

УДК 551.435.16(235.216+517.3)

© 2009 г. Д.А. ТИМОФЕЕВ, Р.Е. ПЕРЕСЛЕГИНА

**ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗОВАННОСТЬ ДВУХ АРИДНЫХ
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ¹**

Временная организованность геоморфологических систем – это упорядоченное, согласованное существование и функционирование элементов системы в каждый данный отрезок (момент) времени. Вместе с тем это и строго определенное развитие системы, последовательность постоянно действующих процессов, смен состояний [1]. Каждая геоморфологическая система в своем развитии проходит через ряд стадий, которые следуют одна за другой в заданном порядке: стадия 1 сменяется стадией 2, затем стадией 3, но стадия 3 не может наступить раньше стадий 1 и 2. Такая строгая упорядоченность стадий [2], выражающаяся в смене морфологии земной поверхности и в наборе и интенсивности рельефообразующих процессов, была описана еще В.М. Дэвисом в его циклах эрозии.

Время является обязательным условием существования материального и духовного мира, который в каждый момент времени занимает то или иное пространство. Изменения, происходящие во времени, выражаются в смене, чередовании событий. Геоморфологическое событие – мера времени. На это мало обращают внимание. Как показал В.Н. Голосов [3], по отношению к флювиальным системам “эрозионное событие” составляет сущность эрозионно-аккумулятивного процесса. Нет события – нет изменения, нет развития, преобразования.

Время в морфогенезе выступает и как фактор [4, 5]. Любая форма рельефа есть некое объемное тело, созданное комплексом сил, обладающих энергией. Для того, чтобы создать форму рельефа необходимо затратить некое количество энергии и определенное время. Хотя известны практически мгновенные изменения в рельефе, например сейсмодислокации, обычно заметные изменения происходят в течение того или иного промежутка времени. Если его нет, то и изменение не состоится. Не углубляясь в сложную и увлекательную тему “что такое время?”, отсылаем читателя к книге “Время и возраст рельефа” [6].

В контексте темы статьи следует различать: а) временную организованность структуры геоморфологической системы, то есть сохранение определенного набора форм, процессов и связей между ними в течение времени, однообразное функционирование и динамика; б) организованность эволюции системы, когда происходящие в ней события-изменения происходят в определенном порядке, проходя ряд стадий, и в конце система заменяется другой строго определенного типа, например, эволюционный переход от гор через стадию педиплена в пенеплен [7].

Временная организованность структуры геоморфологической системы ведет к ее устойчивости в течение определенного отрезка времени, при этом не изменяются существенно ни морфология, ни динамика благодаря упорядоченным связям между элементами системы, находящейся в состоянии динамического равновесия. Рассмотрим

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-05-00163).

это явление на примере двух аридных геоморфологических систем – бедленда и гаммады.

Характеристику динамики системы бедленда приводим на примере северных предгорий хребта Терской-Алатау в Тянь-Шане. Предгорья здесь сложены легкоразмываемыми неоген–четвертичными отложениями конусов выноса и расчленены густой сетью временных водотоков. Не останавливаясь на вопросе о происхождении и возрасте бедленда, о причинах необычайно густого эрозионного расчленения в результате чего каждый овраг, рытвина, сухое русло имеют малые площади водосбора, сконцентрируем внимание на современном состоянии и функционировании системы русло–склоны–водоразделы.

Современная динамика бедленда заключается в переформировании простых по морфологической структуре элементов – склонов, русел в крутые, часто ступенчатые склоны, изрезанные крутыми рытвинами. Продольный профиль таких рытвин крутой, местами отвесный, ступенчатый. Рытвины разного размера вместе с разделяющими их острыми или округлого сечения выступами придают склонам бедленда характерный ребристый облик.

Для формирования и сохранения бедленда большое значение имеет литохимический состав слагающих пород и почвогрунтов. Он обеднен органическим веществом, но широко развиты минерально-коллоидные агрегаты на базе гидрослюды, каолина и других глинистых минералов. Кроме того в аридных условиях имеют место сильная засоленность с преобладанием гипса, мирабилита и др., а также высокая жесткость поровых и пленочных вод. Все это обеспечивает высокую поглощающую способность почвогрунтов при периодическом увлажнении и, напротив, резкое уменьшение этой способности при высыхании. В целом это вызывает разрыхление грунтов при обычной для аридных областей смене периодов увлажнения и иссушения.

Высокая поглощающая способность почвогрунтов стимулирует быстрое поглощение атмосферных вод, а высокое содержание сульфатов и водорастворимых солей способствует образованию склоновых цементированных корок, что тормозит линейную эрозию и транзитный перенос рыхлого материала.

Размельчение и вынос обломков и частиц почвогрунтов приводит к быстрому насыщению размывающего потока глинистой массой довольно густой консистенции. Поэтому размыв и вынос материала из промоин-трещин быстро прекращаются. Это усугубляется способностью глинистых минералов активно поглощать влагу, а также расходом воды на растворение солей и сульфатов. Поэтому часть глинистой массы застывает тут же в промоинах или немного ниже, формируя на склонах и дне промоин так называемую “лёссовую штукатурку”. Другая часть этой массы тампонирует открытые трещины высыхания и суффозионные каналы, приостанавливая линейное врезание и суффозию. В результате формируются микроступени в продольном профиле вреза вверх, ограниченные зоной размыва тальвега и прилегающих склонов, а внизу микроконусом застывшей глинистой массы. Таким образом возникает ступенчатый продольный профиль тальвега, замедляющий транзитный сток и линейный размыв. Эта же ступенчатость активизирует суффозию, переводя поверхностный размыв в подземный.

Интервалы преобладающей активности эрозионного и суффозионного освоения трещиноватости усыхания и растяжения с формированием элементарных эрозионных форм бедленда сменяются более продолжительными периодами отсутствия поверхностного и подповерхностного стоков. Атмосферные осадки, выпадающие в подобные перерывы, недостаточны для формирования потоков размывающей силы, однако их достаточно для активизации процесса сорбции в поверхностном слое, а также частичного растворения солей, способствующих развитию и упрочнению склоновых корок. Возникновение этих корок, постепенно выключает мелкие врезы и свидетельствует о самозалечивании склонов бедленда.

Многолетние полустационарные наблюдения за процессом плоскостного поверхностного сноса (ППС) – плоскостной смыл, дефляция, капельная эрозия, капельно-

ветровая эрозия в районе бедленда показали, что динамика ППС довольно сложная. Наряду со сносом на некоторых участках склонов наблюдается аккумуляция. Это свидетельствует о волнообразном многолетнем характере ППС. Возможно, это связано с неодинаковой скоростью и энергией водного стока на разных участках склонов, различающихся по форме, длине, крутизне, инфильтрационным свойствам поверхностных отложений. Если сила склонового потока достаточна не только для размыва поверхности, но и переноса смытого материала, то образуется зона сноса. При ослаблении энергии потока создаются благоприятные условия для аккумуляции материала. Участки временной аккумуляции и сноса материала мигрируют по склону. ППС прерывист и в пространстве, и во времени.

Вклад отдельных составляющих процесса ППС также неодинаков. На горизонтальных площадках и поверхностях с малыми уклонами наиболее эффективна капельно-ветровая эрозия. Дефляция существенно уступает по эффективности, что объясняется наличием защитной плотной корки, а местами и крупнообломочного бронирующего материала. В привершинных частях склонов важную роль играют капельная и капельно-ветровая эрозии. Смыв (плоскостной, мелкоструйчатый) при малых уклонах незначителен и возможен лишь при большой интенсивности дождя и при низкой фильтрационной способности грунта. На крутых склонах роль плоскостного смыва повышается, особенно во время дождей высокой интенсивности.

Процесс ППС протекает с разными скоростями – он неравномерен во времени и пространстве. Быстро и активно он проходит на первом году нарушенной чем-либо поверхности. В последующие годы, по мере появления защитной корки или бронирующего крупнообломочного материала, скорость сноса замедляется. На тех участках бедленда, где были разбиты учетные площадки, скорость сноса составляла 10.9 мм/год. За 10 лет поверхность снизилась на 94.7 мм. Несмотря на заметные величины сноса видимых изменений в морфологии не выявлено. Все изменения сводились к локальному перераспределению материала.

Склоны бедленда развиваются не только под влиянием ППС. Так при обильном водонасыщении корки грунт становится пластично текучим, неустойчивым, что ведет к его оплыванию. Аналогичный процесс отмечен и на описываемых ниже гаммадах Заалтайской Гоби, где на склонах после дождей корка и подкорка могут в результате водонасыщения становиться тиксотропными и текут (оплывают) вниз по склону, образуя характерные фестончатые микроформы. Это явление было названо “экстрааридной солифлюкцией” [8].

Таким образом, бедленд в целом находится в состоянии динамического равновесия: процессы плоскостной и линейной эрозии, суффозии, дефляции продолжают действовать, но не могут существенно изменить сложившуюся согласованность между морфологией густо расчлененной поверхности, составом слагающих пород и почвогрунтов и суммой действующих экзогенных процессов. В этом проявляется высокая пространственно-временная организованность этой специфичной аридной геоморфологической системы.

Другим примером столь же высоко организованной и согласованной аридной системы являются гаммады (каменистые пустыни) на юге Монголии – физиономическая особенность пустынь Заалтайской Гоби. Особенно широко они распространены в днищах межгорных впадин, на наклонных подгорных равнинах (бэлях) и платообразных поверхностях [9, 10]. Для гаммад характерен комплекс мезоформ рельефа, представленный сетью сухих русел временных водотоков и разделяющих их мезоплакоров. Монгольское название сухого русла – сайр. Поэтому комплекс русло–плакоры получил название “сайровый комплекс” [8].

Русла имеют различные размеры и подразделяются на элементарные склоновые формы, элементарные русловые формы и сайры-долины (последние в данной работе не рассматриваются). Малые элементарные сайры врезаны в гаммаду на 0.5–1.5 м при ширине 20–200 м. Элементарные сайры обычно заполнены песчано-гравийно-щебнистым материалом мощностью до первых метров. На аэро- и космоснимках они отчет-

ливо видны как светлые линии и полосы на черном фоне плакорной гаммады. Черный цвет гаммады вызван пустынным загаром, покрывающим защитный каменистый покров.

Сравнение аэроснимков на одну и ту же территорию в районе оазиса Эхийнгол (Залтайская Гоби) с интервалом между съемками более 30 лет показало устойчивость рисунка сети сайров и покрытых черной пленкой загара гаммады плакоров. Хотя по руслам за это время (30 лет) прошло не менее 10–20 ливневых паводков, плановое расположение сайров, особенно малых, не изменилось.

Причины такой устойчивости во времени комплекса сайры–плакоры таятся в сбалансированном взаимодействии поверхностного стока, фильтрации влаги в грунт и физико-химических свойствах почвенного покрова. На покрытых гаммадой плакорах развиты пустынные бурые и крайне аридные почвы [8]. Типичный профиль этих, почв представлен сверху вниз: 1) слой щебня или гальки в 1–2 камня, покрытых пустынным загаром; 2) корка – прочный, ноздреватый в сухом состоянии пористый горизонт супесчано-суглинистого состава, богатый солями, мощностью 2–5 см, реже более; 3) подкорковый горизонт слоистой и порошковатой структуры, насыщенный солями и гипсом мощностью 10–20 см; 4) горизонт В – плотный, с комковато-глыбистой структурой, разбитый системой вертикальных трещин на призматические отдельные.

Во время выпадения ливневых дождей при достаточной их интенсивности наблюдается следующая картина. В первые 10–20 минут происходит плоскостной поверхностный сток воды по бронированной камнями поверхности плакоров (по гаммаде). В сайрах в это время стока еще нет, т. к. выпадающая в них вода впитывается в песчано-щебнистый рыхлый грунт на их дне. Сток по гаммаде продолжается до тех пор, пока вода не насытит пористые соледержащие корку и подкорку. При насыщении этих горизонтов водой происходит резкая инфильтрация в горизонт В, и плоскостной сток по гаммаде прекращается, хотя дождь может продолжаться. Вода “проваливается” в глубокие горизонты почвы. К этому времени рыхлые наносы в сайрах насыщены водой, и в них появляется сток, видимо, подпитываемый и влагой, поступающей из бортов сайров.

Таким образом, фазы стока четко разделены во времени и пространстве, что соответствует пространственной дифференциации рельефа: плакоры с гаммадой и сайры. Все это способствует сохранению сложившейся самоорганизованной системы рельеф–почва–сток.

Возраст сайровой системы может быть установлен, исходя из палеогеографических данных по плейстоцену и голоцену Монголии. В течение этого времени было несколько фаз увлажнения климата, перемежавшихся с фазами аридизации. По-видимому крупные трансзональные сайры-долины были унаследованы и от доплейстоценовых влажных эпох, а сеть малых элементарных сайров связана с событиями плейстоцена–голоцена. Верхняя граница возраста сайрового комплекса может быть установлена по возрасту пустынного загара, покрывающего гаммады мезоплакоров. Первые датировки загара были получены для гаммад Израиля [11] и показали даты не менее 1000 лет. Таким образом, мезоплакоры имеют возраст 1000 и более лет.

В заключение необходимо подчеркнуть, что описанные выше два типа аридных геоморфологических систем роднит их высокая организованность, согласованность факторов и процессов с морфологией. Это позволяет и бедлендам и гаммадам сохраняться до тех пор, пока не изменятся условия внешней среды (например, климатические). Единожды созданные эти системы остаются без заметных изменений, хотя активны динамически. Действующие процессы настолько “пригнаны” к морфологическим, литологическим, геохимическим условиям, что не производят существенных перестроек в рельефе, а лишь поддерживают сложившиеся системы в состоянии динамического равновесия.

1. Лихачёва Э.А., Тимофеев Д.А. Геоморфологические системы и их организованность // Геоморфология. 2007. № 1. С. 3–9.
2. Уфимцев Г.Ф. Многообразное время рельефа и морфогенеза // Время и возраст рельефа. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1994. С. 20–33.
3. Голосов В.Н. Количественная оценка перераспределения наносов в верхних звеньях флювиальной сети: достижения и проблемы // Геоморфология. 2008. № 3. С. 29–37.
4. Пенк В. Морфологический анализ. М.: Географиз, 1961. 359 с.
5. Тимофеев Д.А. Геоморфологическое время и полихронность рельефа // Время и возраст рельефа. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1994. С. 16–20.
6. Время и возраст рельефа. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1994. 188 с.
7. Тимофеев Д.А. Поверхности выравнивания суши. М.: Наука, 1979. 270 с.
8. Пустыни Заалтайской Гоби. М.: Наука, 1986. 208 с.
9. Тимофеев Д.А. Гаммады Южной Монголии // Проблемы климатической геоморфологии. Владивосток: Изд. ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 98–119.
10. Тимофеев Д.А. Самоорганизованная геоморфологическая система гаммад юга Монголии // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск: Ин-т оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 64.
11. Патык-Кара Н.Г., Гореликова Н.В. Пустынный загар на террасах и педиментах урочища Махтеш Рамон (Центральный Негев) и его связь с возрастом поверхностей // Геоморфология. 1997. № 2. С. 72–81.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
29.07.2008

TIME ORGANIZATION OF TWO ARID GEOMORPHOLOGIC SYSTEMS

D.A. TIMOFEEV, R.E. PERESLEGINA

Summary

Authors conceive the time organization of geomorphologic system as an ordered and concerted existence and functioning of the system's elements during certain time. It is also a directional development of system, sequence of stages and phases of evolution. The problem is considered on the example of two arid geomorphologic systems – badlands in the foothill of Terskey-Alatow ridge (Tien-Shan) and gammada in the South of Mongolia. It is shown that morphology, contemporary processes, lithochemical conditions, and the surface runoff types are closely correlated and tend to maintain systems in the state of dynamic equilibrium.

УДК 551.435.2(100)

© 2009 г. Г.Ф. УФИМЦЕВ

ЛИТОГЕННЫЕ СТУПЕНИ ВЫРАВНИВАНИЯ¹

Значение литологического фактора в морфогенезе общеизвестно. Так называемые твердыши – формы рельефа, сложенные устойчивыми к выветриванию породами – распространены во всех поясах рельефа и часто являются характерными элементами структуры морфологического ландшафта [1]. На юге Сибирской платформы траппы обычно слагают характерные плосковершинные междуречья со скальными склоновыми бордюрами, возвышающиеся над плато по нижнепалеозойским карбонатным толщам. Было предложено, в частности, эти литогенные различия в морфологии вершинного пояса учитывать при оценке деформаций доорогенных поверхностей выравнивания [2]. Но литогенный фактор в процессах выработки поверхностей выравнивания не только (или, может быть, даже не столько) определяет высотные различия в рельефе. Часто поверхности планации, говоря образно, скользят по стратиграфиче-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 08-05-00105 и № 08-05-98098).