

формировании этих разновидностей являются сток воды и уклон дна долины, зависящие от гидрологической и геолого-геоморфологической обстановки в речном бассейне; также большое влияние могут оказывать местные факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lane E. W. A study of the shape of channels formed by natural streams in erodible materials// M. R. D. Sedim. Ser. 1957. № 9. P. 1—106.
2. Leopold L. B., Woolman M. G. River channel patterns: braided, meandering, straight//US Geol. Surv. 1957. № 282-B. P. 1—85
3. Антроповский В. И. Критериальные зависимости типов руслового процесса//Тр. ГТИ. 1972. Вып. 190. С. 5—18.
4. Чалов Р. С. О классификации речных русел//Геоморфология. 1980, № 1. С. 3—16.
5. Carson M. A. The meandering-braided river threshold: a reappraisal//J. Hydrol. 1984. № 3—4. P. 315—334.
6. Мамеев Б. В. Морфология и геолого-геоморфологические факторы развития врезанных и свободных излучин: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., МГУ, 1985. 24 с.
7. Ободовский А. Г. Классификация руслоформирующих расходов воды и их влияние на морфологию русел равнинных рек Украины//Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М., Изд-во МГУ, 1987. С. 254—255.
8. Железняков Г. В. Некоторые особенности движения потока при выходе его на пойму//Управление поверхностными и подземными водными ресурсами и их использование. М.: Гидрометеоздат, 1961. С. 135—144.
9. Барышишков Н. Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 280 с.
10. Begin Z. The relationship between flow-shear stresses and stream pattern//J. Hydrol. 1981. № 3—4. P. 307—319.
11. Иванов В. В. Относительно прямолинейные русла и их место среди морфодинамических типов//Динамика и термика рек, водохранилищ и окраинных морей. Т. 2. М.: Ин-т водных проблем, 1989. С. 31—32.
12. Великанов М. А. Русловой процесс. М.: Госфизматиздат, 1958. 395 с.
13. Макавеев Н. И. Русло реки и эрозии в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
14. Кирик О. М., Чернов А. В. Зависимость рельефа пойм сибирских рек от географических условий//Геоморфология. 1977. № 4. С. 64—70.
15. Родевич В. М. Гидрография Ловати и ее притоков//Матер. по исследованию р. Волхов и его бассейна. Вып. 18. Изд-во ВСНХ, 1927. С. 1—26.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
05.06.91

CONDITIONS OF FORMATION OF RELATIVELY STRAIGHT NON-BRAIDED CHANNELS OF PLAIN RIVERS

V. V. IVANOV

S u m m a r y

Three varieties of straight channels are distinguished, each having a specific position in the field of $Q-I$ diagrams. Conditions of straight channels formation are controlled both by leading factors (river discharge and valley floor slope) and by some local factors.

УДК 551.435.728(575.2)

© 1993 г. Р. Е. ПЕРЕСЛЕГИНА

ГАММАДЫ ЮЖНОГО ПРИИССЫККУЛЬЯ

В Средней Азии и Казахстане встречаются развитые на различных типах рельефа каменистые поверхности (гаммады). Изучение литературы по аридным территориям показывает, что имеются разные трактовки термина «гаммада». Мы

придерживаемся определения, которое предложил Д. А. Тимофеев: «Гаммада — это геоморфологический тип пустынной каменной поверхности, который встречается на разных равнинных и горных типах рельефа и характеризуется специфичной динамикой современных экзогенных процессов. Не столь существенно, галькой или щебнем покрыта поверхность. Важно, что этот обломочный материал в силу особых условий аридного рельефо- и почвообразования концентрируется на поверхности почвы, предохраняя, бронируя ее от разрушения и определяя общий ландшафтный облик территории и ее геоморфологическую динамику» [1, с. 102].

Многих исследователей занимает проблема формирования поверхности гаммад. Широко распространено мнение, что образование каменных поверхностей — одна из отличительных черт аридного морфолитогенеза и что главную роль в этом процессе выполняет эоловый вынос мелкозема из толщи наносов или элювиальных накоплений. По этому вопросу в статье Р. Кука [2] дан обзор литературы. Этот же автор отмечает, что в аридных условиях действуют три процесса, проявляющиеся совместно или по отдельности: цикличное промерзание и протаивание грунта, растворение и перекристаллизация солей, водонасыщение и иссушение грунта. Опыты Д. Шарона [3] на гаммадах Синайского полуострова показали, что концентрация крупнообломочного материала и образование каменного защитного покрова в поверхностном горизонте грунта происходят за счет дефляции и вымывания мелкозема из поверхностного слоя грунта.

На подгорной равнине юго-западного побережья озера Иссык-Куль встречаются каменные поверхности, на которых проводились наши исследования. Подгорная равнина образует один уровень, полого наклоненный к урезу озера. Древние балки, направленные согласно общему уклону поверхности от гор к озеру, расчленяют равнину на отдельные плоские наклонные массивы. Поверхность этих массивов бронирована каменным материалом (щебенкой, галькой, гравием), который покрыт «пустынным загаром». Густота русел различна в разных районах. Иногда они сближены и ширина междуречных плоских пространств измеряется метрами, иногда их ширина достигает десятков и сотен метров. Сухие русла — неотъемлемый элемент рельефа и ландшафта гаммад. Вблизи озера в днища балок врезается молодая эрозионная сеть. Равнина сложена ритмично чередующимися слоями галечников разной мощности с прослоями песка; верхний горизонт представлен лёссовидным суглинком.

Район исследования расположен в пределах пустынного пояса и характеризуется малым количеством осадков (152,4—340,9 мм, по данным станции ГМС «Бокомбаево»). Иссык-Кульская котловина относится к району с сильной ливневой деятельностью. Длительность ливня иногда исчисляется несколькими минутами, иногда несколькими часами, большинство ливней (47—80%) проходит в течение 1 ч. Ливни продолжительностью 5 ч составляют 0,4—2,7% [4].

Во время редких, но сильных ливней кратковременный сток осуществляется по всей поверхности гаммады. Вода переносит тонкие частицы грунта, а порой, собираясь в микроструи, сдвигает с места и относительно крупные обломки. Если ливень кратковременный (менее 1 ч), то плоскостный сток прекращается сразу по окончании ливня, а линейный сток по руслам продолжается еще некоторое время. Если ливень продолжителен, то плоскостной сток может прекратиться и до окончания ливня, а линейный сток по руслам продолжается еще некоторое время. В этом случае вода быстро фильтруется в грунт и только в руслах несется мутная вода, активно размывающая их дно и берега. Плоскостный сток, преобладающий в начале периода интенсивного выпадения осадков, и быстрое просачивание воды в грунт на междуречных пространствах в конце ливня обусловлены специфическим строением почвенного покрова.

Обычно под поверхностным каменным горизонтом гаммады расположен слой относительно уплотненного, но пористого щебнистого мелкозема, так называемая корка. Она является временным водоупором, обеспечивающим поверхностный сток в первую половину ливня. Постепенно корка насыщается водой и теряет

свои водоупорные свойства. После полного водонасыщения корки вода быстро уходит вниз в подкорковый рыхлый (часто пухлый в сухом состоянии) сильно засоленный горизонт.

В Южном Прииссыккулье, как во всех аридных областях, имеет место сильная засоленность почв с преобладанием гипсов, мирабилита и пр., а также высокая жесткость поровых и плеченочных вод. Все это обуславливает высокую поглощающую способность почвогрунтов с увеличением их объема от первых десятков до нескольких сотен процентов (10—700%) при увлажнении [5]. При высыхании происходит резкое уменьшение объема, что в целом способствует разрыхлению грунтов при обычной для аридных областей смена высыхания и увлажнения. С другой стороны, высокая жесткость поровых вод, насыщенность почвогрунтов растворимыми солями и сульфатами способствует активной цементации поверхности с образованием корок бозынгиново-калькретового типа, которые затормаживают эрозионные процессы.

При обильном водонасыщении корки и подкорки грунт становится текуче-пластичным, неустойчивым. На склонах это ведет к его оплыванию, а местами возникает течение грунта (крип). Таким образом, на межсайных пространствах вода вымывает, сносит и переотлагает мелкозем из поверхностного грунта, способствуя концентрации на поверхности защитного каменистого плаща.

В сухие периоды поверхность гаммады становится ареной деятельности ветра. Режим ветров Иссык-Кульской котловины специфичен. В эту котловину, защищенную со всех сторон горами, холодный воздух проникает с запада через наиболее пониженную часть на стыке хребтов Киргизского и Кунгай-Алатау. В результате на западном побережье озера наблюдаются штормовые западные ветры, достигающие 20—24 м/с, а нередки и больше. По направлению к востоку ветер ослабевает, и в средней части озера сильные западные ветры холодных вторжений — очень редкое явление. В некоторых случаях вторжение холодного воздуха в Иссык-Кульскую котловину осуществляется также с востока через перевал Сан-Таш. Восточные ветры по скорости и продолжительности уступают западным [6]. В прибрежной зоне озера в теплое время года дуют бризовые и горно-долинные ветры. На южном побережье Иссык-Куля в течение года преобладает бриз с озера. Средняя скорость бризовых ветров у берега равна 3—4 м/с. В отдельных случаях скорость достигает до 6 м/с [7].

По данным ГМС «Рыбачье», повторяемость ветра со скоростью 0—1 м/с больше, чем ветра со скоростью больше 15 м/с почти в 12 раз. В весеннее и осеннее время года повторяемость ветра со скоростью больше 15 м/с возрастает. Соответственно на эти периоды приходится максимум дефляции. Сильные ветры выдувают мелкозем, оставшийся после ливней, полируют и еще более уплотняют защитный покров гальки и щебня.

Наше внимание было привлечено к тому, что ненарушенная поверхность гаммады стабилизирует поверхность склонов и защищает почвенный покров от эрозионных процессов.

Для того чтобы выяснить, сколько времени понадобится для формирования новой поверхности гаммады и с какой скоростью идет современный процесс сноса, мы провели следующий эксперимент.

В 1984 г. на подгорной равнине ЮЗ побережья озера Иссык-Куль на гаммаде была заложена площадка, называемая условно «стоковой», размером 10×10 м, на склоне южной экспозиции, крутизной 7°. На поверхности склона имелся обломочный материал, большая часть которого покрыта «пустынным загаром». С поверхности площадки был снят обломочный материал. При очищении от обломочного материала мы стремились, по возможности, не нарушать грунт и те обломки, которые сильно внедрены в грунт, не были удалены.

Вся площадка по сторонам была окопана канавкой глубиной до 10 см. По канавке, расположенной в нижней части площадки, была выслана марля, которая содерживала твердый сток с исследуемой площадки. В начале эксперимента состояние площадки было зафиксировано на фотографиях и фотографирование

Определение количественных характеристик плоскостного сноса на площадке

Дата измерения материала	Интервал времени между измерениями t , дни	Площадь обнажения S , см ²	Плотность пород ρ , г/см ³	Масса снесенного материала, m , г	Скорость	
					по массе $V_m = \frac{m}{St}$, г/см ² год!	линейная $V_l = V_m/\rho$, см/год
17 VII 1985	365	10 ⁶	2,7	22 600	0,025	0,009
9 VIII 1986	388	10 ⁶	2,7	14 150	0,013	0,005
12 VII 1987	337	10 ⁶	2,7	3 200	0,003	0,001

повторялось каждый год для того, чтобы можно было сравнить состояние поверхности площадки в разные моменты. Состояние обнаженной поверхности площадки менялось. Так, за период с VII 1984 г. по VII 1985 г. на поверхности площадки появился новый обломочный материал, который состоял в основном из мелкой фракции. Он заметно отличался по цвету от первоначального материала. Поверхность покрылась тонкой коркой. За период с VII 1984 г. по VII 1986 г. на поверхности площадки обломочного материала стало больше. В верхней части площадки обнажились крупные обломки, которые на поверхность полностью еще не вышли, появилась редкая растительность. На новом обломочном материале «пустынный загар» не наблюдался. В нижней части площадки образовались эрозионные бороздки глубиной до 3—4 мм. На третий год обнаженная поверхность площадки покрылась обломочным материалом, в основном фракцией диаметром 1, 2, 3, 5 мм, растительности стало больше. Эрозионные борозды, появившиеся в 1986 г., исчезли. Крупного обломочного материала в верхней части площадки стало больше, на тех обломках, который обнажились в 1986 г. появился «пустынный загар».

Каждый год в нижней площадке, на высланной марле, мы собирали снесенный материал. В нашем эксперименте учитывался материал, сносимый только поверхностным стоком дождевых вод и при таянии снега. Вынос материала при дефляции нам, к сожалению, не удалось подсчитать. Как было сказано выше, роль дефляции огромна в сносе материала с обнаженной поверхности, особенно в первое время ее существования при отсутствии дождей. Снесенный материал взвешивался и стандартным почвенным ситом делился на фракции, которые были также взвешены. Результаты измерений представлены в табл. 1 и на рис. 1. Необходимо отметить, что масса материала, собранного на марле и отнесенного к размеру площадки, с которой происходил снос, дает величину сноса по массе с удельной площади обнажения. Исходя из нее, с учетом времени измерения определяется экспериментальная скорость по массе, а через плотность — линейная. Как видно из табл. 1, за первый год существования обнаженной поверхности (с VII 1984 г. по VII 1985 г.) было снесено 22,6 кг материала, в последующие годы количество его уменьшалось. Так, за период с VIII 1986 г. по VII 1987 г. с площадки было снесено материала 3,2 кг, т. е. в 7 раз меньше. Рассчитанная современная экспериментальная скорость также с каждым годом уменьшалась. В течение первого года с обнаженной поверхности снос проходил со скоростью по массе 0,025 г/см² год, а линейная скорость составила 0,009 см/год. В последующие годы скорость уменьшалась: за время в VIII 1986 г. по VII 1987 г. снос материала шел со скоростью по массе 0,003 г/см² год, линейной — 0,001 см/год.

Как было сказано выше, снесенный материал делился на фракции и взвешивался, результаты измерений представлены на рис. 1. Из рисунка видно, что сносится больше всего пылеватой фракции, и это естественно; меньше сносятся фракции 0,5; 5; 7 мм. Больших изменений сноса материала по фракциям по годам не наблюдается. Следует лишь отметить, что на третий год эксперимента

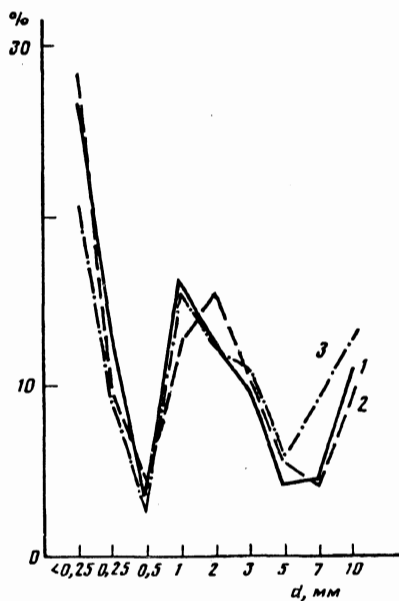


Рис. 1

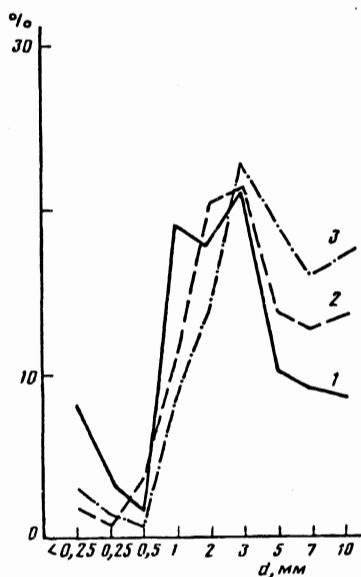


Рис. 2

Рис. 1. Кривые распределения сноса материала с площадки в 100 м^2 по годам
 1 — с VII 1984 по VII 1985 г.; 2 — с VII 1985 по VIII 1986 г.; 3 — с VIII 1986 по VII 1987 г.
 Рис. 2. Кривые распределения поступившего нового обломочного материала на площадке 1 м^2
 1 — с VII 1984 по VII 1985 г.; 2 — с VII 1984 по VIII 1986 г., 3 — с VII 1984 по VII 1987 г.

снос пылевой фракции с обнаженной поверхности уменьшился на 10%; незначительно (на 2%) увеличился снос фракции 10 мм.

На площадке каждый год в разных местах выбирался квадрат со стороной 1 м с таким расчетом, чтобы можно было подсчитать накопление обломочного материала с начала существования обнаженной поверхности, т. е. с VII 1984 г. С поверхности квадрата собирался появившийся обломочный материал, затем он взвешивался и делился на фракции. Результаты измерений представлены в табл. 2 и на рис. 2. Из табл. 2 видно, что накопление материала с каждым годом идет неравномерно. Если за период с VII 1984 г. по VII 1985 г. обломочного материала на площади 1 м^2 накопилось 2074 г, то за 3 года накопилось всего 2317 г. По той же методике, которая была применена для сноса, мы рассчитали скорость накопления материала по массе и линейную. С каждым годом на поверхности площадки появляется больше обломочного материала, но скорость накопления его уменьшается. Она была высокой в первый год ($0,08 \text{ см/год}$) затем за период с VII 1984 г. по VII 1987 г. скорость равна $0,03 \text{ см/год}$. Гранулометрический анализ показывает (рис. 2), что на поверхности появляется больше всего материала фракций 1, 2, 3, 7, 10 мм. Пылевой фракции мало, это понятно — она больше сносится.

Чтобы сравнить, сколько сносится материала с нарушенной поверхности гаммады и ненарушенной, был проведен следующий эксперимент. В том же 1984 г. на том же месте, только на склоне северной экспозиции, длиной 8 м и крутизной 10° , была заложена площадка, разделенная на две равные части. С одной части был снят обломочный материал, на второй — сохранена первоначальная поверхность. Методика исследования была та же самая, что и в предыдущем эксперименте. Исследования показали, что наблюдалась та же тенденция, что и на площадке площадью 100 м^2 . В первый год существования обнаженной поверхности снос материала и скорость сноса были больше, чем в последующие годы. С

Определение количественных характеристик накопленного материала на площадке

Дата измерения	Интервал времени между измерениями t , дни	Площадь накопления S , см ²	Масса появившегося обломочного материала m , г	Плотность пород ρ , г/см ³	Скорость	
					по массе $V_m = \frac{m}{St}$, г/см ² год	линейная $V_l = V_m/\rho$, см/год
17 VII 1985	335	10 000	2074	2,7	0,22	0,08
VII 1984—VII 1985	723	10 000	2302	2,7	0,12	0,04
VII 1984—VIII 1987	10660	10 000	2317	2,7	0,08	0,03

Таблица 3

Количественные характеристики сноса, полученные в районах распространения гаммад

Район исследования	Угол наклона, град.	Величина сноса, мм	Скорость сноса, мм/год
Предгорья горы Кызыл-Тоо	0	17,3	3,4
	15	10,9	2,02
Предгорья горы Кызыл-Эшме	0	21,8	4,05
	18	20,0	4,0
Северное Прибалхашье	0	29,7	5,9
	8	27,0	5,4
	19	34,1	6,8
	22	42,0	8,4

нерасчищенной поверхности снос материала был меньше. Так, например, за время с VII 1985 г. по VIII 1986 г. с очищенной поверхности было снесено 1864 г. с неочищенной — 319 г.

Образование нового обломочного материала связано с понижением поверхности. Хотя понижение не равномерно по поверхности площадки, но в данном случае оно является общим. Используя полученные данные табл. 1, мы рассчитали мощность слоя снесенного материала по формуле $h = V_l \cdot T$, где T — время. За время эксперимента поверхность площадки понизилась на 5,3 см. Необходимо отметить, что общее понижение поверхности сопровождается полным возобновлением гаммады.

По данным Д. Шарона [3], и по результатам наших экспериментов видно, что возобновление гаммады в современных условиях происходит практически за 5 лет. Что касается возобновившегося и к настоящему времени полностью развившегося покрова на гаммаде, временной фактор неизвестен, и мы также не располагаем реальными данными о климатических условиях, которые сопровождали ее возобновление. При значительном возрасте этих поверхностей можно полагать, что величина скорости обусловлена сравнительно коротким сроком активного процесса сноса. Учитывая вышесказанное, мы попытались ориентировочно подсчитать скорость сноса на гаммадах в некоторых районах по формуле $V = H/T$, где H — величина сноса, полученная при измерении, мм; T — время (5 лет). Полученные данные приведены в табл. 3. Как видно из таблицы, для района Северного Прибалхашья измеренные величины сноса материала и рассчитанные скорости оказались достаточно высокими по сравнению с районом ЮЗ побережья оз. Иссык-Куль. Нужно учитывать, что рассчитанные скорости сноса усредненные. Эксперименты показали, что максимальные скорости сноса наблюдаются в первые годы после нарушения поверхности, а с появлением на ней нового каменного материала, корки, растительности процесс сноса в последующие годы замедляется. В этом проявляется стремление гаммады к восстановлению природного баланса, который был внезапно нарушен.

При нарушении поверхности гаммады, например искусственным путем, как в наших экспериментах, она быстро восстанавливается, поэтому можно говорить о том, что хорошо развитая гаммада является устойчивым образованием.

Совершенно очевидно, что разрушение гаммады активизирует те процессы, которые возобновляют ее опять и что образование защитного обломочного материала гаммад — процесс комплексный. В нем участвуют поверхностная и внутривыветренная вода, ветер, процессы почвообразования: химического и физического выветривания, колебания температур.

Из всего вышесказанного следует, что гаммада является поверхностью динамического равновесия, присущей аридной обстановке, формирующейся и сохраняющейся в условиях попеременного воздействия аридного выветривания и почвообразования, водной эрозии и дефляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев Д. А. Гаммады Южной Монголии//Проблемы климатической геоморфологии. Владивосток, 1978. С. 98—119.
2. Cooke R. U. Stone pavements in deserts//Ann. Assoc. Amer. Geogr. 1970. N 3. P. 560—577.
3. Sharon D. On the Nature of Hamades in Israel//Zeitschrift fur Geomorphologie. 1962. N 2. P. 129—147.
4. Балашова Е. Н., Житомирская О. М., Семенова О. А. Климатическое описание республик Средней Азии. Л.: Гидрометеоздат, 1960. 243 с.
5. Арипов З. А. Природные минеральные сербенты, их активирование и модифицирование. Ташкент: ФАН, 1970. 251 с.
6. Скиба Е. С., Шульга Е. С. Штормовые ветры Иссык-Кульской котловины//Проблемы географии Киргизии. Фрунзе: Илим, 1975. С. 98—99.
7. Хейфец М. Н. Климат и особенности влагооборота в котловине//Озеро Иссык-Куль. Фрунзе: Илим, 1978. С. 78—98.

Институт географии РАН

Поступила в редакцию
30.03.92

HAMMADAS OF THE SOUTHERN ISSYK-KUL REGION

R. E. PERESLEGINA

Summary

The paper discusses results of experiments carried out on a hammada surface in the Issyk-Kul region. The results are as follows: 1) the bare surface is actively eroded during the first year after exposure, the process being reduced after the surface having been covered with debris, crust or vegetation; 2) the hammada under study is in stabilized state which is highly resistant to any disturbance; when the surface is broken various accelerated processes begin to act which restore the equilibrium in short time.