

ДИСКУССИИ

УДК 551.4

© 1996 г. В.А. БАЛАНДИН

ГЕНЕЗИС И СТРУКТУРА РЕЛЬЕФА: ПОПЫТКА НЕТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ СМЫСЛА ПОНЯТИЙ

"Безвыходным мы называем такое положение, очевидный выход из которого нам не нравится".

Станислав Ежи Лец

Внедрение в теорию и практику геологических наук понятий и методов синергетики дает возможность поисков нетрадиционных путей исследований понятийно-теоретической базы геоморфологии. Например, анализ одного из базовых понятий генезиса рельефа с этой точки зрения обнаруживает неизбежность сопряженного анализа такого понятия, как "структура рельефа". В геоморфологии это та логическая нить, которая позволяет "сшивать" в единое целое разные уровни рассмотрения масштабы вопросов генезиса, скорости и времени формирования элементов рельефа любой размерности. Так, известно достаточно большое количество методов структурирования рельефа, но если не вдаваться в детали, они группируются в небольшое число направлений:

1) геометрические, когда рельеф рассматривается как некоторое геометрическое место точек, поле высот и т.д. и структура его выявляется с помощью математического анализа двумерных (например, ряды Фурье) или объемных (полиномы, сплайн-функции моделей). Выделенные такими способами элементы структуры рельефа затем исследуются с точки зрения выявления их генезиса, возраста, решения практических задач и пр.;

2) тектонические, базирующиеся на поисках выражения в рельефе разного рода и размерности элементов геологического строения "коренного субстрата" (тектоники литосферы) в соответствии с исповедуемыми исследователями геотектоническими и геоморфологическими гипотезами. Обратная последовательность движения – от форм и элементов рельефа, выделяемых в зависимости от вкуса и квалификации исследователя, к их геологическому (тектоническому) выполнению – общего смысла построений не изменяет;

3) промежуточные, пытающиеся сочетать достижения предыдущих направлений и сводящиеся к восстановлению различными способами сглаживания реально существующей земной поверхности до так называемого первичного или тектонического рельефа с последующим анализом его структуры, генезиса и возраста;

4) модельный метод, когда задается математическая модель рельефа (полиномы, сплайн-функции и т.д.) и оцененных в количественной форме, учтенных (организованных) факторов рельефообразования и затем производится анализ степени участия каждого из организованных факторов в принятой модели рельефа (факторный, корреляционный, дисперсионный анализ).

Рассуждения о генезисе рельефа вообще, без указания каких-либо ограничений, просто не имеют смысла, так как он является неотъемлемым элементом Земли как планеты, выполняя роль внешнего ограничения одной из оболочек – литосферы, и вопрос о его генезисе замыкается на гипотезу о происхождении и развитии Земли. Только обозначив или выделив определенную часть (элемент, составляющую и т.д.) рельефа одним из перечисленных способов, можно переходить к вопросу о его генезисе. Причем вопрос о генезисе выделенного элемента рельефа оказывается далеко не так прост, как кажется исходя из мнимой однозначности смысла этого термина – "происхождение". Даже такие, казалось бы, с бесспорным происхождением, элементы рельефа, как речные долины, при более внимательном рассмотрении обнаруживают неоднозначность своего генезиса. Так, несомненно участие тектонического фактора как в заложении первичного направления долины, так и в формировании ее облика и направленности дальнейшего развития (динамики). Здесь вступает в действие давно известный в физике принцип неопределенности (дополнительности), согласно которому попытка бесконечного уточнения одного из параметров рельефа, например размерности элементарной ячейки, ее границ, генезиса или возраста, приводит к полной потере физического смысла этой процедуры.

Весьма поучителен опыт исследования генезиса рельефа достаточно крупных участков земной поверхности (сотни квадратных километров), основанный на статистическом анализе математических моделей рельефа и факторов рельефообразования. Основной и принципиальный вывод – в природе не существует участков земной поверхности и форм рельефа, структура и моделировка которых были бы обязаны своим происхождением действию только одного из достаточно многочисленных факторов рельефообразования. С этой точки зрения выглядят некорректными попытки структурирования рельефа на генетически однородные поверхности, на самом деле представляющие собой многофакторные образования и по сути являющиеся результатом субъективной интегральной оценки генезиса рельефа крупных участков земной поверхности. Использование подобного подхода к структурированию рельефа приводит к практически неразрешимым дискуссиям и затрудняет использование геоморфологических построений при решении утилитарных задач, например при поисках рудных и россыпных проявлений полезных ископаемых, проектно-изыскательских работ, оценке степени геоморфологического риска и т.д.

Поэтому при исследовании генезиса рельефа или его элементов как попытку выхода из этой ситуации можно предложить переход на многофакторные генетические модели, например аналитические, статистические, аналоговые и т.д. Но эти методы, в свою очередь, ставят труднопреодолимые сложности в виде проблемы выбора и способов количественной оценки факторов рельефообразования, что вынуждает вводить ряд допущений, естественно, снижают корректность анализа и достоверность конечного результата.

В качестве одного из вариантов разрешения проблемы согласования неувязок разномасштабных структурных, генетических, временных построений при анализе рельефа многими исследователями неоднократно предпринимались попытки обоснования и разработки методов выделения так называемых элементарных ячеек рельефа, или его элементов. Достаточно широко известные варианты выделения граней, узлов или генетически однородных поверхностей привели к весьма дискуссионным результатам, так как базировались на системе допущений далеко не бесспорных, геометрические способы плохо сочетались с традиционными генетическими и возрастными построениями, а генетически однородные поверхности практически не допускали структуризации рельефа. Слабая результативность подобных попыток объяснялась недостаточной корректностью выбора оснований для структуризации рельефа.

Рельеф как физический объект, сочетающий в себе, согласно современному состоянию понятийно-теоретической базы геоморфологии, геометрические (плоскостные и объемные), физические (состав коренного субстрата и рыхлых комплексов), генетические и временные параметры, не может быть корректно структурирован на

основании какого-либо одного ведущего "внутреннего" признака, так как элементы его структуры связаны однонаправленными (из прошлого в настоящее и будущее) причинно-следственными связями. Выходов из этой, казалось бы, тупиковой ситуации как минимум два. Во-первых, разбиение на подсистемы по отдельным параметрам с последующей структуризацией по соответствующему основанию, например графического изображения рельефа (топографические карты) на геометрические элементы. Но в этом случае трудно осуществим (практически корректно невозможен) переход к другим параметрам, например к анализу временных взаимоотношений геометрически однородных элементов рельефа.

Во-вторых, выбор в качестве основания для структурирования фактора, внешнего по отношению к рассматриваемой системе, но оказывающего явно выраженное организующее влияние. Путь этот для геоморфологии принципиально нов, и опыта его последовательного применения пока нет, хотя отдельные его элементы уже появляются в практике геоморфологических исследований. В качестве одного из возможных вариантов допустимо применение в качестве основания для структурирования рельефа гравитационного поля, организующая роль которого признается практически всеми исследователями, правда в основном на формальном уровне, на всех стадиях формирования рельефа, от тектонических движений (изостазия) до перемещения вещества и энергии в атмосфере и гидросфере (литодинамические потоки, потенциальная и кинетическая, механическая и тепловая и другие виды энергии).

Гравитационное поле по отношению к рельефу является внешним, т.е. независимым фактором, а организующая его роль при образовании рельефа проявляется интегрально – через формирование так называемой бассейновой структуры. Согласно бассейновому принципу земная поверхность как граница раздела сред – литосферы и гидросферы, литосферы и атмосферы, – непрерывная во времени и пространстве, разбивается (естественным образом, а не умозрительно!) на участки, бассейны, арены и т.д., ограниченные так называемыми водоразделами, образование которых также контролируется гравитационными полями (изостазия, поля напряжений, прочностные свойства). Движение вещества и энергии в пределах каждого из бассейнов, арен, элементов также контролируется гравитационным полем – воздушные, водные (поверхностные и подземные воды) и литодинамические потоки.

Бассейновый принцип достаточно хорошо известен и давно уже применяется в гидрологии, гидрогеологии, ландшафтоведении, экологии. Согласно этому принципу производится структуризация пространственных, площадных объектов на бассейны (арены, элементы и т.д.) различной размерности, минимальным из которых (по размерности) присваивается ранг "элементарных". С точки зрения синергетики бассейна (арена, элемент) – это именно тот неделимый далее "атом" земной поверхности (рельефа), начиная с которого в структуре рельефа земной поверхности проявляется самоорганизация. И действительно, из теории и практики геоморфологии известно, что рельеф начинается с первичной, условно плоской поверхности, малейшие деформации которой (опять же в поле силы тяжести!) неизбежно приводят к образованию системы бассейнов, обладающих поразительной устойчивостью во времени и пространстве. Даже такие кардинальные события в истории развития литосферы, как горообразование и рифтогенез, не в состоянии полностью уничтожить систему бассейнов – происходит ее деформация, трансформация, т.е. приспособление к новым условиям, но не уничтожение. Особенно устойчивы бассейны (арены, элементы) низких порядков.

В определенном смысле функционирование этих элементарных ячеек рельефа (бассейнов, арен) аналогично устройству и поведению клеток организмов: каждая элементарная ячейка имеет весьма устойчивые во времени и пространстве рубежи, допускающие, при определенных ограничениях, обмен веществом и энергией с окружающим пространством. В пределах их перемещение вещества и энергии происходит с помощью воздушных, водных и литодинамических потоков. Каждый такой элемент рельефа обладает определенным энергетическим потенциалом и прежде всего запасом потенциальной энергии (разница максимальной и минимальной высотных

отметок, базис эрозии, гравитационный потенциал), от величины которого зависят пространственная устойчивость его границ и время жизни.

Энергетическое состояние любой элементарной и любой последующей по размерности ячейки более высокого ранга поддается измерению и описанию с применением математических методов, например аппарата теории потенциалов. Кроме того, подобный подход к структурированию земной поверхности позволяет рассматривать выделенные элементы как квазизамкнутые системы и исследовать их функционирование с точки зрения законов термодинамики. Возможность же изучения энергетических свойств элементов рельефа имеет прямой практически ценный выход на решение уже сугубо утилитарных задач: оценки устойчивости элементов рельефа, степени геоморфологического риска, экологического потенциала и пр.

При подобном структурировании рельефа земной поверхности другое освещение получает проблема генезиса рельефа. Например, накопленная за последние десятилетия информация о строении дна морей и океанов приводит к выводу, что эта часть земной поверхности по строению рельефа принципиально не отличается от суши; прежде всего наблюдается все та же бассейновая структура рельефа с весьма устойчивой системой глобальных океанических, местных течений и придонных потоков. Но заметное снижение влияния силы тяжести за счет плотности воды (1 г/см^3) вносит свои коррективы в скульптуру рельефа.

Несколько выбивается из общего ряда, прежде всего по скульптуре, рельеф шельфовых, переходных от суши к океанам зон, характеризующийся, кроме того, бросающейся в глаза выположенностью. Эта специфичность облика рельефа шельфовых зон в свое время послужила основанием для выделения соответствующих тектонических зон. Сегодня эти особенности рельефа шельфа объясняются гораздо проще. Во-первых, детальная батиметрия, эхолотирование, акустическое и сейсмическое зондирования обнаружили достаточно сложную расчлененность рельефа шельфа (опять же в согласии с вездесущим бассейновым принципом). Во-вторых, установлено существование как бы двух рельефов – по коренному (литифицированному) цоколю и по поверхности осадков, – заметно отличающихся друг от друга, причем рельеф цоколя является по облику и структуре прямым продолжением рельефа суши, а рельеф "по осадкам" повторяет его в сильно сглаженном ("размазанном") виде. В-третьих, все более или менее крупные речные системы имеют на шельфе непосредственное продолжение.

Объясняются все особенности рельефа достаточно просто, без привлечения каких-либо особых "геологических" причин. Шельф – это зона действия волноприбойных процессов, эрозионная, денудационная и транспортирующая способность которых во много раз превосходит потенциал тех же процессов как в аэральной, так и в водной среде. Кроме того, в шельфовой зоне происходит разгрузка громадных объемов обломочного материала, поступающего с материков. Из этого следует уже принципиальный вывод, что структура рельефа земной поверхности, как континентальной, так и океанической ее части, формируется по одним и тем же законам, а различия их облика обязаны своим происхождением существованию и развитию их в различных средах – водной или воздушной, или промежуточной (аквально-аэральной).

Возвращаясь к вопросу о генезисе рельефа в целом и отдельных его элементов, следует отметить, что для объектов с разветвленной (ранговый, бассейновый или другой принцип) структурной иерархией термин "происхождение" для элементов разного уровня (порядка) будет иметь различный смысл. Основная сложность определения генезиса какого-либо элемента рельефа заключается в следующем: 1) генезис для всего объекта, например земной поверхности (рельефа), в целом остается прежним – это граница раздела литосферы от гидро- и атмосферы, обязанная своим существованием дифференциации вещества Земли на сферы различного вещественного и фазового состава; 2) генезис любого другого элемента рельефа, выделенного любым способом структурирования, является уже функцией многофакторной, и число "организованных" факторов (т.е. привлеченных к делу) жестко установить невозможно. Определяется оно обычно преследуемой целью. Тут могут присутствовать тради-

ционные факторы – тектонический, литологический, эрозионный, магматический, трещиноватость и пр. – и даже более экзотические, например космический. Как число факторов, так и доля их участия в рельефообразовании достаточно корректному учету обычно поддаются трудно.

В заключение представляется целесообразным сформулировать несколько тезисов.

1) Традиционные методы структурирования земной поверхности, использующие в качестве основания только один из параметров рельефа: геометрию, генезис, размерность, возраст, не способны выявить истинное устройство рельефа, так как они в значительной мере опираются на умозрительные построения, не позволяющие без определенных натяжек свести в единое целое основные параметры рельефа – структуру, генезис и возраст.

2) Попытки структуризации рельефа по тектоническим данным заведомо некорректны по причине слабой физической (по механике) и фактологической обоснованности самих тектонических парадигм.

3) Перспективные для развития теории рельефообразования возможности открывает синергетика, в рамках которой допускается для структурирования использовать внешние по отношению к системе факторы, например гравитационное поле, поля напряжения и т.д.

4) Синергетические модели строения структуры рельефа позволяют переходить на исследование энергетических и термодинамических параметров рельефа, что, в свою очередь, допускает установление функциональных аналитических связей состояния рельефа и оболочек Земли.

Институт земной коры
СО РАН

Поступила в редакцию
04.07.95

УДК 551.435.11

© 1996 г. А.И. СПИРИДОНОВ

К ВОПРОСУ О ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОМ РАЗВИТИИ ФЛЮВИАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА

Опубликованные в последние годы статьи А.И. Скоморохова [1–5] посвящены решению ряда важных проблем флювиальной геоморфологии, которые представляют большой научный интерес и могут служить предметом полезной творческой дискуссии. Статья о некоторых положениях эрозионного рельефообразования была опубликована вместе с критическими замечаниями трех авторов по данной проблеме. Критическому анализу может быть подвергнуто и содержание других статей. В особенности это относится к представлению автора о возвратно-поступательном развитии флювиального рельефа.

В основе этого представления лежит, согласно А.И. Скоморохову, "теснейшая связь в пространстве и во времени эрозионных процессов с аккумулятивными, проявляющаяся на различных уровнях независимо от того, на какой ступени развития – восходящей или нисходящей – находится та или иная форма (элемент) рельефа" [3, с. 16]. Однако, противореча самому себе, он считает, что развитие флювиального рельефа на ранней стадии совершается поступательно под воздействием эрозии. «Возникающий при этом рельеф, строго говоря, не соответствует понятию "эрозионный": элементы чисто эрозионного происхождения имеют ограниченные размеры и сохраняются таковыми в течение ограниченных отрезков времени» [3, с. 16]. Наблюдаемый в настоящее время рельеф "представляет заключительные результаты проявлений возвратной (аккумулятивной) стадии флювиального процесса" [5, с. 28].