

- Трофимов А. М., Бабанов Ю. В. Профиль склона при подмыве его основания. В сб. «Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья», вып. 5, 6. Казань, 1968.
- Шайдеггер А. Е. Теоретическая геоморфология. М., «Прогресс», 1964.
- Crickmay C. H. A preliminary inquiry into formulation of the geological principle of uniformity. Calgary, 1959.
- Culling W. E. H. Soil creep and the development of hillside slopes. «J. Geol.», 71, 2, 1963.
- Masashige H. Quantitative morphometry of fault scarp with reference to the Hira mountains, Central Japan. «Japan J. Geol. and Geogr.», 42, 1—4, 1972.
- Trofimov A. M., Moskovkin V. M. On the problem of stable profiles of deluvial slopes. «Z. Geomorph.», Bd 25, Berlin — Stuttgart, Sept. 1976.
- Schidegger A. E. Theoretical geomorphology, 2nd edition. Springer. Berlin, 1970.

Укр. НИИПА
Казанский государственный
университет

Поступила в редакцию
14.II.1978

MATHEMATICAL MODEL OF AN UNDERCUT SLOPE EVOLUTION AND ITS APPLICATION TO THE PROBLEM OF THE SLOPE'S STABILITY

V. M. MOSKOVKIN, A. M. TROFIMOV

Summary

A diffusive model of undercut slope is developed, where the undercutting effect is taken into account by the zero condition at the moving boundary. A partial auto-modelling solution has been got, which corresponds to the stationary dynamic regime stage (parallel retreat of the slope); the result is that the more active undercutting is (when compared to erosional downwearing), the steeper the slope becomes. A character of general solution of the problem is studied for the initial exponential slope profile similar to the profile of stationary dynamic regime. Analysing both theoretical and numerical solutions together, the following conclusions have been drawn: 1) if the rate of undercutting is below the critical one, the slope down-wearing occurs; 2) if the rate is equal to critical ($b=CK$), the parallel retreat occurs; 3) if the rate is above critical, the steepness at the base of the slope increases and it loses its stability. In conclusion some prerequisites of experimental modelling are discussed as well as some further trends of the mathematic modelling.

УДК 551.4.042(282.251.3)

В. Л. СУХОДРОВСКИЙ

ВЫПОЛАЖИВАНИЕ УСТУПА НЕОГЕНОВОЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ р. ЛЕНЫ В ГОЛОЦЕНЕ

Известно, что формирование склонов обусловлено развитием процессов двух генетических категорий: склонообразующих, или первоначального заложения, и собственно склоновых, или дальнейшей моделировки склонов (Спиридонов, 1971). К первым относятся тектонические, флювиальные и гляциальные процессы, благодаря которым чаще всего формируются отвесные и крутые склоны. Вторые, т. е. склоновые процессы, характеристика которых дана в целом ряде работ (Каплина, 1965; Жигарев, 1967; Воскресенский, 1971; Суходровский, Гравис, 1976, и др.), видоизменяют морфологию первичных склонов. Но единого мне-

ния о механизме их видоизменения этими процессами пока нет. Сторонники В. М. Дэвиса полагают, что склоны со временем выполаживаются, а сторонники В. Пенка и Л. Кинга говорят об их отступании с сохранением крутизны, в результате чего формируются так называемые педименты. В последние годы все чаще высказывается мнение о том, что механизм их формирования зависит от характера склоновых процессов, определяемого климатическими и геолого-геоморфологическими условиями. Так, например, А. П. Дедков (1978) считает, что современные педименты формируются только там, где господствует плоскостной смыв. Массовые движения обломочного материала, на значение которых в свое время обратил внимание И. П. Герасимов (1941), приводят к выполаживанию склонов. Но конкретного материала, подтверждающего правоту той или иной гипотезы, пока еще нет.

В Центральной Якутии, находящейся в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород, господствует суровый и в то же время засушливый климат. Среднегодовая температура -10° . Количество осадков около 250 мм/год. Глубина сезонного протаивания на суглинистых и супесчаных склонах 1—3 м.

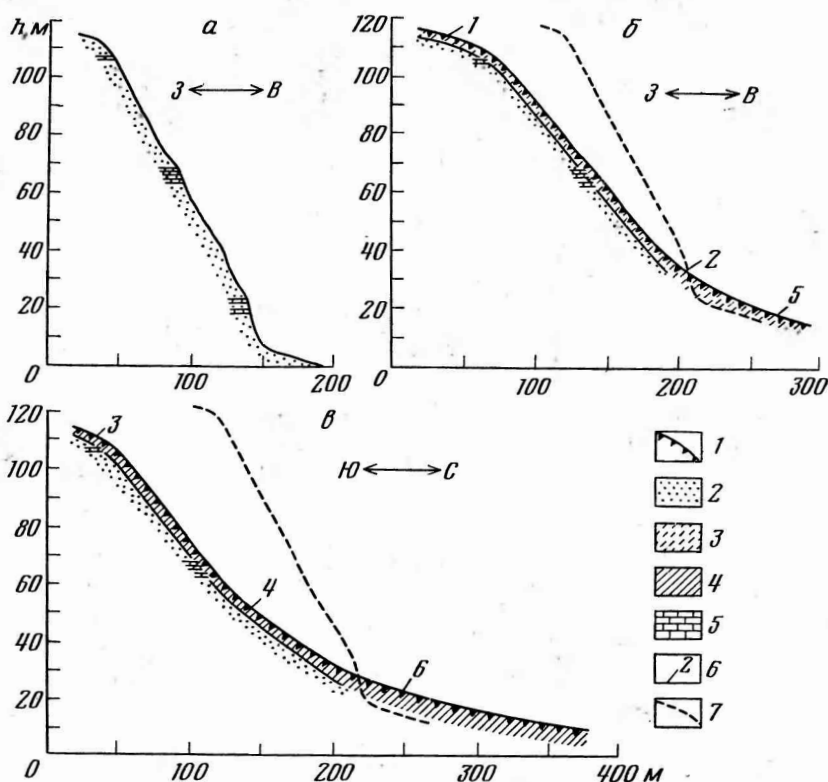
Согласно данным стационарных наблюдений (Суходровский, 1975), господствующий склоновый процесс в Центральной Якутии — это дефлюкция, поверхностная скорость которой на суглинистых и супесчаных склонах в зависимости от условий увлажнения колеблется от долей миллиметра до 2—3 мм/год. На задернованных склонах на глубине 20—30 см скорость процесса несколько возрастает, а затем постепенно уменьшается и на глубине 60—70 см становится равной нулю. Солифлюкция наблюдается лишь в годы наибольшего увлажнения и только на отдельных участках склонов северной экспозиции, где ее скорость может достигать 40—50 мм/год. Роль делювиального смыва на задернованных склонах практически ничтожна.

Материалом для настоящего сообщения послужили данные выполненного Н. И. Новиковым теодолитного профилирования трех участков склона, соответствующих различным стадиям развития. Эти участки относятся к уступу одной и той же неогеновой маганской надпойменной террасы р. Лены. Относительная высота ее около 100 м (рисунок). В строении террасы участвуют аллювиальные пески с отдельными пластами слабосцементированного песчаника.

На первом участке (мыс Табага) уступ восточной экспозиции подрезан современным паводковым руслом р. Лены. Он имеет среднюю крутизну 42° и представляет собой обнажение, местами прикрытое пылевой песчаной осыпью. Господствующие в настоящее время склоновые процессы — осыпание, наиболее активное в летние периоды без дождей, и отчасти делювиальный смыв в короткие периоды стока. Развитие этих процессов предопределено продолжающейся боковой эрозией реки во время паводков.

Второй участок (близ с. Владимировка) представляет собой уступ той же экспозиции, но подножием его является не низкая пойма, а Сергеляхская надпойменная терраса р. Лены, отн. высота которой 8—22 м (Соловьев, 1959). Возраст этой террасы по радиоуглеродным датировкам древесины с глубины 12 м и торфа с глубины 10,5 м близок к 10 000 лет (Костюкевич, Дегтярева, 1974). Следовательно, уступ на этом участке подмывался рекой в самом конце плейстоцена и в начале голоцена, когда он был примерно таким же, как у мыса Табага. Сейчас он выположен, средняя его крутизна 28° , а делювиальный шлейф этого уступа имеет уклон около 10° в верхней и 5° в нижней части. Склоновые отложения представлены супесью. Их мощность 1—2 м, а в пределах шлейфа она увеличивается, видимо, до десятка м.

Главную роль в выполаживании склона на втором участке сыграла дефлюкция, о чем можно судить по строению склоновых отложений,



Профили склонов маганской надпойменной террасы р. Лены в районе Якутска

а — склон восточной экспозиции, опирающийся на берег современного русла реки у мыса Табага в 32 км к югу от Якутска; *б* — склон восточной экспозиции, опирающийся на террасу, у с. Владимировка в 22 км к югу от Якутска; *в* — склон северной экспозиции, опирающийся на ту же террасу в 26 км к югу от Якутска. 1 — дернина, 2 — песок, 3 — супесь, 4 — суглинок, 5 — песчаник, 6 — места взятия образцов (1—6 номера образцов); 7 — предполагаемое расположение первичного склона флювиального происхождения.

Мощность склоновых отложений, равная 1—2 м, показана вне масштаба

в составе которых наблюдаются погребенные тонкие (менее 1 см) слои гумусированной супеси. Наличие их свидетельствует о периодически повторяющемся сползании оттаивающих отложений в периоды, когда лежащие непосредственно выше мерзлого субстрата слои приобретают вязкотекучую консистенцию. С. С. Воскресенский (1971) назвал этот процесс конжелифлюкцией, которую мы склонны считать лишь разновидностью дефлюкции. В результате развития этого процесса сползающий слой постепенно погребает тот гумус, который накапливается в трещинах микрополигонов. Подобные же признаки медленного сползания блоков микрополигонов отмечены на аналогичном склоне лога вблизи мыса Табага, где солифлюкция была установлена стационарными исследованиями.

Третий участок уступа маганской террасы расположен между названными пунктами. Он также опирается на Сергеляхскую террасу, но экспозиция его северная, что определило наибольшую увлажненность склоновых отложений. Кроме дефлюкции во влажные годы здесь развивается и солифлюкция, о которой можно судить по наблюдаемым здесь солифлюкционным языкам с уступом высотой до 1 м. Видимо, именно этот процесс привел к гораздо большей моделировке склона, чем на втором участке. Крутизна 28° сохранилась только в верхней половине этого склона. Нижняя его половина, выположенная в среднем

**Гранулометрический состав склоновых отложений с глубины 0,3—0,5 м
уступа маганской террасы к югу от Якутска**

Место взятия и номер образца	Фракция частиц (мм) в % к сухой навеске							Наименование породы по гранулометрической классификации В. В. Охотина
	>0,5	0,5— —0,25	0,25— —0,1	0,1— —0,05	0,05— —0,01	0,01— —0,005	<0,005	
Второй участок								
Верхняя часть склона, 1	4,9	35,9	23,6	17,4	6,2	4,6	7,4	Супесь пылеватая тяжелая
Средняя часть склона, 2	0,0	1,1	3,4	42,7	39,0	4,8	9,0	То же
Делювиальный шлейф, 5	0,4	8,3	13,1	44,8	25,4	2,0	6,0	Супесь пылеватая легкая
Третий участок								
Верхняя часть склона, 3	0,0	0,4	0,8	19,8	53,2	15,8	10,0	Суглинок пылеватый легкий
Средняя часть склона, 4	0,0	0,3	2,9	44,6	28,8	5,2	18,2	Суглинок пылеватый средний
Делювиально-солифлюкционный шлейф, 6	0,5	0,6	11,5	49,2	19,0	5,0	14,2	Суглинок пылеватый легкий

до 15°, сменяется внизу делювиально-солифлюкционным шлейфом, угол падения которого с удалением от склона уменьшается с 9 до 3—4°. Наибольшая мощность шлейфа предположительно достигает 15 м.

Представляется интересным состав отложений, отобранных из подернового слоя с глубины 0,3—0,5 м в различных частях склонов второго и третьего участков (таблица). Сравнивая их строение, замечаем, что отложения в пределах шлейфа подчас более грубые, чем на вышележащих частях склона, что, видимо, связано с улучшением вниз по склону условий для агрегации глинистых частиц.

Итак, характерные для Центральной Якутии склоны, сложенные в основном рыхлыми отложениями, судя по изменениям, произошедшим после позднего плейстоцена, испытывают главным образом выполаживание. Наиболее выположенными оказались склоны северной экспозиции, где кроме дефлюкции во влажные годы развивается и солифлюкция. Сравнивая профили второго и третьего участков, можно предположить, что после уменьшения крутизны склона до 28° процесс дальнейшего его выполаживания стал распространяться лишь на нижнюю часть склона. Верхняя его часть, сохранившая крутизну 28°, при этом отступила и уменьшилась по высоте. Подобный процесс, отличающийся явным преобладанием выполаживания над отступанием склонов, вряд ли можно отождествлять с педиментацией.

ЛИТЕРАТУРА

- Воскресенский С. С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. М., Изд-во МГУ, 1971.
- Герасимов И. П. О движениях почвенно-грунтовых масс на склонах. «Почвоведение», № 7/8, 1941.
- Дедков А. П. Климатические типы экзогенного морфогенеза и их антропогенные модификации. В кн. «Климат, рельеф и деятельность человека». Тез. докл. всесоюз. совещ., ч. I. Казань, 1978.
- Жигарев Л. А. Причины и механизм развития солифлюкции. М., «Наука», 1967.
- Каплина Т. Н. Криогенные склоновые процессы. М., «Наука», 1965.
- Костюкевич В. В., Дегтярева Г. П. Радиоуглеродные данные лаборатории Института мерзлотоведения СО АН СССР. Сообщение 2. «Бюл. Комис. по изуч. четвертичн. периода», № 42, 1974.
- Соловьев П. А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Спиридонов А. И. Актуальные вопросы изучения склонов. В кн. «Склоны, их развитие и методы изучения». «Вопросы географии», вып. 85. М., «Мысль», 1971.
Суходровский В. Л. Современное экзогенное рельефообразование в криолитозоне. Автореф. докт. дис. Новосибирск, 1975.
Суходровский В. Л., Гравис Г. Ф. Мерзлота и рельеф. В кн. «Проблемы экзогенного рельефообразования», кн. 1. Рельеф ледниковый, криогенный, эоловый, карстовый и морских побережий». М., «Наука», 1976.

Институт мерзлотоведения
СО АН СССР

Поступила в редакцию
30.XI.1978

THE NEOGENE FLUVIAL TERRACE SCARP DOWN-WEARING AT THE LENA RIVER DURING THE HOLOCENE

V. L. SUKHODROVSKY

Summary

Comparative analysis of three sections of fluvial sandy terrace at Central Yakutia revealed changes in the slope's structure during the Holocene. At the east-facing slope the defluction is the prevailing process; the slope inclination decreased from 42 to 28°, a 10—5° deluvial apron being formed at the slope base. At the north-facing slope defluction goes with cryosolifluction; at first the upper part of the slope was flattened (to 28°), and then retreated as the lower part decreased in steepness to 15° and deluvial-solifluctional apron was formed (the latter being 9 to 3—4° steep).

УДК 551.4.01 : 551.4.04

Д. Д. ТАБИДЗЕ

ОБ ОБЪЕМНО-БАЛАНСОВОМ МЕТОДЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сущность предлагаемого метода заключается в количественном (в объемных показателях) изучении ряда противоположно направленных процессов рельефообразования. Тектоническое погружение, «уход» за пределы района отдельных блоков в результате их горизонтального перемещения, денудация — вот основные процессы, обуславливающие уменьшение объема рельефа. Напротив, рост объема рельефа происходит в результате тектонических поднятий, горизонтальных перемещений блоков, их «вдвигания» в пределы района, процессов аккумуляции. Результаты этих процессов выражаются в объемных показателях (км³, м³), характеризующих направленность и интенсивность развития рельефа.

Изучение колебательных движений земной коры объемным методом было предложено в 1949 г. А. Б. Роновым. В дальнейшем этот метод был развит и усовершенствован В. В. Белоусовым (1962) и Е. Е. Милановским (1968). Он предполагает компенсацию колебательных движений земной коры процессами осадконакопления и размыва. Сущность метода состоит в определении объема терригенных отложений, снесенных денудацией в депрессии, и площади областей размыва. На основании этих данных можно подсчитать амплитуду поднятия для каждого отрезка геологического времени.