для решения этой проблемы предложил теоретическую модель для интерпретации с позиции НДС традиционных

геоморфологических процессов. А. Шайдеггер (Австрия) далее показал, что общая теория систем приложима только тогда, когда геоморфологическая система описывается как независимая от глобальных (ведущих) контролируемых факторов. Она не приложима ко многим тектонически контролируемым ландшафтам. Тектонический и структурный контроль были охарактеризованы им как «Maxwell Demons», который способен «смешивать» геоморфологические интерпретации.

На следующем заседании были представлены два историографических исследования. Б. Кеннеди (Англия) проанализировала работы классических исследователей от Хаттона до Хортон и отметила, что их наследие не дает основания утверждать наличие единого вневременного равновесия как основы развития рельефа, в каждом случае существует одно из возможных равновесных состояний. Точно так же Д. Сак (США), описывая наследие Джильберта и Девиса, показала, что понятия «историческое» и «равновесное», применяемые в геоморфологии, не так уж сильно различимы. Кеннеди, в свою очередь, обвиняет геоморфологов в чрезмерном расширении системных рамок: основы системного подхода в геоморфологии, по крайней мере как это было заложено в 1960-х годах, пока что весьма шаткие. Д. Сак поддерживает этот аргумент указанием на некоторые «сырые» концепции, возникшие на базе динамического равновесия и общей теории систем 1950—1960 годов.

Ряд докладов был связан с традиционной концепцией единого вневременного состояния равновесия (равновесное развитие рельефа). В. Ренвик отметил, что одновременно с равновесными (приспособившимися) и неравновесными (приспосабливающимися) формами рельефа возникает также неравновесные формы, отражающие в своем развитии комплексную нелинейную динамику или просто имеющие длительное время релаксации, соответствующие их частотной дистрибуции (нарушению). Все три типа (равновесное, неравновесное, нарушенное развитие) взаимосвязаны и могут существовать в различных пропорциях в ландшафте.

Доклад Л. Майера (США) отвергает концепцию традиционного равновесия, следующего из приложения общей теории систем. Майер соглашается, что определенные геоморфологические проблемы могут быть решены только с помощью системного подхода, в то же время ряд эффектов остается неопознанным, если к изучению рельефа, формирующих и перестраивающих его процессов подходить только с помощью традиционных взглядов и концепций.

Другая ветвь теории НДС — фрактальная геометрия — была изложена в докладе Е.Ийаз-Васкуеса (США), Р. Брасса (США) и И. Родригос-Итурбе (Венесуэла). Термин «фрактал» образован от латинского слова *fractus*, а соответствующий глагол означает «прерывать, дробить». После выхода в свет монографии Б. Мандельброт [4] возросло количество попыток использования фракталов в географии. М. Гуднайид и Д. Марк [5] сделали обзор фрактальной природы географических феноменов, показав проявление самоподобия в картографии, изображении рельефа и в структуре информационной системы. Фрактальность — результат постоянного (регулярного) процесса, порождающего нерегулярные формы. Они выражают отсутствие масштабной независимости результатов измерений [6].

Использование фрактальной геометрии привело исследователей к выводу, что фракталы — удобное средство для количественного описания всех типов иерархически организованных систем. В то время как очертания флювиальной сети есть фрактал в определенном одноуровневом масштабе, многофакторные характеристики могут быть приложимы через иерархию уровней масштабов (проблема согласования масштабов). Это относится к модели расхода энергии, развития склонов, русловой эрозии и др. Ийаз-Васкуес построил модели минимизации расходов энергии девяти бассейнов, у которых отмечена структурная общность, что позволило ему сделать вывод о возможности представления речного бассейна в виде самоорганизованной критической системы.

Тема хаоса рассматривалась в докладе Дж. Малансона, Д. Батлера и К. Джорджакакоса (США). Хаос продолжает «скрываться в засаде» во многих геоморфологических системах. Малансон продемонстрировал как различные воздействия в модели эволюции склонов порождают совершенно различные склоновые «отклики» (т. е. реакции формы рельефа на внешние воздействия в системе процесс — отклик). Структура этой модели схожа с семейством подобных моделей, однако поведение некоторых из них хаотично при определенных значениях параметров.

Ф. Анерт (Германия) подчеркнул роль отрицательных обратных связей, являющихся причиной тенденции к установлению динамического равновесия (хотя он отрицает определенные истолкования понятия равновесия, включающие прогрессивный хаос). Тенденция к равновесию, скорее всего, состояние критическое, оно наследуется от предыдущих состояний, а порой является просто функцией изменения масштаба. Анерт продемонстрировал эти принципы физически обоснованной моделью долговременной эволюции форм рельефа.

Выступление М. Вирика (США) было связано с интерпретацией поведения геосистем. Он проанализировал распределение почвенной эрозии в прибрежных районах и оценил относительное значение регрессивного и прогрессивного педогенеза. М. Велфорд и К. Торн (США) рассказали об исследовании эволюции различных определений равновесия, используемых в геоморфологии. Они заключили, что существует настоятельная необходимость в ревизии стандартизации концепций. Т. Миллер (США) представил переосмысленную концепцию времени в моделях Шумма и Лихти. В отличие от предшествующих докладчиков, он предложил пересмотреть модели и концепции, определяющие геологический и современный масштаб времени.

В ряде докладов обсуждались полевые исследования. А. Харвей (Англия) на основе огромного количества данных сделал вывод о важной роли в развитии оврагов сети мелколучейковых линейных врезов на склонах, о неравновесности процессов и характере обратных связей. А. Симон (США) сравнил «отклики» на внешние процессы двух бассейнов различных рек. Бассейн, расположенный в вулканической области, реагирует высокоэнергетическим речным «откликом» — переработкой и переносом грубообломочного, плохоокатанного материала. Другой бассейн, в равнинных

уловия, реагируя низкоэнергетическим речным «откликом» — переносом прекрасно обработанного материала. Симон далее показал, что оба «отклика» отражают нелинейную минимизацию энергии через время, предполагая общность реакции, несмотря на различные ситуации. Ф. Магиллиан (США) предложил для обсуждения идею пространственной изменчивости экстремальных потоков в речном бассейне. Поток данной величины и интенсивности может вызывать совершенно различные геоморфологические эффекты в различных частях речной долины; пороговые значения для существенных изменений в различных местах бассейна связываются с экстремальными значениями потока.

В докладе П. Паттона и Г. Хорне (США) обсуждался «отклик» эстуария на подъем уровня моря, когда существующая морфология частично унаследована, а частично перестраивается в результате саморегулирования путем поступления осадков. Д. Шерман (США) установил, что между скоростью перемещения солевых частиц ветром и состоянием поверхности складывается случайно-пороговое равновесие. Б. Родао (США) показал, что нелинейные, системно-ориентированные статистические модели флювиальных систем являются основным оружием при анализе комплексных нелинейных геоморфологических систем с нестабильным равновесием.

Последняя группа участников начала дискуссию с выступления Дж. Пиззута (США). Смысл его работы — комбинация модели смысла с аналитически полученным гидравлическим уравнением для градуирования речного гравия. Результаты оказались сопоставимы с полевыми данными. Ф. Бонне и С. Сноу (США) использовали цифровую модель для имитации реакции стока в верховьях бассейна на понижение базиса эрозии. Модель указывает на множественность «откликов» на одинаковые изменения и на неравномерность процессов, протекающих со времени между понижением базиса и «откликом» в верховьях бассейна.

К. Монтгомери (США) применил методы стандартного анализа временных рядов из теории хаоса к пространственным рядам изменений в речных меандрах. Анализ показал хаотичность процессов, сопоставление же результатов данных по четырем реальным (контрольным) рекам подтвердило наличие хаотического аттрактора. Дело в том, что процессы самоорганизации имеют свои конечные состояния — аттракты или аттракторы [7] — пространственные структуры, сформированные процессами самоорганизации на пути сбалаंसирования географического пространства. Аттракты представлены набором состояний. Выбор их из множества возможных за время развития осуществляется путем отбраковки тех состояний, которые исследуемый процесс принять не мог (принципы запретов). Монтгомери обосновал двусмысленность результатов стандартной теорией хаоса, примененной к геоморфологическим проблемам.

Симпозиум закончился живой дискуссией о будущих направлениях в изучении геоморфологических систем. Одной из главных тем было обсуждение роли хаоса в геоморфологических системах и прикладные аспекты теории хаоса. Участники дискуссии выделили три общих типа ситуаций, возникающих при таких исследованиях: первая — когда теория хаоса используется в общем виде, обеспечивающем обобщенное описание эволюции форм рельефа; вторая — когда применяется «хаотическое» обоснование, что только лишь добавляет неразберихи к объяснению развития форм рельефа и процессов, выполненному в других терминах; третья — когда теория хаоса применяется в виде правдоподобных обоснований действия процессов и развития форм рельефа.

Концепция равновесности также рассматривалась как одна из ведущих проблем. Главным аргументом было то, что концепция единого вневременного состояния равновесия адекватна большинству процессов в геоморфологии. Однако она нуждается в расширении сферы своего действия и обосновании многих положений.

Обсуждалась также роль моделей в геоморфологии. Основной проблемой здесь является выяснение хода эволюции ландшафта в рамках системы взаимодействия процесс — отклик, что особенно важно при различных иерархических переходах и в рамках долговременной эволюции.

Поиск адекватных данных, получаемых в результате тестовых исследований и в моделях верификации, — следующая по значимости проблема дискуссии. Было отмечено, что любые данные (полученные путем полевых наблюдений, специального моделирования и т. д.) необходимы, однако простое (без определенной цели и ориентации) коллекционирование множества данных — не лучший путь улучшения возможностей моделирования геоморфологических систем.

Одной из важнейших тем дискуссии была проблема согласования масштабов (изменение геоморфологических ситуаций при переходе от одного масштаба к другому). И существенный, и релевантный хаос часто может быть функцией масштаба: необходимо отметить, что наличие хаотичности на одном уровне исследований может «затуманить» внутреннюю упорядоченность моделей на более высоком уровне. Точно так же и для равновесного состояния: при одном масштабе иррегулярные флуктуации системы могут быть интерпретированы как колебания вокруг состояния динамического равновесия, а при другом — как хаотичные траектории в границах фазового пространства.

Дискуссия показала три основных пути будущих исследований: изучение соответствия теории хаоса и адаптация существующих математических концепций геоморфологическим задачам; управление состоянием равновесия с конструктивным включением равновесных и неравновесных аспектов процессов; и решение проблемы масштабных переходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Geomorphology. Geomorphic systems/Eds Phillips J., Renwick W. Amsterdam; London; New York; Tokyo: Elsevier, 1992. 489 p.
2. Durand-Dastes F. La notion de chaos et la geographie, quelques reflexions//Espace geogr. 1990. V. 19—20. № 4. P. 311—314.

3. *Pumain D.* Humeur de chaos//Espace geogr. 1990. V. 19—20. № 4. P. 309—310.
4. *Mandelbrot B. B.* The fractal Geometry of Nature. N. Y.: Freeman, 1983. 468 p.
5. *Goodchild M. F., Mark D. M.* The fractal nature of geographic phenomenes//Ann. Assoc. Amer. Geogr. 1987. V. 77. № 2. P. 265—278.
6. *Longley P. A., Battj M.* On the fractal measurement of geographical boundaries//Geogr. Anal. 1989. V. 21. № 1. P. 47—67.
7. *Овчинников Н. Ф., Шупер В. А.* Симметрия социально-географического пространства и самоорганизация систем расселения//Методы изучения расселения. М.: Наука, 1987. С. 18—34.

Университет Восточной Каролины. Гринвилл,
Северная Каролина, США;
Университет Майами, Оксфорд, Огайо, США;
Казанский государственный университет

Поступила в редакцию
22.02.94