

УДК 551.4.042

© 1990 г.

А. П. ДЕДКОВ, И. В. ГЛЕЙЗЕР, С. С. КИСЛОВА

ИНСОЛЯЦИОННАЯ АСИММЕТРИЯ РЕЛЬЕФА

Симметрия геоморфологических объектов или ее отсутствие отражают динамический итог в развитии земной поверхности. Симметрия или диссимметрия формы, наблюдаемые в той или иной вертикальной плоскости, служат первым сигналом о направлении сил, создавших эту форму [1, 2]. Нами были изучены формы рельефа с асимметричным профилем, обусловленным неравномерным солнечным прогреванием склонов разной экспозиции и как следствие — неодинаковой интенсивностью протекающих на них процессов. Такие формы широко распространены в различных природных зонах.

Гляциальная зона. Изучение современного оледенения Афганистана, проведенное совместно с афганскими географами [3], показало, что в этой стране на склонах северных румбов (СВ, С, СЗ) ледников в 5,5 раз больше, чем на склонах южных румбов (ЮЗ, Ю, ЮВ). Снеговая граница на северных склонах лежит обычно на 300—400 м ниже, чем на южных. Заметна также более слабая меридиональная асимметрия (рис. 1—1) — на склонах восточных румбов количество ледников в 1,5 раза больше, чем на склонах западных румбов. Вертикальная плоскость симметрии ориентирована ВЮВ—ЗСЗ (азимут 102—282°). Несимметричное расположение ледников и ледниковых форм рельефа характерно и для других горных стран, имеющих современное оледенение.

В рассмотренном случае (Афганистан) асимметричное распределение ледников связано с неравномерным прогреванием склонов разной экспозиции. На более прогретых и сухих склонах снеговая граница выше и ледников меньше. Однако увлажнение склонов зависит также от направления ветров, несущих осадки. В связи с этим в областях с устойчивым направлением влажных ветров формируется асимметрия, отличная от описанной. Так, в Гималаях на южных склонах ледников больше, чем на северных, а в Скандинавских горах — на западных больше, чем на восточных.

Неодинаково на склонах разной экспозиции также развитие плейстоценовых ледниковых форм. Например, в Низких и Высоких Татрах (Западные Карпаты) плейстоценовые ледниковые цирки и кары наблюдаются преимущественно на северных склонах. В распределении плейстоценовых ледниковых форм по странам света мы видим те же закономерности, что и в распределении современных форм.

Перигляциальная зона. В зоне вечной мерзлоты развивается резко выраженная асимметрия склонов долин малых рек и их водоразделов, связанная с различной интенсивностью солифлюкции на склонах разной экспозиции [4, 5]. Эта асимметрия, характерная для широтных и меридиональных долин, представлена двумя вариантами — северным (крутые склоны обращены на север и восток) и южным (крутые склоны на юг и запад). Различия между ними, по мнению Г. Ф. Грависа [5], связаны с различной степенью увлажнения сезонно-талых пород. В условиях сильного увлажнения и низких температур под действием солифлюкции быстрее вымораживаются хорошо инсолируемые склоны южной и западной экспозиций (северный вариант). В условиях более сухого континентального климата хорошо инсолируемые склоны быстро просыхают и солифлюкция более интенсивна на менее инсолируемых «гнилых»

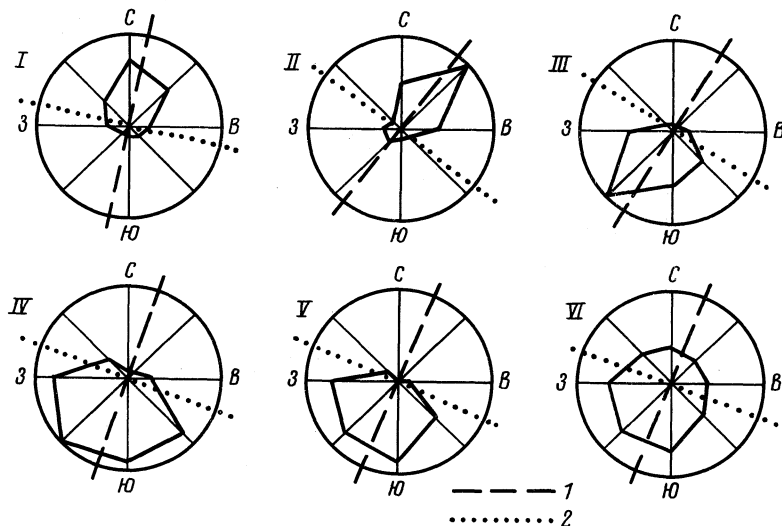


Рис. 1. Румбограммы ориентировки: I — ледников в Афганистане (радиальный масштаб в 1 мм 30 ледников); II — крутых склонов речных долин в бассейне средней Колымы (радиальный масштаб в 1 мм — 2 профиля); III — крутых склонов долин Приволжской возвышенности (радиальный масштаб 1 мм — 7 профилей); IV — крутых склонов долин Бугульминского плато (радиальный масштаб 1 мм — 8 профилей); V — долинных педиментов в Южном Тургае (радиальный масштаб 1 мм — 1 профиль); VI — средних дневных температур почвы в июле на Шилковском останце (радиальный масштаб 1 мм — 0,3°, центр румбограммы соответствует 20°). 1 — направление максимальной диссимметрии, 2 — направление симметрии

склонах, обращенных на север и восток (южный вариант). На рис. 1—II представлена румбограмма ориентировки крутых склонов долин малых рек бассейна средней Колымы, полученная путем обработки картографического материала. Крутые склоны имеют преимущественно северо-восточную экспозицию, что указывает на развитие в этом районе северного варианта инсоляционной (климатической) асимметрии склонов. Максимальная диссимметрия имеет направление ССВ—ЮЮЗ; главное направление силы, создавшей эту диссимметрию (направление наибольшей солифлюкции), — ССВ. Плоскость симметрии ориентирована ВЮВ—ЗСЗ (127—307°).

В качестве реликта инсоляционная асимметрия склонов хорошо сохраняется в плейстоценовой перигляциальной зоне Евразии — от Атлантического океана до Байкала, где она представлена почти исключительно южным вариантом [6—9]. Как примеры южного варианта реликтовой инсоляционной асимметрии склонов приведены румбограммы ориентировки крутых склонов долин и водоразделов на Приволжской и Бугульминской возвышенностях (рис. 1—III, IV). Крутые склоны всюду ориентированы на юг, юго-запад и запад. Направление максимальной асимметрии опять ССВ—ЮЮЗ, но направление наибольшей интенсивности процесса уже не ССВ, а противоположное — ЮЮЗ. Плоскость симметрии по-прежнему ориентирована в направлении ВЮВ—ЗСЗ. Поэтому лишены асимметрии лишь долины, ориентированные перпендикулярно плоскости симметрии.

Полевые наблюдения в Среднем Поволжье подтверждают это положение. Углы крутых склонов колеблются в пределах 10—40°. Противоположные склоны имеют крутизну всего 1—3°, повсеместно в нижней части они сложены мощными делювиально-солифлюкционными суглинисто-щебневыми отложениями, позднеплейстоценовый возраст и перигляциальные условия образования которых не вызывают сомнений [6, 10].

Гумидная умеренная зона. В лесной, лесостепной и степной ландшафтной зонах умеренного пояса инсоляционная асимметрия склонов формируется лишь

у самых молодых эрозионных форм — оврагов. На медленно просыхающих склонах, обращенных на север, северо-восток и восток, развиваются оползни и сплывы, ведущие к выколаживанию этих склонов. На противоположных хорошо инсолируемых склонах более длительное время сохраняются крутые откосы, развивающиеся путем обваливания и осыпания. Лучшему увлажнению теневых склонов в средней полосе Русской равнины способствует снеговая асимметрия, выражающаяся в формировании более мощного снежного покрова на подветренных склонах северо-восточной экспозиции [11]. Происходящие повсеместно в умеренном поясе медленные движения почвенно-грунтовых масс (крип) на менее прогреваемых склонах северной экспозиции имеют в 1,5—2 раза большую скорость, чем на склонах противоположных [12]. В целом в современных условиях умеренных широт инсоляционная асимметрия склонов развивается значительно слабее, чем в перигляциальных.

Семиаридная зона. На полупустынных пластовых возвышенностях Южно-го Тургая под действием эрозии временных потоков развиваются педименты. Они формируются преимущественно на склонах долин и саев, обращенных на Ю, ЮЗ и З (рис. 1—V), в то время как на противоположных слабо инсолируемых пологих склонах сохраняются маломощные делювиально-солифлюкционные шлейфы позднего плейстоцена. На рис. 1—V представлены результаты измерения на аэрофотоснимках экспозиции склонов в бассейне р. Кабарги (Южный Тургай), подвергавшихся педиментации. Ширина педиментов обычно не превосходит 1—1,5 км. Более сильная эрозия на хорошо инсолируемых склонах может быть объяснена двумя причинами: более интенсивным таянием снега и стоком талых вод весной, а также меньшей защищенностью этих склонов травяной растительностью. В связи с такими различиями в интенсивности эрозии на склонах разной экспозиции в долинах и саях нередко возникает асимметрия, выражающаяся в неравномерном развитии педиментов на противоположных склонах или развитием их только на склонах, обращенных на юг и запад [13, 14].

Общие вопросы. Неодинаковое прогревание склонов разной экспозиции определяет неодинаковую интенсивность характерных для разных географических зон экзогенных процессов — ледниковой денудации, солифлюкции, оползания и оплывания, крипа, эрозии. В связи с этим различные формы рельефа — горные хребты, водораздельные возвышенности, речные долины, балки и овраги приобретают несимметричное строение.

Вполне очевидны и понятны различия в степени инсоляции склонов южной и северной экспозиций. Что касается склонов западной и восточной экспозиций, то они получают в общем одинаковое количество прямой солнечной радиации. В некоторые месяцы и сезоны благодаря большей облачности во второй половине дня склоны восточной экспозиции получают даже больше радиации, чем склоны западной экспозиции [15, 16]. Тем не менее склоны западной экспозиции всюдугреваются сильнее, чем склоны восточной экспозиции. Главная причина, по-видимому, заключается в том, что склоны западной экспозиции получают максимум солнечной радиации во вторую половину дня, будучи уже значительно прогретыми. На склонах восточной экспозиции солнечная радиация, максимальная в первую половину дня, расходуется в значительной мере на компенсацию ночного охлаждения. Суточный ход температур воздуха и почвы является солнечно обусловленным. Однако максимум хода температур по сравнению с максимумом радиации значительно смещен на поздние сроки. Об этом свидетельствуют наблюдения Ю. Г. Хабутдинова [17] за суточным ходом прямой солнечной радиации и температуры почвы на разных глубинах, выполненные им в районе г. Казани на горизонтальной поверхности (рис. 2). Максимум радиации приходится на полдень, ее дневной ход более или менее симметричен. Максимум температур почвы на всех глубинах смещен на вторую половину дня, график температур несимметричен. С глубиной амплитуда колебания температур уменьшается, но максимум все более смещается от полуденной линии.

В справедливости вышеизложенного убеждают нас результаты полевого эксперимента, проведенного И. В. Глейзером на останцовом холме в районе с. Шиловка на правобережье р. Волги в 40 км южнее Ульяновска. Холм сложен белым писчим мелом и глинами маастрихтского яруса верхнего отдела меловой

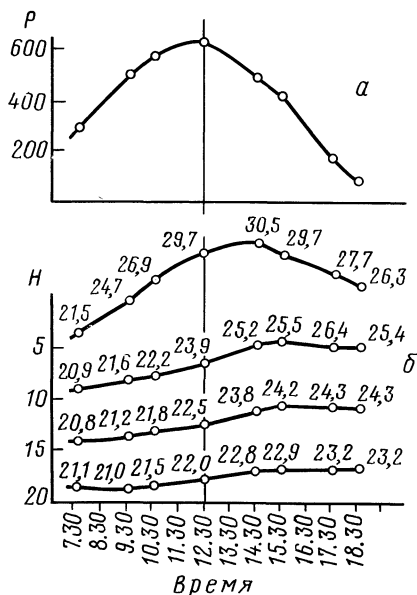


Рис. 2. Дневной ход прямой солнечной радиации (а) и температуры почвы на разных глубинах (б) в районе г. Казани

Составлено по данным Ю. Г. Хабутдинова [17]. Наблюдения в июле 1981 г. на горизонтальной поверхности. P — прямая солнечная радиация, W/m^2 ; H — глубина в почве, см. Цифры на графике б обозначают температуры. Время московское, астрономический полдень в Казани 12.19 московского времени

системы, имеет несомкнутый травяной покров, крутизна склонов $20—24^{\circ}$ (рис. 3). В течение безоблачного дня в июле 1988 г. на склонах 8 румбов (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ) на глубинах 3,5; 5; 7,5 см от поверхности 5 раз в день измерялась температура (9, 11, 13, 15, 17 ч) почвы (грунта). Средние арифметические значения температуры представлены на румбограмме (рис. 1—VI). Сильнее всего почва прогревается на склонах южной и юго-запад-

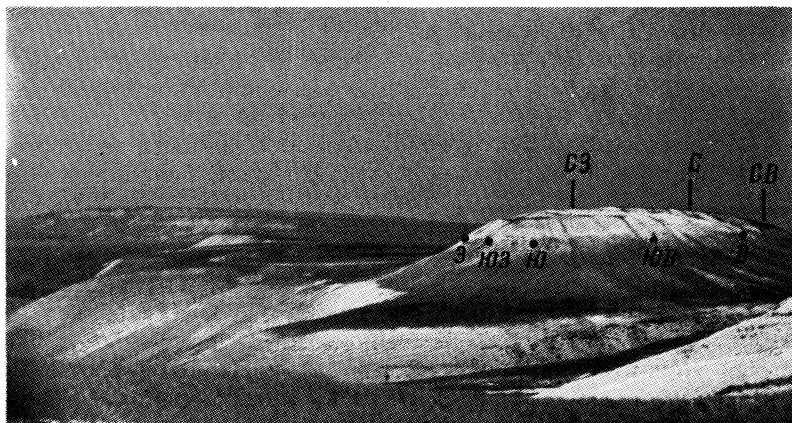


Рис. 3. Шилковский останец. Приволжская возвышенность. Точки соответствуют пунктам замера температуры почвы

ной экспозиции. Склон западной экспозиции прогревается значительно сильнее склона восточной экспозиции. В первую половину дня лучше прогревается склон восточной экспозиции, во второй половине — западной. Но даже восточный склон имеет максимальные температуры во вторую половину дня (таблица). Плоскость температурной симметрии имеет направление ВЮВ—ЗСЗ,

**Температура почвы на разных глубинах на склонах западной и восточной экспозиции, °С,
Шилковский останец**

Экспозиция	Глубина, см	Часы					Средняя температура
		9	11	13	15	17	
Восточная	3,5	22,0	22,5	23,5	24,0	23,0	23,0
	5,0	21,5	21,8	22,8	23,4	23,0	22,5
	7,5	20,8	21,2	21,7	22,9	22,9	21,9
Западная	3,5	20,5	20,8	23,4	28,9	29,0	24,5
	5,0	20,3	20,4	23,0	28,1	28,2	24,0
	7,5	20,1	20,1	22,1	27,5	27,6	23,5

ориентировка наибольшей температурной диссимметрии ССВ—ЮЮЗ (рис. 1—IV).

Наблюдения Р. Гейгера [18] на одной из вершин в Альпах также показали, что самые высокие максимальные дневные температуры в приземной пленке воздуха (25 см) характерны для склона, обращенного на ЮЗ.

Асимметрию рельефа описываемого типа обычно называют инсоляционной. Этот термин использован и в нашей работе. Инсоляция — облучение земной поверхности солнечной радиацией. Однако, как отмечалось выше, прогревание почвы не соответствует точно ходу солнечной радиации, оно следует за кривой радиации с некоторым опозданием. Поэтому для обозначения асимметрии рассматриваемого типа более точным может быть название «термическая» асимметрия. Но вряд ли следует менять широко распространившийся термин, тем более, что прогревание почвы обусловлено прежде всего инсоляцией. Кроме того, как отмечалось выше, различия в увлажнении склонов разной экспозиции определяются не только их разным прогреванием, но и неравномерным распределением осадков. На большое значение этого фактора указывает Г. П. Бутаков, предпочитающий поэтому более широкий термин — «климатическая» асимметрия. Вряд ли следует возражать против этого, хотя, как показывает изложенный выше материал, инсоляционно-термические причины формирования асимметрии имеют более универсальное значение.

Во всех рассмотренных примерах инсоляционной асимметрии рельефа, охватывающих различные геоморфологические процессы в различных географических зонах, общей особенностью является ориентировка плоскости максимальной диссимметрии в направлении ССВ—ЮЮЗ и плоскости симметрии в направлении ССВ—ЗЮЗ (рис. 1). Вполне очевидно, что отклонение направления максимальной инсоляционной диссимметрии от меридионального и направления симметрии от широтного (в среднем на 25°) является геоморфологическим следствием несовпадения кривых суточного хода солнечной радиации и нагревания поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флоренсов Н. А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 238 с.
2. Ласточкин А. Н. Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.
3. Дедков А. П., Джоён Ш. А., Гулямахмад Ф., Мамадкозим Ш. Современное оледенение Афганистана // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1988. № 5. С. 74—78.
4. Пресняков Е. А. Об асимметрии долин в Сибири // Вопросы геологии Азии. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 391—396.
5. Гравис Г. Ф. Склоновые отложения Якутии. М.: Наука, 1969. 128 с.
6. Дедков А. П. Экзогенное рельефообразование в Казанско-Ульяновском Поволжье. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1970. 255 с.
7. Дедков А. П., Мозжерин В. И., Ступишин А. В., Трофимов А. М. Климатическая геоморфология денудационных равнин. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1977. 244 с.
8. Куржанова А. А., Бутаков Г. П. Типы климатической асимметрии склонов речных долин // Количественный анализ экзогенного рельефообразования. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. С. 24—30.
9. Budel J. Die «Periglacial» — morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas auf den Ganzen Erde // Erkunde. 1953. В VII Н. 4. S. 249—266.

10. Бутаков Г. П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. 144 с.
11. Ступишин А. В. Снеговая асимметрия и асимметрия склонов // Вопр. географии. № 21. М.: Географгиз, 1950. С. 82—85.
12. Дедков А. П., Мозжерин В. И. Медленные гидротермические движения почвенно-грунтовых масс на склонах (крип) // Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР. М.: Наука, 1986. С. 77—90.
13. Илларионов А. Г. Геоморфология // Геология СССР. Т. 34. Тургайский прогиб. Кн. 2. М.: Недра, 1971. С. 230—256.
14. Дедков А. П. Геоморфологические наблюдения в центральном Казахстане // Геоморфологические сообщения. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1975. С. 31—32.
15. Айзенштат Б. А. Климатические факторы ландшафтных различий склонов восточной и западной экспозиции // Метеорология и гидрология. 1966. № 2. С. 22—29.
16. Боков В. А., Макальская В. Н. Радиационный баланс территории Удмуртии // Природно-территориальные и производственные комплексы Приуралья. Ижевск, 1977. С. 56—61.
17. Хабутдинов Ю. Г. Исследование мезометеорологических характеристик приземного слоя атмосферы // Вопросы мезоклимата, циркуляции и загрязнения атмосферы. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1988. С. 81—87.
18. Гейгер Р. Климат приземного слоя воздуха. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. 486 с.

Казанский государственный
университет

Поступила в редакцию
30.III.1989

TOPOGRAPHIC ASYMMETRY DUE TO INSOLATION

DEDKOV A. P., GLEISER I. V., KISLOVA S. S.

S u m m a r y

Various kinds of the asymmetry in topography are discussed which are typical of glacial, periglacial, humid temperate and semiarid zones. Differences in insolation of differently facing slopes account for various rates of glacial erosion, solifluction landslides and earthflows, creep and fluvial erosion. In general case most heated are the slopes facing SSW. The direction of maximum disymmetry deviates from S—N line by 25° on the average, probably due to discrepancy between diurnal march of insolation and surface heating (peaks of these curves do not coincide in time).

УДК 550.348.436(479.25)

© 1990 г.

Е. А. РОГОЖИН, Л. Н. РЫБАКОВ, Б. М. БОГАЧКИН

СЕЙСМОДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СПИТАКСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ 1988 г.

Землетрясение в Северной Армении 7 декабря 1988 г. было сильнейшим на Кавказе за последние 80 с лишним лет после Шемахинской катастрофы 1902 г. Его магнитуда по объемным волнам — 6,8, интенсивность в эпицентре составила 10 баллов по шкале MSK-64. Изосейсты высших баллов — 9-го и 10-го эллипсоидальные, вытянутые в запад-северо-западном направлении согласно с общим простираанием геологических структур в этой части Малого Кавказа. По сейсмологическим и макросейсмическим данным очаг главного толчка распространился до глубины 13—14 км и вышел на поверхность в виде протяженной системы сейсмогенных разрывов (рис. 1) [1, 2].

Изучение Спитакского землетрясения носило комплексный характер. В нем принимали участие сейсмологи многих организаций СССР, Франции и США. Кроме сейсмологического изучения очаговой зоны сразу же после события были проведены аэрофотосъемка и повторное нивелирование по нескольким направлениям. С весны 1989 г. начаты режимные светодальномерные наблюдения