

ПОНЯТИЯ «МОДЕЛЬ» И «МОДЕЛИРОВАНИЕ» В ГЕОМОРФОЛОГИИ

Понятийная база геоморфологии, как и любой другой развивающейся отрасли знаний, постоянно обновляется. Последние 20—30 лет все чаще в геоморфологической литературе встречаются термины «модель» и «моделирование». Ряд исследователей [1—3 и др.] указывают, что понятие «модель» (от лат. *modulus* — образец, мера) сложилось в активной производственной практике и в ходе развития науки и техники неоднократно трансформировалось, при этом постоянно расширяя свои границы. По этому поводу калифорнийский ученый Чжао Юань-Жень [4] пишет, что сам термин «модель» относительно новый и в лингвистике, но тем, что вполне естественно считать моделями, пользуются издавна. Как и в случае многих других научных понятий, прогресс состоит не столько в добавлении новых понятий и терминов, сколько в уточнении тех, которые до сих пор были расплывчаты и нечетки. Этот же ученый приводит в своей работе 30 синонимов или характеристик модели и 9 несинонимов, противопоставляемых модели. Разбор противоречивости некоторых определений термина «модель» приводится также у Д. Харвея [5]. Различия в понимании терминов «модель» и «моделирование» в геоморфологии хорошо видны при рассмотрении материалов конференции, прошедшей в 1988 г. в Кишиневе [6]. Еще больший спектр взглядов по данному вопросу наблюдается в работах отдельных авторов (см. список литературы).

Причин различного понимания рассматриваемых терминов геоморфологами, по-видимому, несколько. Одной из возможных причин может служить то обстоятельство, что моделирование проникало в геоморфологию из разных отраслей знаний. Так, в гидравлике широко используется физическое моделирование, в прикладной математике — математическое моделирование и т. д. Однако представление о разделении всех моделей на физические и математические, что широко распространено в среде ученых-естественников, по-видимому, является неполным. Действительно, эти два метода исследований наиболее часто используются в геоморфологической теории и практике, но они не исчерпывают всего разнообразия моделей и видов моделирования, используемых в геоморфологии. Так, физические (вернее — физически подобные) входят в группу материальных (вещественных) моделей, в которой, по классификации В. А. Штоффа [2], еще располагаются пространственно подобные и математически подобные. По той же классификации в одну группу с математическими моделями (являющимися частным случаем знаковых) входят образно-знаковые и образные. Для иллюстрации приведем таблицу, в которой показаны виды моделирования и наиболее типичные представители данного направления в геоморфологии.

На базе этой таблицы и вышеупомянутых материалов конференции [6] попробуем рассмотреть смысл, вкладываемый разными авторами в понятия «модель» и «моделирование». Многие геоморфологи используют данные термины в отношении к неформализованным мысленным представлениям, гипотетическим построениям, разного рода моделям-аналогиям и прочим модельным представлениям. Этот путь очень продуктивен. По существу геоморфология начала свое существование как отдельная наука с построения моделей эволюции рельефа В. Девиса и В. Пенка. Так, Д. Харвей [5] пишет, что можно было бы избежать многих недоразумений, рассматривая девисовские построения не как что-то абсолютное, а как одну из моделей действительности. К образным, по-видимому, можно отнести выделяемые А. М. Трофимовым и Н. М. Солодухо понятийные и концептуальные модели, различающиеся по

Типы моделей	Представители данного направления
<p>Мысленные</p> <p>образные</p> <p>образно-знаковые</p> <p>знаковые</p>	<p>Девис (1962); Пенк (1961); Кинг (1967) и др.</p> <p>Берлянт (1986, [8]); Ласточкин (1991, [10]) и др.</p> <p>Шайдеггер (1964, [12]); Девдариани (1967, [13]); Трофимов, Московкин (1985, [14]) и др.</p>
<p>Материальные</p> <p>пространственно подобные (объемные макеты местности и т. д.)</p> <p>физически подобные</p> <p>математически подобные</p>	<p>Маккавеев и др. (1961, [19]); Бастраков (1977, [27]); Никольская (1980, [20]); Знаменская (1992, [21]) и др.</p> <p>Харбург, Бонэм-Картер (1974, [22]); Сергеева, Девдариани (1976, [23]); Поздняков, Черванев (1990, [9]) и др.</p>

степени формализации [7]. Если под понятийными моделями они понимают наиболее общие теоретические соображения, то под концептуальными моделями понимается множество знаний и представлений об отдельной геоситуации или их комплексе, сведенных в единую систему с позиции цели исследования.

Следующим видом мысленного моделирования является образно-знаковое. В геоморфологии немаловажную роль играют разного рода схемы, графы, карты, чертежи, графики и т. д. В этом смысле термины «модель» и «моделирование» используются А. М. Берлянтом [8], А. В. Поздняковым, И. Г. Черваневым [9], А. Н. Ласточкиным [10], В. В. Ермошиным; А. Т. Левадюком, А. С. Герасем; В. А. Осиюком, А. М. Капчелей; Е. П. Парамоновым; Ю. Д. Шуйским, Г. В. Выхованцем [6] и др. Особое место в данном виде моделирования занимает картографическое. Подробный анализ карт как моделей действительности приводится в монографии А. М. Берлянта [8]. Последний особое место отводит системному моделированию, а также подчеркивает, что понятие «картографическое моделирование» относится к числу фундаментальных в картографии. К основным свойствам карт и атласов как моделей он относит пространственно-временное подобие, содержательное соответствие, абстрактность, синтетичность, метричность, однозначность изображения и его непрерывность, наглядность, обзорность, логичность легенды. А. М. Берлянт определяет картографическое моделирование как «создание, анализ и преобразование картографических произведений как моделей объектов и процессов с целью их использования для приобретения новых знаний об этих объектах и процессах» [11].

Наконец, последним, по классификации В. А. Штоффа, в группе мысленных является знаковое моделирование. Под знаковыми моделями обычно понимают определенным образом интерпретированные системы. Важное место в данном виде моделирования занимает математическое. По числу публикаций о моделях этот подвид в геоморфологии занимает едва ли не первое место. Так, в материалах конференции [6] он упоминается почти в половине тезисов. Существуют отдельные труды, посвященные математическому моделированию геоморфологических объектов и явлений [10, 12—14 и др.]. Особый интерес у геоморфологов к методам математического моделирования связан, по-видимому, с внедрением системной идеологии. Так, Р. Чорли и Б. Кеннеди [15] широко используют понятия «модель» и «моделирование» в связи с системным подходом.

С одной стороны, системный подход является в геоморфологии основой для разработки моделей, с другой стороны, важнейшей составляющей самого системного анализа является построение моделей действительности. Показательна с этой точки зрения работа Ю. Г. Симонова и О. А. Борсука [16],

которые рассмотрели целесообразность системного подхода к изучению эрозионно-денудационных морфосистем. В данном случае интересен факт выделения пяти операций: 1) проведение границ эрозионно-денудационной морфосистемы; 2) описание строения морфосистемы или выделение ее структуры; 3) анализ внутренних взаимосвязей; 4) изучение внешних связей морфосистемы с (ее внешней) средой; 5) изучение особенностей функционирования морфосистемы. Данные операции по существу могут являться прямым руководством к построению и исследованию системных геоморфологических моделей. Этот вид моделирования наиболее перспективен и полезен для дальнейшего использования в исследованиях рельефа. Так, в монографии А. М. Трофимова и В. М. Московкина [14] рассматривается ряд очень интересных системных моделей склонов и склоновых процессов, которые являются следующим шагом в моделировании природных объектов и явлений. В данной работе заложены основы концепции моделей взаимодействия в геоморфологии склонов, построенных на балансовой основе.

Системный подход, по-видимому, является тем фундаментом, на котором целесообразно развивать теорию моделирования геоморфологических объектов и явлений. Обращает на себя внимание существующий в современных исследованиях особый акцент на изучение обратных отрицательных связей, которые обеспечивают стремление к равновесию геоморфологических систем [9, 14, 15, 17 и др.]. Так, Ф. Анерт [17], предлагая оригинальную математическую модель эволюции склонов, уделяет особое внимание именно отрицательным обратным связям, которые приводят склоновую систему в состояние равновесия. Однако Ф. Анерт предостерегает от абсолютизации понятия «равновесие» в рельефе. Особое значение такие исследования принимают с развитием экологической геоморфологии, так как именно равновесие (или квазиравновесное состояние) рельефа позволяет не разрушить связи в сложившихся биогеоценозах. Ю. Г. Симонов [18] предлагает математическую модель определения порядка рек и расчета их морфометрических характеристик на базе системного анализа, демонстрируя широкие возможности системного моделирования. По существу в случае с применением системной идеологии в геоморфологии мы имеем дело с поэтапным восхождением от образных моделей к образно-знаковым и знаковым и далее на новом уровне возвращаемся к образному моделированию. А. М. Трофимов и Н. М. Солодуха [7] выделяют специфический вид моделирования — математико-географическое, которое проводится на уровне объектов и отношений между ними и связано с созданием логико-математических конструкций, отражающих количественные отношения реальных географических объектов.

Следующей группой методов, применяемых в геоморфологической теории и практике, является материальное моделирование. Первым видом в этой группе являются пространственно подобные модели, под которыми принято понимать модели, обладающие геометрическим подобием с оригиналом. Это макеты, муляжи, компоновки и т. д. И хотя трудно назвать конкретно представителя данного направления в геоморфологии, этот вид часто применяется в целях обучения и способствует лучшему усвоению материала. Следующий вид моделей — физически подобные, под которыми понимают модели, обладающие механическим, динамическим, кинематическим и другими видами подобия с оригиналом. Примером удачного физически подобного моделирования в геоморфологии служат исследования, проведенные под руководством Н. И. Маккавеева [19], изучавшего на лабораторных установках взаимодействие экзогенных и эндогенных факторов в процессе эволюции флювиальных форм рельефа. В данной работе также дается обзор предшествующих работ по экспериментальным моделям в геоморфологии. В последнее время было проведено достаточно большое количество исследований в области физически подобного моделирования: И. И. Никольская [20], И. П. Зеленский; А. А. Немиров; А. М. Капчеля; Н. И. Рудько; С. М. Тащи и др.; Н. В.

Хмелева и др.; Б. Ф. Шевченко [6]; Н. С. Знаменская [21] и др. И наконец, последние годы в геоморфологии ознаменовались исследованиями в области математически подобного моделирования, к которому относятся аналоговое, структурное, имитационное (на ЭВМ) и другие виды моделирования. В этом случае модель имеет подобие с оригиналом в отношении математических зависимостей. Так, например, дифференциальные уравнения, описывающие поведение электрического тока в электропроводящей бумаге и движение наносов в водном потоке, подобны. В этом понимании термины «модель» и «моделирование» используют Дж. Харбург, Г. Бонэм [22]; Л. Л. Сергеева, А. С. Девдариани [23]; А. В. Поздняков, И. Г. Черванев [9]; Н. В. Куценко; Е. И. Игнатова; В. И. Кленов [6] и др.

Таким образом, воспользовавшись классификацией В. А. Штоффа, можно увидеть, что в нее не поместилось все многообразие методов моделирования, применяемого для изучения рельефа. Так, А. М. Берлянт [8] приводит и анализирует некоторые смешанные типы моделирования (экспериментально-картографические, теоретико-картографические, математико-картографические и т. д.).

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что при большом охвате методов моделирование занимает строго определенное место в геоморфологических исследованиях и не является термином свободного пользования. Как можно убедиться, многие авторы используют термины «модель» и «моделирование» сразу в нескольких значениях. Так, часто встречается вариант построения математических моделей и дальнейшая их реализация на ЭВМ или на аналоговых моделях, что является уже материальным моделированием. Так же часто встречается предварительное образное моделирование с последующей формализацией и созданием образно-знаковых и знаковых моделей. И таких комбинаций можно привести бесконечное множество. В зависимости от используемого конкретной группой исследователей того или иного аппарата из арсенала моделирования и дается определение понятий «модель» и «моделирование».

В современной литературе встречается порядка 25 определений понятия «модель» и около 20 — «моделирование». Все их можно разбить на две большие группы. Это недостаточные и избыточные. Естественно, разделены они по этому критерию субъективно и соотнесены с тем охватом видов моделирования, которые мы рассматривали выше. Так, некоторые исследователи [24, 25], определяя термин «модель», вводят ограничения в виде оговорки о равном или большем (большем или меньшем, меньшем или равном) масштабе модели по отношению к оригиналу. В данном случае, по-видимому, в понятие не включаются образный и знаковый виды моделирования. К недостаточным можно отнести и определение, данное в Географическом энциклопедическом словаре [26]. Приведем его. «Моделирование — вид научного отражения как способ познания реальности». Однако это же можно сказать, например, и о наблюдении, и об эксперименте и т. д. Излишним, по-видимому, можно признать введение в формулировку рассматриваемых терминов предположения о создании более упрощенного объекта [24], так как ничто не ограничивает нас в создании чего-либо более сложного, но при этом более доступного по каким-либо причинам для изучения.

Далее коротко остановимся на понятии «эксперимент», поскольку оно часто употребляется в связи с терминами «модель» и «моделирование» и, следовательно, целесообразно проанализировать их соотношение между собой. Эксперимент (от лат. *experimentum* — проба, опыт) в геоморфологии используется достаточно широко [19—21, 27 и др.]. Н. И. Маккавеев писал, что одним из методов, позволяющих проверить и развить выводы, полученные при проведении полевых исследований, является экспериментальный метод, а также что без помощи лаборатории невозможно глубокое изучение физической природы геоморфологических процессов и точное выявление факторов, опре-

деляющих формирование рельефа. В этой же монографии приводится обширный обзор экспериментальных методов при изучении рельефа. Анализ формулировок термина «эксперимент» (около 10) дает следующие результаты. Так, некоторые авторы считают, что экспериментом может считаться только исследование, проведенное в лаборатории [28]. Однако большинство исследователей полагают, что это не определяющий фактор, и эксперимент может проводиться как в лаборатории, так и в природе [19, 29]. Более того, в последнее время в геоморфологии под экспериментом понимают еще и стационарные методы исследования [30]. Отдельно хотелось бы обратить внимание на экспериментальное моделирование или, как в философии говорят, «модельный эксперимент», под которым понимается эксперимент с изучением не непосредственно самого объекта, а его модели, с последующим перенесением выводов на объект познания. Также существует понятие «мысленный эксперимент», синонимичное, по-видимому, «мысленному моделированию», когда оперируют какой-либо мысленной моделью для более глубокого познания самого предмета исследований. При таком подходе можно говорить о том, что моделирование и эксперимент имеют точки пересечения, не являясь, однако, синонимами. И все попытки полностью отделить один термин от другого, по-видимому, нецелесообразны.

Рассмотрев под таким углом зрения понятия, попытаемся сформулировать сначала термин «модель», а потом «моделирование» и «эксперимент», причем это надо сделать так, чтобы охватить все те виды моделирования и экспериментирования, которые мы рассмотрели, и чтобы сами слова не стали терминами свободного пользования.

Тогда модель можно определить как вещественный или мысленно представляемый аналог оригинала, имеющий подобие с оригиналом в существенных для конкретного исследования чертах. Под моделированием в геоморфологии можно понимать создание и исследование моделей геоморфологических систем с целью изучения их происхождения, структуры, функционирования, состояния и т. д. Под экспериментом в геоморфологии можно понимать исследование геоморфологических систем (их структуры, функционирования, происхождения, состояния и т. д.) в природе или лаборатории в контролируемых или управляемых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новик И. Б. О моделировании сложных систем. М.: Мысль, 1965. 335 с.
2. Штофф В. А. Моделирование и философия. М.; Л.: Наука, 1966. 302 с.
3. Неуймин Я. Г. Моделирование в науке и технике. М.: Наука, 1984. 190 с.
4. Чжао Юань-Жень. Модели в лингвистике и модели вообще // Математическая логика и ее применение. М.: Мир, 1965. С. 281—292.
5. Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Прогресс, 1974. 502 с.
6. Моделирование геосистем для рационального природопользования (Материалы конференции) / Отв. ред. И. П. Зеленский. Кишинев: Штиинца, 1988. 72 с.
7. Трофимов А. М., Солодухо Н. М. Вопросы методологии современной географии. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. 83 с.
8. Берлянт А. М. Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986. 240 с.
9. Поздняков А. В., Черванев И. Г. Самоорганизация в развитии форм рельефа. М.: Наука, 1990. 204 с.
10. Ласточкин А. Н. Морфодинамическая концепция общей геоморфологии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 218 с.
11. Берлянт А. М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1988. 252 с.
12. Шайдеггер А. Е. Теоретическая геоморфология. М.: Прогресс, 1964. 450 с.
13. Девдариани А. С. Математический анализ в геоморфологии. М.: Недра, 1967. 156 с.
14. Трофимов А. М., Московкин В. М. Математическое моделирование в геоморфологии склонов. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1983. 216 с.
15. Chorley R. J., Kennedy B. A. Physical geography. A system approach. London: Prentice-Hallintern, 1971. 370 p.
16. Симонов Ю. Г., Борсук О. А. Системный подход в геоморфологии и эрозионно-денудационные морфосистемы // Рельеф и ландшафты. М.: Изд-во МГУ, 1977. С. 66—73.

17. Ahnert Fr. Approach to dynamic equilibrium in theoretical simulations of slope development//Earth Surf. Processes. 1987. V. 12. P. 3—15.
18. Симонов Ю. Г. Системный анализ в геоморфологии//Системный подход в геоморфологии. М., 1988. С. 3—19.
19. Экспериментальная геоморфология//ред. Маккавеев Н. И. М.: Изд-во МГУ, 1961. Вып. 1. 195 с.; 1969. Вып. 2. 204 с.; 1978. Вып. 3. 167 с.
20. Никольская И. И. Экспериментальные исследования развития оврагов: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1980. 26 с.
21. Знаменская Н. С. Гидравлическое моделирование русловых процессов. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 240 с.
22. Харбург Дж., Бонэм-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. М.: Мир, 1974. 320 с.
23. Сергеева Л. Л., Девдариани А. С. Рельеф Земли как потенциальное поле//Количественные методы в географии. М.: Изд-во МГУ, 1976. С. 57—62.
24. Реймерс Н. Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 637 с.
25. Fairbridge R. W. (ed.) Encyclopedia of the Earth. N. Y.: Reinholds Book Corporation, 1967. V. 2. 1200 p.
26. Географический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1988. 432 с.
27. Бастраков Г. В. Опыт определения противозрозионной устойчивости земель//Геоморфология. 1975. № 1. С. 23—27.
28. Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т. 1. 486 с.; Т. 2. 456 с.
29. Тимофеев Д. А., Уфимцев Г. Ф., Онухов Ф. С. Терминология общей геоморфологии. М.: Наука, 1977. 200 с.
30. Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР/Ред. А. П. Дедков, Д. А. Тимофеев. М.: Наука, 1986. 158 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
29.04.92

CONCEPTS OF «MODEL» AND «MODELLING» IN GEOMORPHOLOGY

V. P. BONDAREV

Summary

The author considers the current usage of terms «model» and «modelling» («simulation») in geomorphological studies. The terms are analysed in comparison with the notion of «experiment». An attempt is made to give more general definition of the terms «model», «modelling», «experiment» which would cover the whole span of the methods application to geomorphology, while preventing them from becoming terms of free usage.