

УДАРНЫЕ (ИМПАКТНЫЕ) ПРОЦЕССЫ И МОРФОЛИТОГЕНЕЗ

На поверхности Земли и других планет повсеместно встречаются метеоритные кратеры, а в горах нашей планеты – ямы выбивания, валы и бугры лавинного и гравитационного генезиса. Несмотря на различия в силе воздействия на поверхность и в масштабах распространения, размерах и морфологической выраженности все кратероподобные образования имеют импактную природу происхождения. При этом и космические тела, и снежные лавины, и быстродвигающиеся обвальнo-гравитационные массы преобразуют поверхность, на которую они падают (которую ударяют), создавая углубления различных размеров. Эти процессы перемещают и преобразуют горные породы и, в конечном итоге, формируют специфические формы рельефа. Все это дает основание представить новый вид морфолитогенеза – ударный, или импактный, включающий в себя три основных вида: метеоритно-ударный, лавинно-ударный и гравитационно-ударный.

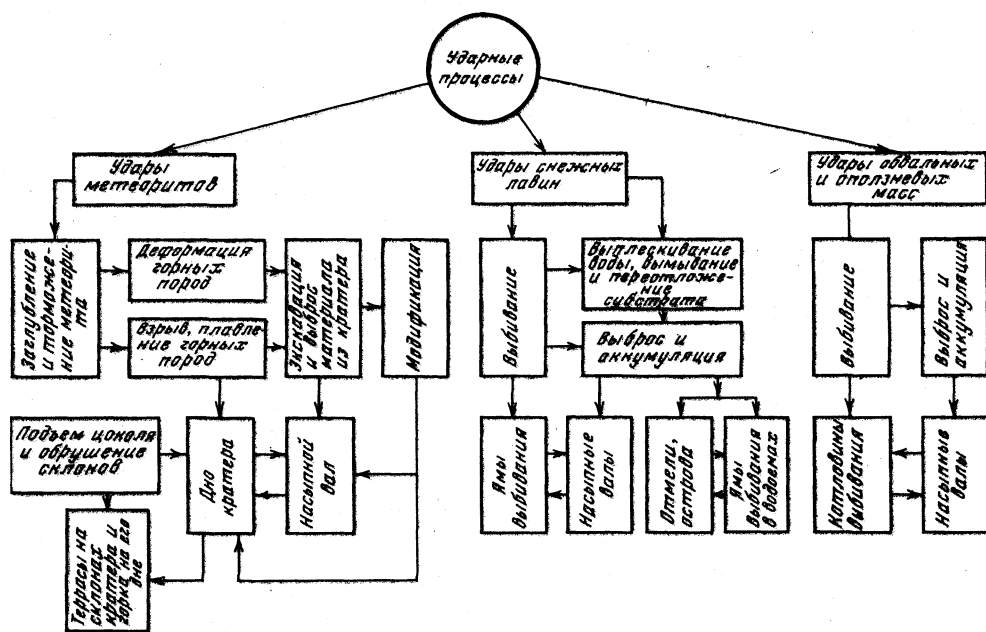


Рис. 1. Схема образования ударных форм рельефа Земли и других планет

В данной работе освещаются общие закономерности образования, распространения, дальнейшего развития каждого из выделенных видов ударного морфолитогенеза (рис. 1).

Метеоритно-ударный морфолитогенез

Вопросам метеоритного кратерообразования, т.е. механике процессов, стадиям образования кратеров, структуре измененных горных пород посвящено много работ, среди которых наиболее известны в России [1–6]. Ныне считается общепризнанным, что кратерированные ландшафты Луны, Меркурия, Марса и многих спутников в

Крупнейшие метеоритные структуры на поверхности Земли

Название структур	Диаметр, км	Возраст	Морфологическая выраженность ¹
Россия			
Эльчагын	15	Ранний палеоген	Кратер
Усть-Карская	25	Кайнозой	То же
Лабынкыр	30	Юра	В рельефе не выражен
Карская	50	Кайнозой	Кратер
Паучеж-Катунская	80	183 млн.л.	В рельефе не выражен
Попигайская	75	55 млн.л.	Округлое понижение
Германия			
Рис	24	14,8 млн.л.	Кратер с двумя кольцами и центральным поднятием
Швеция			
Сильям	45	365 ± 7 млн.л.	Кратер с центральным поднятием
Гана			
Фредефорт	100	1970 ± 100 млн.л.	В рельефе не выражен
США			
Сьера-Мадера	133	Начало палеогена	Сложный, сильно эродированный кратер
Канада			
Маникуаган	65	210 ± 4 млн.л.	Кратер с поднятием в центре
Клируотер	25	285 ± 30 млн.л.	Кратер с озером
Карсвел	30	485 ± 5 млн.л.	В рельефе не выражен
Седбери	100	1700 ± 200 млн.л.	То же
Шарлевуа	35	350 ± 25 млн.л.	»
Сент-Мартин	24	225 ± 25 млн.л.	Озеро в предполагаемом кратере

¹ Метеоритные структуры, невыраженные в рельефе, были обнаружены геофизическими и геологическими методами.

Солнечной системе образовались в основном в результате многократных ударов космических тел (метеоритов, болидов, комет) различного масштаба.

В настоящее время на Земле обнаружено около 200 достоверных и предполагаемых метеоритных кратеров (астроблем) диаметром кольцевых структур 10–70 км, различной выраженности в рельефе. Импактные кратеры и астроблемы наблюдаются на всех континентах, некоторые сведения о них приведены в табл. 1. Наиболее хорошо исследованы метеоритные структуры в Канаде. Здесь достоверно установлен 21 метеоритный кратер [7].

На территории бывшего СССР (по данным А.А. Алексеева и Л.П. Хряниной) выявлено 26 ударных метеоритных структур [8]. Имеются и другие кольцевые структуры, которые при дальнейшем исследовании могли бы быть отнесены к импактным. Одним из самых больших импактных образований на нашей планете является Попигайский метеоритный кратер диаметром до 100 км [9]. Термином "импактные кратеры", по

В.Л. Масайтису, обозначают кольцевые структуры, образованные в результате ударов малых космических тел о поверхность планет. Удары метеоритов о поверхность Земли приводят к образованию лунок, воронок, котловин, размеры которых соотносятся с размерами космических тел как 3:1; 5:1.

В астроблемах по направлению от внешних частей к внутренним выделяются насыпной вал – цокольный вал – дно кратера. Насыпной вал слагает аллогенная брекчия, представляющая продукты выброса разрушенного при ударе щебнистого обломочного материала. Слоистость, как правило, отсутствует. Цокольный вал сложен обычно породами, испытавшими удар метеорита, в результате чего они превратились в брекчиевидные катаклазиты с инъекционными прожилками.

Дно кратера имеет четырехслойное строение. Сверху вниз прослеживаются: аллогенная брекчия, залегающая на материнских породах; зона дробления и разрушения, пронизанная инъекционными брекчиями; зона пластических деформаций (скадок). Общая мощность этих образований в зависимости от энергии упавшего тела и силы взрыва может достигать 0,5–0,75 км и реже 2–3 км. Сложные кратеры с террасами на стенках, центральными горками (поднятиями) и плоским дном, исследованные Г. Меллошем, повсеместно распространены на Луне, Марсе и других планетах и их спутниках. На нашей планете подобные образования встречаются реже (изучено 14 сложных кратеров) (табл. 1). Классический пример такой структуры – сложный кратер Сьера-Мадера в Западном Техасе (США).

Наряду с метеоритными кратерами, выраженными в рельефе, на поверхности планет, в том числе и нашей Земли, встречаются концентрические эллипсовидные и линейные структуры, происхождение которых трудно объяснить с позиций современной геоморфологии. Особые условия формирования структур (косой удар космического тела, наличие мощных региональных разломов, различная прочность слоев в месте удара и т.д.) способствуют формированию необычных типов кратеров: квадратной, многоугольной формы, со сверхширокими террасами, огромными сложными по форме центральными горками и т.п.

По данным А.П. Макацария [10], на территории Грузии, в районе г. Тбилиси обнаружены многочисленные эллипсоидные параллельные и продольные р. Куре котловины-депрессии (Ваке-Сабурталинская, Делисская, Дигомская и др.). Их происхождение по ряду морфологических и структурно-геологических признаков (огражденность крутопадающими склонами, скальными порогами и непроточность, уклон дна против течения рек Куры, Вере и т.д.) следует отнести к космогенному. Метеоритной структурой (по сведениям того же автора) в Западной Грузии является и Окриба, имеющая признаки котловинной астроблемы.

Кольцевые геологические структуры широко распространены на поверхности Земли, происхождение некоторых можно объяснить ударами космических тел. Многие из них покрыты мощным чехлом осадочных пород и поэтому могут быть обнаружены только геофизическими методами и бурением. К числу таких структур некоторые исследователи относят импактную структуру моря Росса в Антарктиде. При изучении ее континентальных окраин скважина, пробуренная с судна "Гломар Челленджер", вскрыла у дна 20-метровую толщу необычных пород. Это были брекчии, сложенные угловатыми обломками диабазов, гранитов, мрамора, кварца и др. Деформации пород и характеристика брекчий убеждают, что скважина вскрыла аллогенные и аутогенные брекчии метеоритного кратера. Сейсмические данные показали, что здесь расположена огромная кольцевая впадина (диаметром 500 км), названная американскими исследователями бассейном Челленджер [2].

В последние годы при сейсморазведочных работах в Баренцевом море было обнаружено редкостное морфоскульптурное образование на ровном морском дне – плоскодонное углубление округло-треугольной формы размерами в плане 17×11 км и глубиной 90 м. По всем признакам исследователи относят это образование (Лунинская астроблема) к метеоритным [11].

Об ударной деятельности снежных лавин и так называемых ямах выбивания и лавинных буграх стало известно в последние два десятилетия. Впервые ямы выбивания отмечены Г.К. Тушинским и К.К. Кузьминым на Кавказе [12], В.И. Сербенко в горах Алтая [13] и Г.Н. Дэвис в Калифорнии [14].

Среди исследователей существуют терминологические разногласия при описании конкретных форм рельефа, являющихся результатом воздействия падающей снежной лавины. Мы предлагаем следующие термины: ямы выбивания, озера лавинного выбивания, лавинные валы, ямы лавинного выбивания в пределах акваторий озерных водоемов.

Подобные морфологические образования располагаются, как правило, у подножия крутых склонов долин, цирков и каров, а также в прибрежной зоне фьордов или морей (табл. 2). По внешнему облику ямы и озера лавинного выбивания напоминают простые метеоритные кратеры. В общих чертах механизм их образования (за исключением глубокого метаморфизма горных пород) схож с ударом космических тел о земную поверхность. Лавинно-ударные формы рельефа широко распространены на территории России – на Алтае [15], в Джунгарском Алатау [16], на Кавказе [17, 18], а также за рубежом – в Норвегии [19], Новой Зеландии [20], Японии [21], Австралийских Альпах [22], Карпатах [23], Кордильерах (США) [14] и др.

Ямы лавинного выбивания почти всегда заполняются водой, образуя озера лавинного выбивания. Однако на Большом Кавказе встречаются ямы лавинного выбивания и без воды. Размеры ям и озер лавинного выбивания колеблются от 200 до 70 000 м². Самые большие лавинные водоемы обнаружены в Норвегии (70 тыс. м²) [19] и в Новой Зеландии (50 тыс. м²) [20].

Ямы лавинного выбивания могут формироваться как в акватории озерных водоемов, так и во фьордах и у побережья морей. Обнаружить подводные ямы можно лишь с самолета или вертолета, с высоты горных вершин или при батиметрировании водоема. Морфологически они схожи с озерами лавинного выбивания. Как правило, ямы оконтуривают подводный вал, образующий отмель, или подводный лавинный вал в виде небольшого серповидного острова в пределах акватории озера или фьорда. Ямы лавинного выбивания в указанных водоемах связаны с так называемым водобойным эффектом [24]. Их возникновение обуславливается прежде всего ударной силой крутопадающих снежных лавин, энергия которых передается воде, в результате чего возникают ударные волны, распространяющиеся к берегам. Под воздействием ударной волны рыхлый материал, захваченный со дна водоема, выбрасывается наружу и отлагается на краю воронки.

Наряду с озерами лавинного выбивания во многих горных районах отмечаются и другие лавинно-ударные формы рельефа. Сюда относятся лавинные валы (рис. 2), которые могут иногда сочетаться с ямами или озерами лавинного выбивания. Они образуются в основном в узких долинах горных рек непосредственно на пойме или в русле. Наиболее характерная форма лавинных валов – холм с округлой вершиной, длинная ось которой вытянута вдоль склона перпендикулярно направлению движения лавин. Со стороны воздействия лавин осыпной вал вогнут, что придает ему вид ущербной луны (рис. 2). Поперечный профиль лавинного вала резко асимметричен. Внутренний склон вала, обращенный навстречу лавинному ложу, выпуклый, короткий и крутой. Уклоны его достигают угла естественного откоса грубообломочного материала, из которого он сложен, т.е. 40–45°. Внешний склон вала длинный, пологий и имеет вогнутый профиль. Уклоны в привершинной части вала составляют 12–15°. Этот склон плавно сочетается с окружающим рельефом. Высота лавинных валов над руслом колеблется от 2–3 до 20–25 м. Закономерности образования и распространения лавинных валов освещены в [14, 16]. Подобные формы довольно часто встречаются на Кавказе (в верховьях рек Большой и Малой Лабы, Большого Зеленчука, Ардона, Баксана и других).

Таблица 2

Морфологические типы и размеры лавинных и гравитационных ударных форм рельефа (А – длина, В – ширина, С – высота и глубина)

Горная страна, речной бассейн, название водоема	Высота над уровнем моря, м	Морфологический тип	Размеры (А × В × С)		Примечание
			Лавинный вал	Яма лавинного выбивания	
Джунгарский Алатау, Коксу	2000	Лавинный вал	150 × 60 × 9		
Алтай, Громотуха	1500	То же	100 × 75 × 18		
Норвегия, Линген	160	»	135 × 95 × 12		
Большой Кавказ, Малая Лаба, Малое	1970	Озеро лавинного выбивания	125 × 100 × 9	120 × 110 × 16	
Большой Кавказ, Малая Лаба, Ачипста	1865	Озеро с ямой лавинного выбивания	50 × 25 × 4	54 × 53 × 10	Имеет серповидный остров
Большой Кавказ, Теберда, Туманлыкель	1860	Реликтовое озеро с двумя ямами лавинного выбивания		90 × 70 × 23 115 × 60 × 14	Лавинный вал уничтожен во время строительства дороги
Норвегия, Линген, Рундватнет	145	Озеро лавинного выбивания	100 × 80	135 × 115 × 15	Подводный лавинный вал
Норвегия, Линген, Ерфиорден	0	Яма выбивания во фьорде	170 × 30	65 × 30	
Новая Зеландия, Фиордланд	1460	Озеро лавинного выбивания		200 × 180 180 × 50 × 2	
Большой Кавказ, Афипс, Безымянное	472	Озеро гравитационного выбивания	200 × 20 × 2		
Большой Кавказ, Пшада		Озеро оползне-ударное	–		Подпрудный вал частично уничтожен
Черноморское побережье Кавказа, Дюрсо, Сладкое	3,0	Озеро гравитационного выбивания	150 × 15 × 5	100 × 90 × 5	

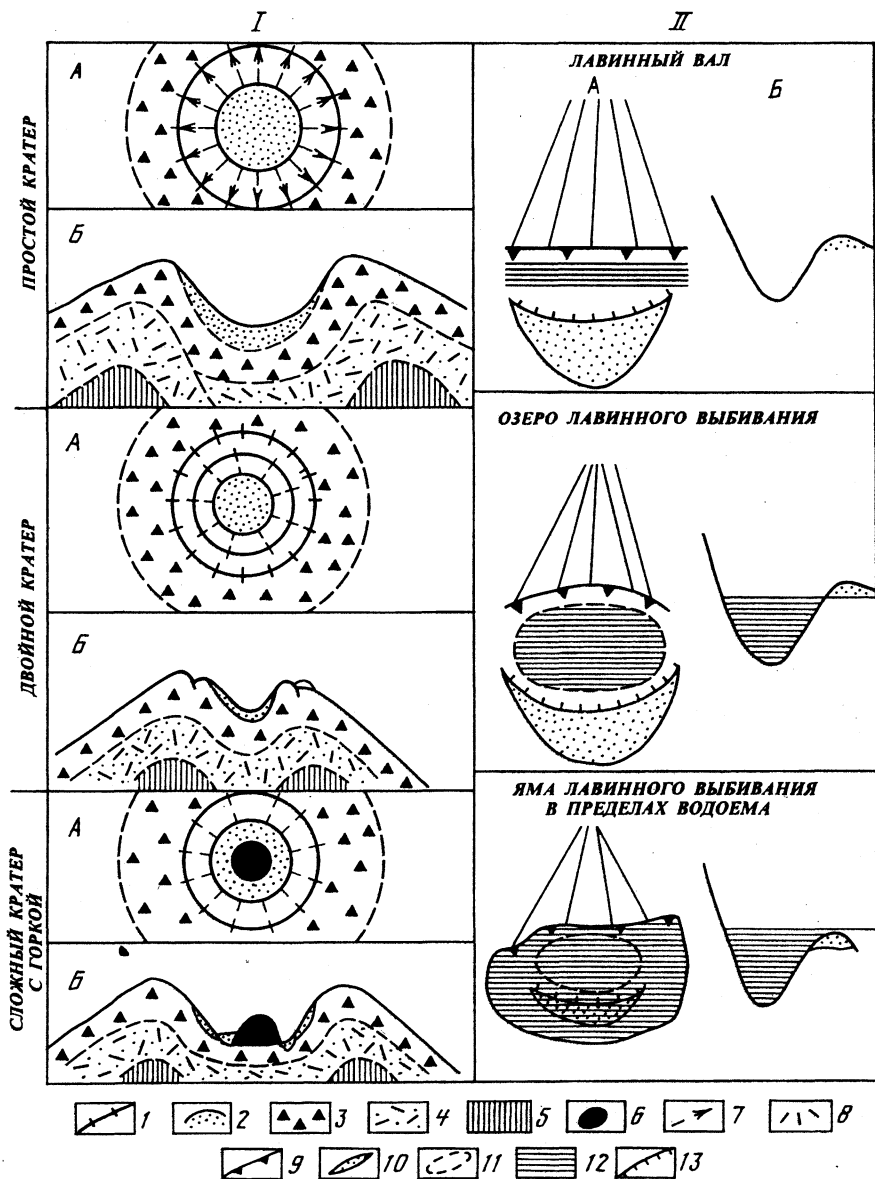


Рис. 2. Морфологические типы ударных форм рельефа

I – метеоритные; II – лавинные; А – план; Б – профиль; 1 – гребень метеоритного кратера; 2 – дно кратера; 3 – насыпной вал, сложенный аллогенной брекчией; 4 – трещиноватые породы; 5 – коренные породы; 6 – горка на дне кратера; 7 – осыпные склоны кратера; 8 – лавинные лотки; 9 – неизменные коренные породы; 10 – лавинный вал; 11 – ямы лавинного выбивания; 12 – водоемы; 13 – обрывистый проксимальный склон лавинного вала

Образование лавинно-ударных форм рельефа возможно лишь при определенных условиях [25]. Они тяготеют к областям древнего оледенения, характеризующимся крутонаклонными трогами или глубокими эрозионными долинами, крутизна склонов которых 35–50° и более. В нижних частях склонов имеет место резкий перегиб продольного профиля лавинных лотков.

Образование указанных форм рельефа предопределяется наличием рыхлообло-

мочного материала в долинах рек, на берегах морей и у подножия склонов. Например, на Западном Кавказе озера лавинного выбивания располагаются в долинах и карах на месте угасших озерных водоемов. Значительно реже образуются ударные формы рельефа в коренных породах.

Ямы выбивания и лавинные валы не образуются в тех местах, где располагаются конусы выноса, поскольку ударная сила снежной лавины рассеивается на их наклонной поверхности. Однако в Норвегии и Швеции подобные формы существуют у основания подрезанных конусов выноса, обрывающихся отвесной стеной (10–50 м) к водной поверхности фьордов или прибрежной морской террасе [19, 26]. На Кавказе и в Новой Зеландии подрезанные конусы выноса, у основания которых располагаются ямы выбивания, почти не встречаются.

Формирование катастрофических снежных лавин, способных эродировать ложе долины возможно в районах со значительным увлажнением, частым сходом снежных лавин и большим количеством обломков горных пород. Например, в Новой Зеландии в районе формирования озер лавинного выбивания количества осадков составляет 6250–6750 мм/год [20]. Здесь лавины обладают огромной разрушительной силой с ударным давлением, достигающим 600 т/м^2 . Шимидзу и др. [21] сообщают о еще более высоких значениях давления – до 1400 т/м^2 . На Западном Кавказе количество осадков составляет 1000–3700 мм/год, а средняя максимальная толщина снежного покрова – 2,5–5,5 м. Здесь часто сходят снежные лавины, обладающие силой удара в десятки т/м^2 . Видимо, такой силы достаточно, чтобы выбить ямы и сформировать лавинные валы.

Механизм воздействия на подстилающее ложе падающей снежной лавины в деталях не ясен и требует дальнейшей проработки. Нам представляется, что главную роль при ударе снежной массы о препятствие играют каменные обломки и воздушная волна. Первые содержатся в огромном количестве в самой лавине. Например, по данным С.М. Мягкова и Е.С. Трошкиной [27], лавина с северного склона г. Чегет в Приэльбрусье в 1973 г. при объеме около 1,2 млн. м^3 заключала в себе более 10 тыс. м^3 обломочного материала, или около 0,9% объема лавины. Для лавин, сходявших на том же участке в другое время, содержание обломочного материала колебалось в пределах 0,2–1,4% (по объему).

Второй, не менее важной составляющей снежной лавины является воздушная волна. Экспериментальные данные, полученные Н.А. Урумбаевым, свидетельствуют о том, что основные разрушения производит снеговоздушное облако, отрывающееся от ядра лавины. Давление его на сооружение (датчики установлены у основания склона перед фронтом "домашней" лавины) у края остановившегося лавинного тела достигает 200–250 кг/м^2 . Плотность снеговоздушного потока 0,01–0,05 г/см^3 . Совершенно очевидно, что при многократных ударах снежной массы в подстилающее ложе постепенно будет формироваться отрицательная форма рельефа – яма выбивания.

Итак, формирование лавинно-ударных форм в условиях обильного увлажнения и интенсивной лавинной деятельности происходит следующим образом: в местах, где имеются крутые перегибы склона и сходят мощные лавины, образуются ямы выбивания и лавинные валы с аллювиально-пролювиальных и флювиогляциальных отложениях. Некоторые образовавшиеся ямы заполняются водой, в связи с чем и появляются озера лавинного выбивания. Более широко образование ям выбивания происходит в присклоновых частях моренно-запрудных озер. После прорыва этих запруд от обширных водоемов в долинах рек остаются небольшие (несколько тыс. м^2), но довольно глубокие озера, имеющие округлую и эллипсовидную форму, также относящиеся к озерам лавинного выбивания. Ямы лавинного выбивания, возникшие в неспущенных озерах, а также во фьордах, сохраняются достаточно долго, если в них происходит слабая седиментация осадков.

Формирование лавинно-ударных форм рельефа происходит в периоды повышенного увлажнения, когда наблюдается интенсивный сход снежных лавин. Максимальных размеров лавинно-ударные формы рельефа достигли, вероятно, в конце Малой

ледниковой эпохи в XVII–XIX вв. [28]. Позже, в связи с уменьшением увлажнения объемы и частота сходящих в озера лавин сократились, уменьшилась их ударная сила, и в настоящее время лавинная деятельность только способствует сохранению озер, а увеличения ям выбивания не происходит. Это наиболее заметно на Западном Кавказе в высотных зонах 1300–1800 м и во многих долинах Западного и Центрального Кавказа (районы Учкулана, Теберды, Архыза и др.). На этих участках долин лавины уже не достигают озер (Каракель в Теберде, Мертвое в Архызе) или же имеют столь незначительные объемы, а соответственно и силу удара, что в лучшем случае не дают озерам интенсивно зарастать (Малый Каракель в бассейне р. Маруха).

Однако в некоторых районах Западного Кавказа продолжается формирование лавинно-ударных форм рельефа, что связано с усилением лавинной деятельности в многоснежные зимы. Так, лавины, сходящие в озеро Туманлыкель в 1963, 1976, 1978, 1979, 1987 гг., пробивали лед озера и выплескивали большую часть воды вместе с обломками горных пород. Наблюдалось это и на других горных озерах, особенно зимой 1986–87 гг., когда были выплеснуты озера Ачипста, Геналыкель, Малое и др.

Судя по данным о частоте схода и ударной силе снежных лавин, формирование ям и валов лавинного выбивания продолжается, по-видимому, и в других горных странах, таких как Новая Зеландия и Япония.

Ударно-гравитационный морфолитогенез

Об ударном воздействии обвальных и оползневых масс на подстилающее ложе известно мало. Исследования последних лет показали, что на Большом Кавказе и других горных странах встречаются формы рельефа (сухие котловины, озерные водоемы, насыпные валы в долинах), по всей видимости связанные с этими явлениями [29]. Механизм образования подобных форм, однако, еще предстоит идентифицировать, необходимо также провести детальные исследования и топографические съемки районов обрушения склонов.

Условия возникновения озер оползневого выбивания, например, весьма своеобразны. Подобные явления могут происходить у подножий крутых горных склонов, когда оторвавшиеся оползневые блоки рушатся вниз в долину и формируют котловины как в результате ударов о подстилающее ложе, так и выдавливания рыхлых отложений (например, старого оползневого тела). Такое озеро возникло в декабре 1995 г. вблизи пос. Пшада на Черноморском побережье Кавказа. Оползень, сформировавшийся на северном склоне Безымянного хребта, сполз на Черноштанную поляну, выдавил древние оползневые массы и сформировал небольшую котловину (около 10 000 м²), которая, заполнившись водой, образовала озеро [30]. Подобные водоемы были обнаружены нами и в других местах Северо-Западного Кавказа (табл. 2).

Заключение

1. В настоящее время происхождение рельефа Земли и других планет Солнечной системы можно объяснить не только результатом действия гравитационных, эндогенных и экзогенных процессов, но и космогенных факторов – ударами космических тел о подстилающее ложе.

2. Космические тела (метеориты, болиды и кометы), а также снежные лавины, обвалы и оползни преобразуют поверхность, на которую они падают, создавая особые генетические формы рельефа, называемые нами ударными, или импактными. При этом в горных породах и рыхлых отложениях происходят значительные изменения. При ударах космических тел они преобразуются в особые горные породы и минералы и перемещаются на периферию кратера взрыва. Все это дает нам основание выделить особый вид морфолитогенеза – ударный, или импактный.

3. Исходя из особенностей формирования и преобразования рельефа и рыхлых отложений следует выделить три разновидности ударного морфолитогенеза: метеоритно-ударный, лавинно-ударный, гравитационно-ударный.

4. Механизм воздействия космических тел на поверхность Земли хорошо изучен и в некоторых случаях аналогичен ядерному направленному взрыву. При дальнейших исследованиях, по всей вероятности, будут выявлены новые ударные структуры.

5. Лавинный и гравитационный ударный морфолитогенез находится на первоначальной стадии изучения и требует дальнейшей детализации и учета всех существующих ударных форм рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Мацак М.С. и др. Геология астроблем. Л.: Недра, 1980. 231 с.
2. Хрянина Л.П. Метеоритные кратеры на Земле. М.: Недра, 1987. 112 с.
3. Фельдман В.И., Грановский Л.Б., Дабига А.И. Импаكتиты. М.: Изд-во МГУ. 240 с.
4. Флоренский К.П., Базилевский А.Т., Иванов Б.А. и др. Ударные кратеры на Луне и планетах. М.: Наука, 1983. 200 с.
5. Иванов Б.А. Механика кратерообразования // Итоги науки и техники. Сер. Механика деформируемого твердого тела. Вып. 14. М.: ВИНТИ, 1983. С. 60–128.
6. Мелюх Г. Образование ударных кратеров. Геологический процесс. М.: Мир, 1994. 336 с.
7. Робертсон Р.В., Грав А.Ф. Астроблема Канады // Природа. 1973. № 9. С. 78–86.
8. Алексеев А.А. Метеоритные структуры // Природа. 1986. № 1. С. 34–37.
9. Масайтис В.Л., Михайлов М.В., Селивановский Т.В. Попигаийский метеоритный кратер. М.: Наука, 1975. 124 с.
10. Микаэрия А.П. Участие космогенных факторов в формировании рельефа Грузии // Сб. матер. межгос. конф. 24 пленума геоморфологической комиссии. 1998. С. 39–42.
11. Крылов Р.А. Предполагаемая космогенная структура (астроблема) на дне Баренцева моря // Геоморфология. 1997. № 1. С. 69–71.
12. Тушинский Г.К., Кузьмин К.К. Тебердинский район. Побежденные вершины // Ежегодник советского альпинизма. М.: 1952. С. 318–358.
13. Сербенко В.И. Снежные обвалы в верховьях долины р. Томи // Тр. Трансп.-энергетич. ин-та Зап.-Сиб. фил. АН СССР. 1954. Вып. 4. С. 127–142.
14. Davis G.H. Erosional features of snow avalanches. Middle Fork, Kings River, California // US Geological Survey. Paper. 1962. V/450-D. P. 122–125.
15. Благоевещенский В.П., Попов В.И., Берман О.А. Лавинные бугры на Западном Алтае и в Джунгарском Алатау // Снежные лавины и ледники Казахстана. Алма-Ата: 1977. С. 44–50.
16. Кужбанов А.Б. Лавинные бугры в бассейне р. Чиже в Джунгарском Алатау // Гляциально-нивальные процессы в горах Казахстана. Алма-Ата: 1981. С. 109–118.
17. Ефремов Ю.В., Заруднев В.М., Панов В.Д., Сунцов А.М. Озера лавинного выбивания на Западном Кавказе // Сб. работ Ростовской ГМО. 1980. Вып. 17. С. 94–101.
18. Ефремов Ю.В., Панов В.Д. Формирование озер под ударным воздействием снежных лавин // Изв. ВГО. 1988. Т. 120. Вып. 6. С. 552–556.
19. Corner G.D. Avalanche impact landforms in Troms. North Norway // Geogr. Ann. 1980. V. 62. № 1–2. P. 1–10.
20. Smith H.W. Avalanches // New Zealand Engineering. 1947. V. 2. May 10. P. 491–496.
21. Shimizu H., Hizioka T., Akitaya E. A study of high-speed avalanches in the Kurobe Canyon. Japan // J. Glaciol. 1980. V. 26. № 94. P. 141–151.
22. Nagl H. Untersuchungen an Tauernseen I // Naturwissenschaftlicher Vereines Stiermark. Graz. 1971. Bd. 100. S. 11–135.
23. Геоморфология осевой зоны Восточных Карпат // Под ред. Г.С. Ананьева. М.: Изд-во МГУ, 1981. 132 с.
24. Listol O. Avalanche plunge-pool effect // Norsk Polarinst Arbook. 1972. P. 179–181.
25. Ефремов Ю.В., Панов В.Д. Лавинно-ударные процессы и связанные с ними формы рельефа // Матер. гляциол. исслед. 1988. № 6. С. 137–141.
26. Schytt V. Notes on glaciological activities in Kebnekaise Sweden during 1964 // J. Glaciol. 1980. V. 26. № 94. P. 141–151.
27. Мягков С.М., Трошкина Е.С., Салова Т.А. Осыпные и лавинные процессы и создаваемые ими аккумулятивные формы рельефа // Геоморфология. 1979. № 1. С. 67–72.
28. Тушинский Г.К., Турманина В.И. Фитоиндикация изменений ледниково-селевой активности последнего тысячелетия // Фитоиндикационные методы в гляциологии. М.: 1971. С. 142–153.
29. Ефремов Ю.В. Озерный морфолитогенез на Большом Кавказе: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Краснодар: Куб ГУ, 1996. 59 с.

IMPACTIVE PROCESSES AND MORPHOLITHOGENESIS

Yu.V. YEFREMOV

S y m m a r y

A particular impact type of morpholithogenesis is described. It includes not only well-known falls of meteorites, but also the effects of snow avalanche, landslides and collapses. Classification of processes and forms and their forming mechanisms are discussed.