

используется в сельском хозяйстве. Здесь созданы Килийская и Лисковская рисовые системы.

Проведенная работа свидетельствует о том, что космические снимки представляют хороший материал для изучения многолетней динамики дельтовых областей. Обеспечение в будущем территорий дельт сериями разновременных снимков, близких по качеству, должно еще более расширить эти возможности.

ЛИТЕРАТУРА

Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М., ГУГК, 1973.

Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов, ч. 1. М.—Л., 1946.

Николаев В. А., Кравцова В. И., Маркова Т. А. Использование снимков с ресурсного спутника ЕРТС для ландшафтного картографирования и анализа динамики ландшафтов. В сб. «Исследование природной среды космическими средствами». М., «Наука», 1976.

Салищев К. А. Основы картоведения. Историческая часть. М., Геодезиздат, 1943.

Самойлов И. В. Устья рек. М., Географгиз, 1952.

Coteț P. Geomorfologia României. București, Editura tehnica, 1973.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
6.VII.1977

DANUBE DELTA DYNAMICS STUDY USING SPACE SURVEY DATA

V. I. KRAVTSOVA, L. A. USHAKOVA, T. I. CHEKALINA

Summary

Dynamics of the Danube delta is characterised within time interval of about 100 years using comparison of space photographs ERTS 1972 and topographic maps dated 1888. Analysis of the dynamics revealed the active growth of the Kili part of the delta, marine abrasion and coasts' retreat between the Kili delta and Georgiev strait, sea lagunes damming at the south of the delta. The inner (lakes and marshes) part of the delta is characterised by increase in water supply which indicates the area's subsidence.

УДК 551.4.042

С. М. МЯГКОВ, Е. С. ТРОШКИНА, Т. А. САЛОВА

ОСЫПНЫЕ И ЛАВИННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СОЗДАВАЕМЫЕ ИМИ АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Снежные лавины и осыпание обломочного материала — тесно соседствующие процессы денудации горных склонов. Сравнительный анализ топографических условий действия этих процессов и особенностей создаваемых ими аккумулятивных форм рельефа полезен для уточнения закономерностей эволюции горных склонов и для оценки лавинной опасности. Попытке такого анализа посвящена данная статья, основанная на

фактических данных, собранных авторами в различных горных районах. Изложенное относится лишь к тем территориям, где рассматриваемые процессы доминируют над прочими.

Между осыпными и лавинными процессами сноса нет четкой границы в пространстве и времени. Строго говоря, между ними нет границы и в отношении механики явления. Известно, что осыпной снос интенсивен при больших углах наклона, постепенно ослабевает при выполаживании склона и прекращается при наклоне около 30° . Лавинный снос достигает максимума на склонах крутизной $25-35^\circ$, так как именно с таких склонов сходят наиболее крупные грунтовые лавины, ослабевает на



Рис. 1. Схема интенсивности денудации склонов гравитационными процессами

1 — осыпной снос, 2 — лавинный снос, 3 — суммарная кривая

более пологих склонах и прекращается при наклоне около 15° . Склоны круче $40-45^\circ$ являются ареной деятельности практически одного осыпного сноса, склоны крутизной $30-40^\circ$ — совместной деятельности осыпного и лавинного сноса, а крутизной $30-15^\circ$ — одного лишь лавинного сноса. Вследствие такого распределения обоих гравитационных процессов при прочих равных условиях зависимость интенсивности денудации от наклона, видимо, должна иметь сложный характер, схематически показанный на рис. 1. Если на склоне действуют лишь процессы осыпного сноса, то по достижении угла естественного откоса этот склон стабилизируется. Такого рода выровненные склоны — особый вид педипленов, встречающийся, например, в Трансантарктических горах, где климат исключительно ариден в течение млн. лет.

В большинстве высокогорных районов Земли выполаживание и отступление склонов после прекращения осыпного сноса продолжается за счет лавинной денудации. Грунтовые лавины способны эродировать склон даже при самой малой скорости движения, за несколько секунд до полной остановки. Лавинная фаза денудации склонов, видимо, менее энергична, чем собственно осыпная фаза, однако лавинами сносится и переоткладывается огромное количество обломочного материала. Так, лавина с северного склона горы Чегет в Приэльбрусье в декабре 1973 г. при объеме около $1,2$ млн. m^3 заключала в себе более 10 тыс. m^3 обломочного материала, или около $0,9\%$ от объема лавины. Средняя величина слоя аккумуляции равнялась примерно $2,5$ см. Для лавин, сходящих на том же участке в другое время, содержание обломочного материала находилось в пределах $0,2-1,4\%$ (по объему). По данным М. И. Ивероновой (1962), в хребте Терской-Алатау содержание обломочного материала достигает 3% от объема лавины. Для хребта Терской-Алатау в Тянь-Шане, по данным М. И. Ивероновой (1953, 1962), лавинный снос из денудационных воронок в среднем оценивается величиной $0,02$ мм/год, осыпной — $0,17$ мм/год, но лавинный снос из деформированных каров достигает $0,24$ мм/год. По другим горным районам имеются оценки лавинной денудации лавиносборов от $0,1$ до $0,6-0,7$ мм/год, осыпного сноса — до $2,0$ мм/год. Напомним, что по данным Ж. Корбеля, средний темп денудации в горных районах со снежным и перигляциальным климатом оценивается величиной $0,6-0,8$ мм/год (Борисевич, 1964). Сравнение приведенных величин наводит на мысль о том, что интенсивность лавинной денудации зависит от климата. Но для надежного выявления этой зависимости пока недостаточно факти-

ческих сведений. Их можно получить по данным об объемах лавинных конусов и продолжительности их накопления или путем стационарных наблюдений. Оба способа имеют недостатки. Для первого — это трудность найти чисто лавинные конусы или оценить относительную роль лавин в накоплении конусов смешанного происхождения. При втором способе трудно установить, с какого участка лавинного пути захвачен обломочный материал, содержащийся в лавинном снежнике. Как уже говорилось, лавины захватывают материал даже на последних метрах своего пути, т. е. на рыхлом обломочном конусе; отнесение всего содер-

Формы лавинно-осыпного рельефа и процессы их образования

Форма рельефа	Осыпное накопление	Лавинное накопление	Лавинное перераспределение
Осыпной конус Лавинный конус	Есть Нет или несущественно Нет	Нет Есть	Нет Есть
Вал вокруг котловины «выбывания»	Нет	Нет или несущественно	»

жащегося в снежнике обломочного материала к площади лавиносбора приведет к получению существенно завышенной величины денудации.

Осыпные и лавинные процессы приводят к образованию аккумулятивных форм рельефа, различающихся по ряду признаков, прежде всего по форме и по распределению обломочного материала на поверхности. Для прикладного картографирования снежных лавин весьма важно знать и уметь обнаруживать эти различия. Собственно осыпные аккумулятивные формы рельефа представляют собой правильные полуконусы с углами наклона 25—30° и прямым или слегка выпуклым у подошвы профилем. Собственно лавинные формы аккумуляции более разнообразны. Лавинные «конусы» вследствие особенностей переноса лавинами обломочного материала и распределения лавин по дальности выброса имеют удлиненную форму, а в крайнем выражении — форму лепестка. Их поперечный профиль имеет форму насыпи (road-bank profile — в английской литературе) со слабовыпуклой средней частью и относительно крутыми (до 15—20°) краевыми участками. Продольный профиль — вогнутый с наклоном от 30° на верхних участках до 5—10° на нижних участках при средней крутизне 15—20°.

Чисто лавинные конусы редки (единичны на Кавказе и Тянь-Шане, несколько более часты в Хиби́нах). В большинстве случаев мы встречаем аккумулятивные формы рельефа смешанного происхождения, при образовании которых обломочный материал, доставляемый преимущественно осыпным процессом, перераспределяется деятельностью лавин. В зависимости от соотношения этих процессов и от общей интенсивности денудации склона получаемые формы рельефа можно выстроить в следующий ряд (таблица).

Особого замечания требует термин «котловина выбывания», встречающийся в основном в специальной литературе о лавинах и обозначающий крайнюю форму развития аккумулятивных лавинно-осыпных образований, соответствующую условиям, при которых лавины эродировать ранее накопленные рыхлые отложения и выносят их на периферию зоны своего распространения. Такие формы встречаются исключительно редко.

В связи с различием механизма отложения обломочного материала существуют заметные различия в сортировке крупных обломков вдоль осыпных и лавинных конусов. По данным М. И. Ивероновой (1953) и Н. В. Хмелевой с соавторами (1974), на поверхности осыпных конусов степень различия размеров обломков уменьшается сверху вниз — от

смеси глыб и щебня до скопления крупных глыб на периферии конуса. Средние размеры обломков нижнего пояса осыпи на 1—2 порядка превышают средние размеры обломков его верхней части, максимальные размеры обломков достигают многих дециметров. Поверхностный слой толщиной в несколько дециметров сравнительно рыхл, в нижележащих горизонтах возрастает содержание дресвы и песка, вследствие чего они имеют весьма плотное сложение.

По данным наших исследований группы чисто лавинных конусов в Хиби́нах, сложение обломочного материала в них такое же, что в осыпных конусах. На их поверхности прослеживается определенная сорти-



Рис. 2. Относительное содержание обломков различных фракций на поверхности одного из характерных лавинных конусов Хиби́н

ровка материала: дальше других выносятся обломки размером около 30 см, что создает крупнообломочное обрамление лавинных конусов, различимое порой невооруженным взглядом (рис. 2). Эта сортировка создается в результате многократного захвата и переотложения лавинами обломочного материала в пределах конуса; при этом обломки величиной около 30 см переносятся на большие расстояния, чем обломки иных размеров, вследствие особенностей процессов захвата и отложения, подробно описанных С. М. Мягковым (1967). Аналогичная сортировка обломочного материала на лавинных конусах Забайкалья описана В. Р. Алексеевым (1971).

Для осыпных конусов, подвергающихся относительно слабой лавинной переработке, характерны осыпная сортировка материала и одновременно наличие за их пределами шлейфа разбросанных лавинами обломков, более мелких, чем обломки на краю конуса.

Лавинная сортировка обломочного материала четко проявляется лишь на поверхности достаточно зрелых лавинных конусов. Она значительно менее ясна в отложениях одиночных лавин, особенно если первоначальное распределение обломочного материала в зоне его захвата лавиной имело сложный характер (скопления обломочного материала в различных руслах на подножии склона и т. п.). Так, по наблюдениям Т. А. Саловой и Е. С. Трошкиной, в снежнике упоминавшейся выше гигантской лавины, сошедшей в декабре 1973 г. с северного склона горы Четет, наибольшее количество крупных обломков (до 1—2 м) было сосредоточено вдоль основных путей движения лавины — понижений в рельефе. Периферии зоны выброса этой лавины достигли немногие крупные обломки; большинство материала здесь относилось к фракции 5—20 см. В центральной зоне снежника были сосредоточены обломки различных фракций с большим содержанием мелкой фракции (менее 2 см). Наблюдения К. В. Акифьевой и соавторов (1974) в этом же районе и В. Лакмана (Luckman, 1971) в канадской части Скалистых гор показали, что в единичных лавинных снежниках основная масса обломочного материала сосредоточена в их центральных зонах, особенно на главных путях движения лавин.

Интереснейшим в палеогеоморфологическом и палеоклиматологическом отношении, но трудно доступным и поэтому слабо изученным объектом являются погребенные почвы осыпных и лавинных конусов. Погребенные почвы в лавинных конусах встречаются чаще и лучше раз-

виты, чем в осыпных конусах. Вероятно, практически в каждом хорошо развитом лавинном конусе, окраины которого ныне заросли травой, можно найти погребенные почвы.

Первые исследования погребенных почв лавинных конусов выполнены Г. К. Тушинским (1964) на Кавказе. В Приэльбрусье им описан разрез, в котором ниже современной почвы (0—20 см) идет горизонт лавинной аккумуляции, состоящий из обломочного материала с включениями переотложенной дерновины (0,2—0,7 м). Еще ниже (0,7—1,2 м) залегает супесчаный, гумусированный горизонт с малым количеством грубообломочного материала, который представляет, видимо, остатки эродированной лавинами почвы. Ниже (1,2—1,65 м) обнаружен четвертый горизонт — щебнистый, с большим количеством обломков размерами 0,2—0,25 м и с примесью органики, переотложенной в виде «лавиного мусора»; это горизонт лавинно-аккумулятивного происхождения. Он залегает на перемытой морене и перекрывает множество пней взрослых сосен, уничтоженных лавинами. Поэтому четвертый горизонт назван пневым.

Радиоуглеродный возраст погребенной древесины около 700 лет. Следовательно, сосновый лес был уничтожен в известный период повышенной снежности и лавинной активности, начало которого приходится на XIII век. А предшествовавшее время слабой лавинной активности соответствует «архызскому перерыву» (Тушинский, 1964).

В хибинских конусах встречаются до 2—3 погребенных почв разного возраста (Мягков, 1967; Возовик, 1967). В разрезе одного из лавинных конусов, вскрытого тремя шурфами в вершине, средней части и на периферии, обнаружены следующие горизонты (по Возовику, 1967). Верхний горизонт сложен грубообломочным материалом, откладываемым современными лавинами. Мощность его убывает от 0,7 м в верхней до нескольких см в нижней части конуса. Второй горизонт сложен также грубообломочным материалом, но более плотен за счет увеличения количества мелкозема. В отличие от верхнего горизонта здесь обломки имеют отчетливые следы химического выветривания в виде охристых корочек и т. п.; горизонт заметно обогащен органическим (торфянистым) материалом и представляет погребенную почву. Мощность его 10—20 см. Погребенная почва к низу постепенно переходит в третий горизонт, аналогичный первому; его мощность также убывает от вершины к периферии конуса от 1,0 до 0,1 м. Четвертый горизонт мощностью до 0,7—0,8 м подобен обогащенному органикой второму горизонту и является погребенной почвой. Он также постепенно переходит в пятый горизонт, состоящий из свежего грубообломочного материала.

Комплексный анализ вскрытых отложений, радиоуглеродные датировки древесины, погребенной в конусах, привели к следующим выводам. Верхняя из погребенных почв относится к XII—XIII вв. В это время («архызский перерыв») лавинная деятельность в Хибинах была более слабой, как и на Кавказе, а климат — более теплым. Верхняя граница леса превышала на 200—300 м современную (Возовик, 1967); формировались почвы такого типа, который ныне встречается на несколько сотен км южнее Хибин (Владимирова, Мягкова, 1965). Нижний горизонт погребенной почвы сформирован в период более теплого и сухого климата около 2,5 тыс. лет назад (Возовик, 1967).

В Хибинах имеются лишь голоценовые осыпные и лавинные конусы. В других районах можно встретить формы значительно более древние, особенно в средних и нижних участках крупных долин, где аккумулятивные конусы вскрыты при дорожном и ином строительстве. Представляется, что изучение пространственно-временного соотношения осыпных и лавинных процессов и форм рельефа — исключительно интересная теоретически и важная практически сложная проблема, заслуживающая глубокого внимания геоморфологов.

- Акифьева К. В., Возовик Ю. И., Мягков С. М.* Изучение лавинного режима и роль лавин в склоновых процессах. В сб. «Склоновые процессы». Л., Изд-во МГУ, 1974.
- Алексеев В. Р.* Роль снежных лавин в морфолитогенезе горных стран (на примере хр. Удокан). «Изв. Забайкальского отд. Всесоюзн. геогр. о-ва», т. VII, вып. 6. Чита, 1971.
- Борисевич Д. В.* Условия формирования поверхностей выравнивания (на примере Урала). В сб. «Проблемы поверхностей выравнивания». М., «Наука», 1964.
- Владимирова Г. А., Мягкова А. Д.* Об опыте применения аналитических методов исследований для оценки максимальной дальности выброса лавин. В сб. «Тр. Первого Всес. совещ. по лавинам». Л., Гидрометеониздат, 1965.
- Возовик Ю. И.* Последледниковая история Хибин и развитие лавинных процессов в среднем и позднем голоцене. В сб. «Снег и лавины Хибин». М., Изд-во МГУ (ротапринт), 1967.
- Иверонова М. И.* О камнепадах в Тянь-Шане. «Тр. Ин-та геогр. АН СССР», вып. 56. М., Изд-во АН СССР, 1953.
- Иверонова М. И.* Режим снежных обвалов в Терской-Алатау и их гидрологическое и геоморфологическое значение. «Тр. Ин-та геогр. АН СССР», вып. 81. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Мягков С. М.* Аккумулятивные лавинные формы рельефа в Хибинах и пути использования их характеристик для определения границ лавиноопасных зон. В сб. «Снег и лавины Хибин». М., Изд-во МГУ (ротапринт), 1967.
- Тушинский Г. К.* Архызский перерыв в оледенении и лавинной деятельности на Кавказе в первом тысячелетии н. э. «Информ. сб. о работах по СГГ», № 10. М., Изд-во МГУ, 1964.
- Хмелева Н. В., Никулин Ф. В., Шевченко Б. Ф.* Движение обломков в поверхностном слое осыпи. В сб. «Эрозия почв и русловые процессы», вып. 4. М., Изд-во МГУ, 1974.
- Luckman B. H.* The role of snow avalanches in the evolution of alpine talus slopes. «The Institute of British Geographers» No. 3, 1971.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
29.VI.1977

DEBRIS FALL AND AVALANCHE PROCESSES AND LANDFORMS OF ACCUMULATION DUE TO THEM

S. M. MYAGKOV, E. S. TROSHKINA, T. A. SALOVA

Summary

Debris fall and avalanche types of gravity slope processes are similar in mechanism but differ in intensity and result in landforms differing in geometry, debris sorting and stratigraphy. Space and time correlation of the landforms may give unique data on history of geomorphic evolution of mountain areas as well as help in solving some problems of practice.

УДК 551.33(470.11)

В. Е. ОСТАНИН, Р. Р. АТЛАСОВ, В. А. БУКРЕЕВ,
Н. Б. ЛЕВИНА

КРАЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ГРАНИЦА ВАЛДАЙСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ р. ВАГИ

В процессе полевых исследований, проводившихся авторами в бассейне р. Ваги в 1971—1976 гг., были получены новые материалы о распространении валдайского оледенения в этом районе. Дешифрированием аэрофотоматериалов и полевыми проверочными маршрутами было установлено, что территория, покрывавшаяся льдом в валдайскую лед-