

suggested to distinguish qualitatively different types of denudation slopes basing on the completeness of the weathering crust profile. It permits to map with high accuracy slope areas with different denudation rate and different character of the material removed. The indicators of denudation slopes' types are as follows: steepness, density of grass cover and thickness of soils profile.

УДК 551.435.2

А. Е. КОЗЛОВА

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА
ПРОЦЕССОВ ПЛОСКОСТНОГО СМЫВА НА СКЛОНАХ
В АРИДНОЙ ЗОНЕ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА
(на примере плато Кызьбельтау)**

В статье изложен фактический материал, полученный автором в результате многолетних наблюдений процессов плоскостного смыва на одном из ключевых участков в Тургайском прогибе — останцовом плато Кызьбельтау. Плато образовалось в результате размыва некогда единой пластово-ступенчатой равнины, приуроченной к области устойчивых положительных неотектонических движений Центрально-Тургайской ступени (суммарная амплитуда неотектонических поднятий достигает 210—240 м, Городецкая, 1975).

Северная часть плато Кызьбельтау представляет денудационную поверхность выравнивания с абс. отметками 200—219 м позднеплиоценового-раннечетвертичного возраста (Карта поверхностей выравнивания, 1972), ограниченную со всех сторон чинками высотой от 50 м на северо-западе и севере до 100 м на северо-востоке, востоке и юго-востоке. К подножию чинков примыкает денудационная равнина — педимент, выработанная в чеганских глинах палеогена в результате параллельного отступления чинка под действием процессов склоновой денудации.

Плато Кызьбельтау сложено горизонтально залегающими породами верхнего и среднего палеогена, перекрытыми маломощным чехлом четвертичных отложений. На поверхности плато — это элювиальные отложения, на склонах — делювиальные, а на денудационной равнине — педименте — делювиально-элювиальные. Палеогеновые отложения представлены легкоразмываемыми глинами, песками с гравием железистого песчаника, алевролитами, опоками и опокovidными глинами наурзумской, чиликтинской, чеганской и тасаранской свит. Отложения чеганской свиты выходят в нижней части склонов Кызьбельтау и формируют прилегающую к ним денудационную равнину — педимент (рис. 1). В днище Тургайской ложбины эти отложения размывы и четвертичные осадки ложатся непосредственно на залегающую стратиграфически ниже тасаранскую свиту. О податливости поверхностной толщи рельефообразующих пород разрушению можно судить по их допустимым неразмывающим скоростям (ДНС). По Б. П. Любимову (1973) ДНС песков — 0,30—0,55 м/сек, супесей — 0,65—0,75 м/сек, суглинков безвалунных — 0,55—1,0 м/сек, глин плотных — 1,0—1,5 м/сек.

Климатические условия района определяются его местоположением в подзоне сухих степей с резко континентальным климатом. По многолетним данным метеостанции «Наурзумский заповедник» среднегодовое количество осадков составляет 292 мм, а за период 1969—1975 гг. (время наблюдения за процессами плоскостного смыва) их количество изменялось от 197 до 313 мм. Основное количество осадков (от 60% до

80%) выпадает в теплый период года. Характерны ливневые дожди. Количество дней с ливнями за период наблюдений колебалось от 35 (1970 г.) до 55 (1971 г.) в год. Наибольшее количество дней с ливнями (до 16) приходится на июнь-июль. Общая продолжительность ливней от 2 до 22 час в месяц. Снежный покров сохраняется 120—160 дней. В многоснежные годы в подзоне сухих степей высота снежного покрова к моменту таяния не превышает 20 см, а запас воды в нем — до 80 мм. В малоснежные годы соответственно высота снежного покрова уменьшается до 5 см, а запас воды в нем — до 40 мм. Немаловажную роль в распределении снежного покрова на открытых пространствах степей играет ветер, скорости которого колеблются здесь от 2,5 до 36 м/сек.

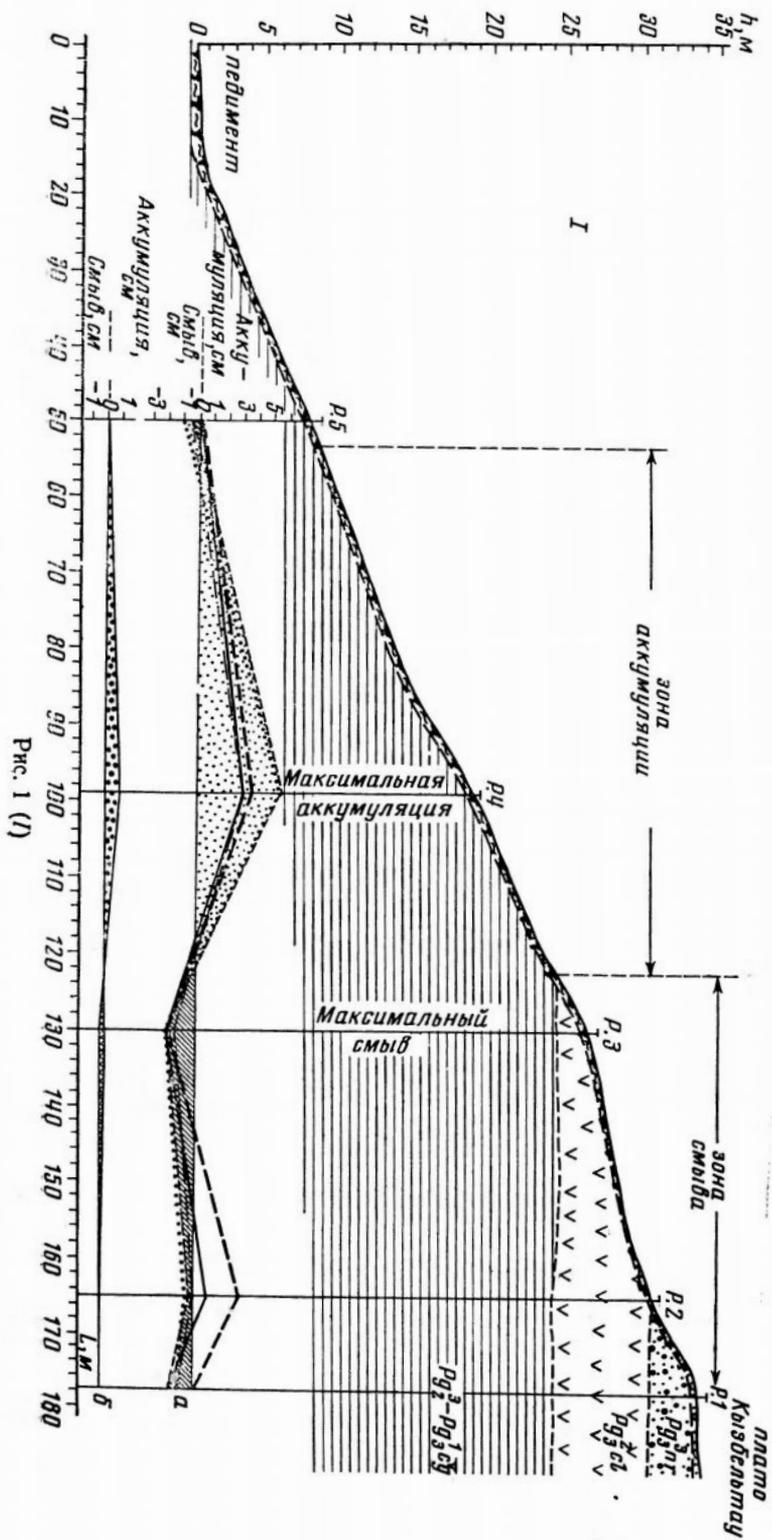
Условия континентального климата в совокупности с податливостью пород способствуют интенсивному развитию процессов физического выветривания, продукты которого удаляются с места их образования талыми и дождевыми водами.

Процессы плоскостного смыва на ключевом участке Кызбeltaу изучались нами по трем профилям, заложенным в 1969 г. на склонах северо-западной, юго-западной и юго-восточной экспозиций. На каждом профиле, от бровки до основания склона было установлено от 5 до 9 металлических реперов со шкалой для измерения. Измерения производились ежегодно в близкие сроки (июнь—июль). Результаты измерений брались как среднее арифметическое двух отсчетов по рейке, произведенных с верхней и нижней (по склону) ее сторон.

Для контроля трижды в период наблюдений (в 1970, 1972 и 1975 гг.) было произведено инструментальное профилирование склонов (теодолитом Т-30). Сопоставление результатов измерений высоты реперов двумя способами показало их хорошую сходимость, что позволяет считать метод отсчетов по градуированной рейке вполне репрезентативным для изучения процессов плоскостного смыва на склонах. Подобная методика изучения процессов плоскостного смыва неоднократно применялась рядом исследователей (Иверонова, 1959; Баян, Раменский, 1954; Мусохранов, 1976 и др.).

Как показали измерения, процессы плоскостного смыва во времени имеют сложный волнообразный характер проявления. Аналогичные выводы были получены исследованиями Я. Кэмпбела (Campbell, 1970) и З. А. Титовой (1974), произведенными по близкой методике. Они показали, что в процессе плоскостного смыва имеет место и временная аккумуляция смытого материала на отдельных участках склона. Это объясняется неодинаковыми скоростью и энергией водного потока на разных участках склонов, обусловленными различиями в форме, длине, крутизне, степени задернованности, составе и крупности поверхностных отложений и их инфильтрационных свойств, шероховатости соответствующих участков. Если сила потока достаточна не только для размыва поверхности склона, но и переноса смытого материала, то образуется зона сноса. В случае ослабления энергии потока под действием силы трения создаются благоприятные условия для аккумуляции смытого и переносимого материала и образуются зоны аккумуляции.

В таблице и на графиках (рис. 1, а, б) даны результаты шестилетних наблюдений, проведенных нами за процессами плоскостного смыва по трем профилям. Методика построения графика «а», показывающего динамику процесса плоскостного смыва по годам, сводилась к следующему. За исходный уровень, изображенный в виде горизонтальной линии, принят профиль склона 1969 года. От него откладывались данные по количеству смыва (соответственно аккумуляции) за каждый последующий год, измеряемые по шкалам реперов. Методика построения графика «б», показывающего величину среднегодового изменения склона за период наблюдений, такова: за исходный уровень, как и для графика «а», взят профиль склона в период заложения реперов (1969 г.). Отно-



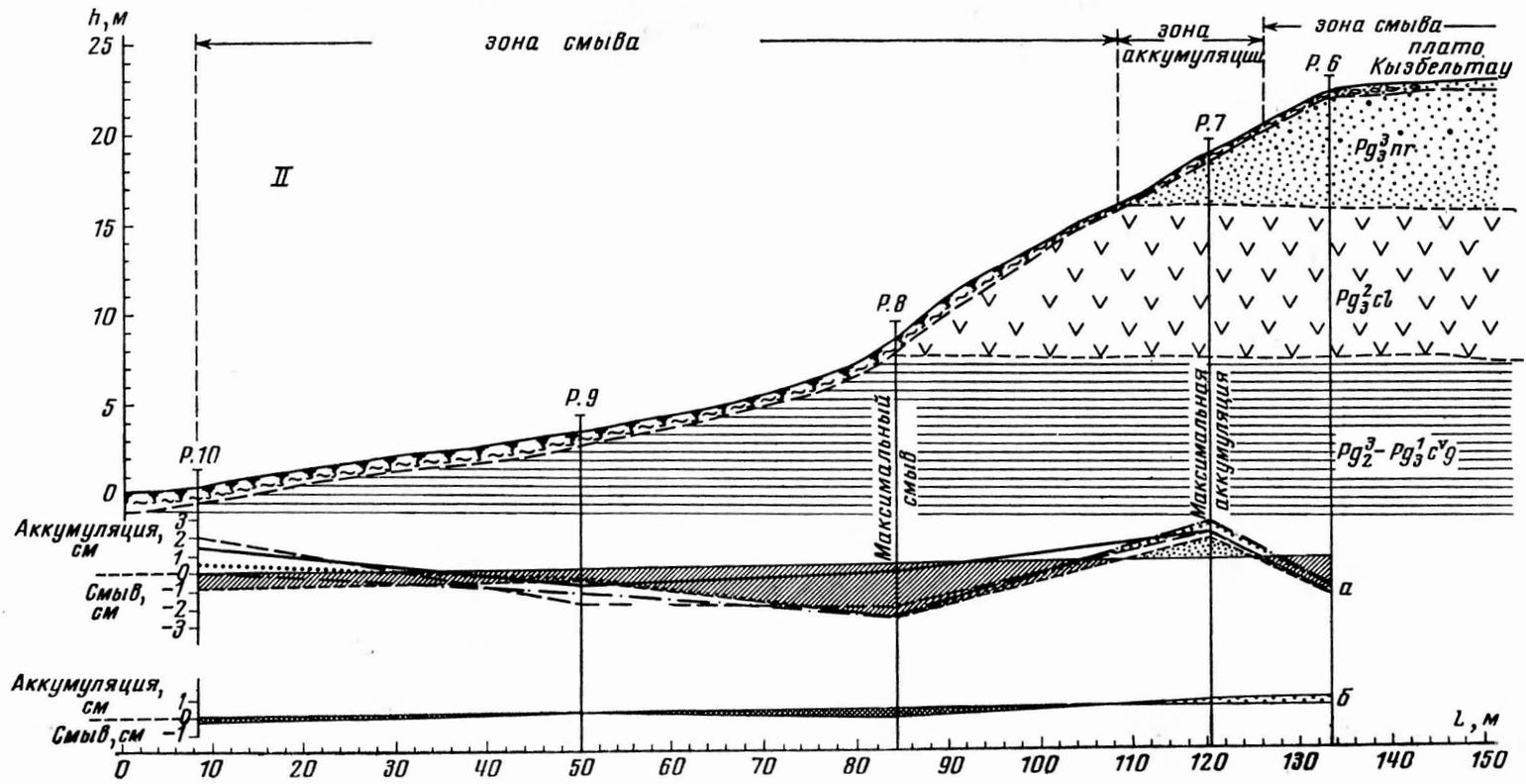


Рис. 1 (II)

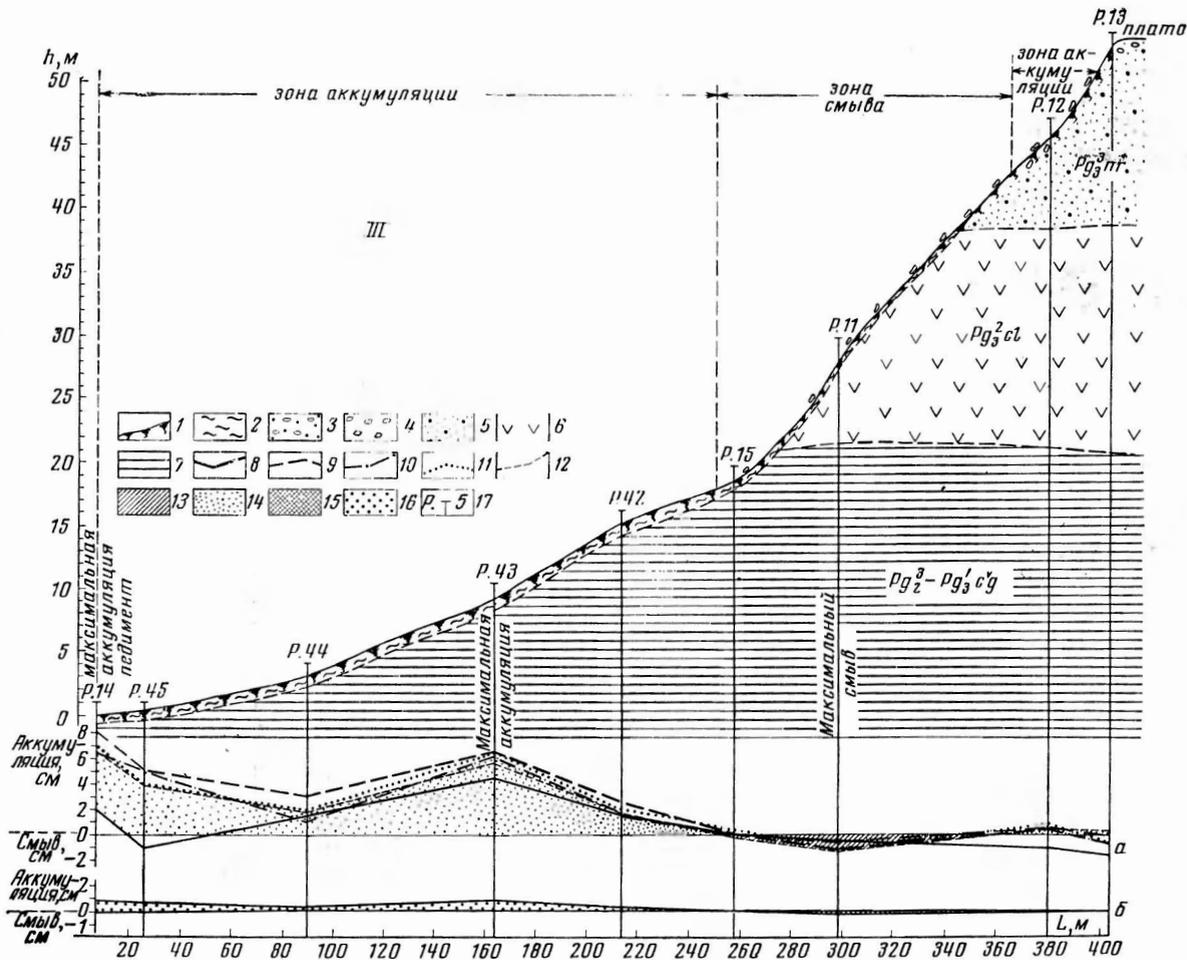


Рис. 1. Геолого-геоморфологические профили склонов плато Кызьбелтау и преобразование их процессами плоскостного смыва.

I — склон северо-западной экспозиции; II — склон юго-западной экспозиции; III — склон юго-восточной экспозиции. I — поверхность склона. Литология склоноформирующих пород: 2 — суглинки, 3 — песок с гравием и галькой, 4 — обломки железистого песчаника, 5 — разнозернистый песок, 6 — алевроиты, 7 — глины. График динамики процесса плоскостного смыва (а): 8 — за 1970 г., 9 — за 1972 г., 10 — за 1973 г., 11 — за 1974 г., 12 — за 1975 г., 13 — суммарная величина смыва за период наблюдений, 14 — суммарная величина аккумуляции за период наблюдений. График среднегодового изменения профиля склона по многолетним данным (б): 15 — смыв, 16 — аккумуляция; 17 — репера и их номера

Динамика процессов плоскостного смыва на склонах разной экспозиции плато Кыз-бeltaу

№№ профилей	№№ реперов	Экспозиция склона	Задернованность	Угол наклона	Длина склона, м	Величина смыва—аккумуляции, см					Суммарная величина смыва-аккумуляции за период наблюдений, см	Средне-годовая величина смыва-аккумуляции, см
						1969—70	1970—72	1972—73	1973—74	1974—75		
I	1	северо-западная	обнаженный	14°00'	28,5	-1,5	+1,5	+0,5	0	-0,5	0	0
	2			7°26'	33,0	+1,0	+2,0	-3,0	-0,5	+0,25	-0,25	-0,04
	3			12°46'	35,5	-2,0	0	+0,5	-0,5	0	-2,0	-0,33
	4			11°57'	51,5	+3,0	+0,5	-0,5	+2,5	0	+5,5	+0,92
	5					0	0	-0,5	-0,5	+0,5	-0,5	-0,08
Баланс рыхлого материала, перемещаемого по склону, см						+0,5	+4,0	-3,0	+1,0	+0,25	+2,75	+0,47
II	6	юго-западная	10%	14°38'	14,5	-2,0	0	+0,5	0	-0,5	-2,0	-0,33
	7			17°18'	37,5	+1,5	0	+0,5	0	-0,75	+1,25	+0,21
	8			8°30'	35,5	-0,5	-2,0	-0,5	0	0	-3,0	-0,5
	9			4°26'	45,0	-1,0	-1,0	+0,5	+1,0	-0,25	-0,75	-0,12
	10					+1,5	+0,5	-2,0	+0,5	-1,25	-0,75	-0,12
Баланс рыхлого материала, перемещаемого по склону, см						-0,5	-2,5	-1,0	+1,5	-2,75	-5,25	-0,86
III	13	юго-восточная	типчак, полынь, солероиды, 20%	13°34'	31,0	-1,5	+1,0	+0,5	-0,5	+1,0	+0,5	+0,08
	12			11°51'	56,0	-1,0	+1,5	0	+0,5	-0,5	+0,5	+0,08
	11			13°30'	46,0	-0,5	-0,5	+0,5	-0,5	-0,25	-1,25	-0,21
	15			4°08'	42,0	0	0	0	+0,5	-0,75	-0,25	-0,04
	42			7°02'	50,0	+1,5	+1,0	-1,0	+0,5	-0,25	+1,75	+0,29
	43			4°53'	74,0	+4,5	+2,0	-0,5	+0,5	-1,0	+5,5	+0,92
	44			2°17'	71,0	+1,5	+1,5	-2,0	+1,0	-0,25	+1,75	+0,29
	45			1°30'	18,0	-1,0	+6,0	0	-1,0	0	+4,0	+0,67
	14					+2,0	+6,0	-1,5	+0,5	-0,5	+6,5	+1,08
Баланс рыхлого материала, перемещаемого по склону, см						+5,5	+18,5	-4,0	+1,5	-2,5	+19,0	+3,16

Примечания: ←→ — означает смыв, ← — аккумуляция.

сительно этого уровня откладывались вычисленные для точек склона у реперов среднегодовые величины смыва и аккумуляции.

Профиль I заложен на склоне северо-западной экспозиции высотой 35 м (рис. 1, I). Мощность четвертичного делювия на вогнутых участках склона не превышает 4 м, на выпуклых участках — 1—2 м. Данные таблицы и графика «а» наглядно свидетельствуют о том, что в верхней части склона (от репера 1 до репера 3) образовалась зона смыва, хотя с 1969 г. по 1972 г. у репера 2 была зафиксирована значительная аккумуляция (до 3 см). В следующий период наблюдений (1972—73 гг.) был смыт весь отложенный материал, а зона аккумуляции сместилась на нижележащий участок склона с максимальной величиной у репера 4 (5,5 см за 6 лет), что составило в среднем за год 0,9 см. У репера 5 наблюдалась зона незначительного смыва — (0,5 см). Максимальным смывом (до 2 см) характеризуется выпуклая часть склона у репера 3.

Как видно из таблицы, на склоне с 1969 г. по 1972 г. преобладал процесс временной аккумуляции. Баланс вещества был положительным (+4,0 см). С 1972 г. по 1973 г. ситуация резко изменилась. На поверхности склона интенсивно протекали процессы плоскостного смыва, продукты которого откладывались за пределами склона, на нижележащем педименте. Баланс вещества оказался отрицательным (-3 см). В по-

следующие годы (1973—1975) снова было зафиксировано преобладание процессов аккумуляции.

В итоге можно констатировать, что за весь период наблюдений (1969—1975 гг.) имел место положительный баланс вещества, т. е. рыхлого материала отложилось примерно в два раза больше, чем было смыто. Вполне вероятно это произошло за счет отложения материала, принесенного талыми и атмосферными водами с прилегающей к бровке слабонаклонной поверхности плато. О возможности поступления такого материала свидетельствует распространение на склонах и прилегающей к ним поверхности педимента обломочного материала, образовавшегося на поверхности плато в результате разрушения денудационными процессами бронирующего горизонта железистого песчаника. Отложенный на склоне рыхлый материал временной аккумуляции в дальнейшем будет подвергаться смыву и перемещаться на более низкие уровни.

Профиль II расположен на склоне юго-западной экспозиции, высотой 26 м (рис. 1, II). Сложен он теми же породами, что и предыдущий. В отличие от профиля I (см. таблицу) здесь по всему склону, за исключением участка у репера 7, преобладал довольно значительный смыв до 3 см за 6 лет (репер 8), что составило в среднем 0,5 см в год. Во все годы наблюдений кроме 1973—1974 гг. баланс вещества был отрицательным. Мощность смытого слоя более чем в четыре раза превышает слой временной аккумуляции. Поверхность склона снижалась за год в среднем на 0,17 см.

Профиль III в отличие от других профилей расположен на склоне останца юго-восточной экспозиции (рис. 1, III). Этот останец, как и ряд других, образовался в результате параллельного отступления чинкового склона плато Кызбeltaу под действием процессов линейной эрозии, плоскостного смыва, осыпания и оползания. На склоне высотой 67 м четко выделяется более крутая верхняя часть (углы наклона до 13°) и более пологая нижняя (углы наклона от 4° до 2°). Точка перегиба находится у репера 15. Склоноформирующие породы на этом профиле те же, что и на двух предыдущих. Так же как и на профиле I наблюдается зона смыва в верхней его части и временной аккумуляции — в нижней (ниже репера 15).

Аккумуляция достигает здесь значительной величины. Максимальная аккумуляция за 6 лет была зафиксирована у репера 43 и равна 5,5 см. Анализ таблицы показывает, что в течение 6-летнего периода во всех наблюдаемых точках (реперах) происходит и смыв и аккумуляция. Так, например, у репера 43 с 1969 г. по 1972 г. происходила только аккумуляция, достигавшая величины 6,5 см. За 1972—73 гг. было снесено 0,5 см. В следующий год снова отложилось 0,5 см, и в 1974—75 гг. опять наблюдался смыв — до 1 см.

Таким образом, на участке склона у репера 43 был отложен слой мощностью 7 см, а смыто было всего лишь 1,5 см. У репера же 11, наоборот, преобладал смыв в течение 6 лет, и только в 1972—73 гг. была зафиксирована аккумуляция.

При сравнении трех профилей склонов наблюдаются различия в их форме: профили I и III ступенчатые, профиль II имеет выпукло-вогнутую форму, соответствующую согласно Л. Кингу (1967) активно развивающемуся склону. Об активности этого склона свидетельствует и хорошо выраженный за период наблюдений денудационный тип его развития. Характерно, что максимальная величина сноса приходится на вогнутый перегиб у подножия крутой части склона при переходе его к педименту. М. В. Пиотровский (1964) такой вогнутый перегиб называет зоной тылового забоя. Исследования В. А. Войлошиникова (1967), В. В. Никольской и др. (1964) показали, что это наиболее активная зона развивающегося денудационного склона. На профиле II активность зоны тылового забоя усугубляется литологией склоноформирующих по-

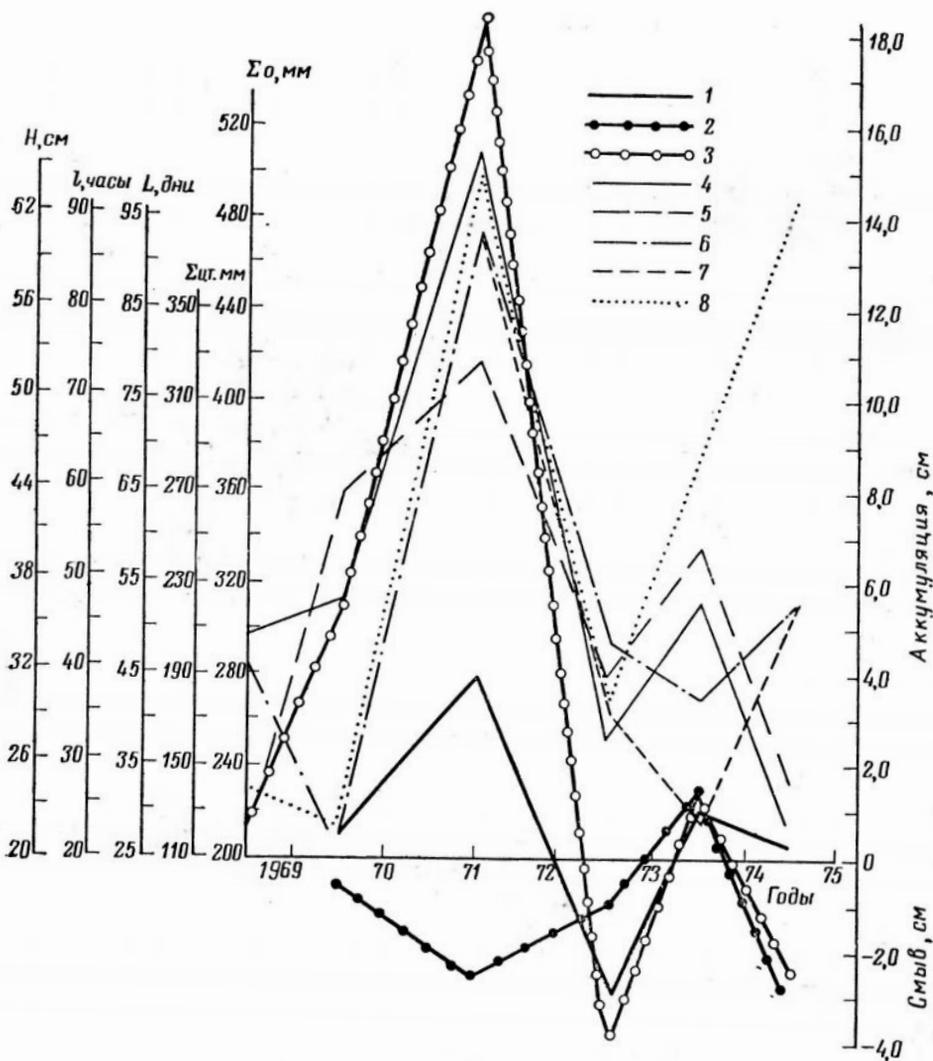


Рис. 2. График зависимости между интенсивностью процессов плоскостного смыва на склонах разной экспозиции и метеорологическими элементами.

Баланс рыхлого материала, перемещаемого по склонам: 1 — северо-западной экспозиции, 2 — юго-западной экспозиции, 3 — юго-восточной экспозиции. Кривые распределения основных метеорологических элементов за период наблюдений: 4 — годовое количество осадков (Σ_0 , мм), 5 — осадки теплого периода ($\Sigma_{0.т.}$, мм), 6 — количество дней с ливневыми дождями (L, дни), 7 — продолжительность ливневых дождей (l, час), 8 — высота снежного покрова к моменту таяния (H, см)

род, так как забой приурочен к контакту водопроницаемых алевроитов чиликтинской свиты и водоупорных чеганских глин. Выходы грунтовых вод способствуют здесь интенсивному сползанию грунта, тем самым увеличивая снос в зоне тылового забоя. Профили I и III по сравнению с профилем II находятся в иной стадии развития, что отразилось в их морфологии и более сложном ходе современного сноса и аккумуляции. Так на профиле III слабо выпуклая зона ниже репера 15 видимо обусловлена аккумуляцией, образованием делювиального конуса выноса.

Для определения влияния климатического фактора на интенсивность плоскостного смыва на склонах разной экспозиции был составлен совмещенный график (рис. 2), где даны кривые, характеризующие распределение основных метеорологических элементов и баланса перемещаемого рыхлого материала по годам. Обращает на себя внимание цикличность в распределении метеоданных и баланса перемещаемого рыхлого

материала, характеризующего интенсивность процесса плоскостного смыва. Выделяется четыре этапа, которые характеризуются резкими перегибами кривых. Так за период 1969—1972 гг. все метеорологические характеристики имеют тенденцию к возрастанию. За этот же период максимальными являются и величины аккумуляции на профилях склонов северо-западной и юго-восточной экспозиций. На профиле склона юго-западной экспозиции максимальной величины достигает смыв. Кажущееся на первый взгляд противоречие вероятно следует объяснить тем, что в первых двух случаях значительная аккумуляция в нижней части склона является косвенным признаком интенсивно протекающего процесса плоскостного смыва в его средней части и прилегающих участках плато при благоприятных климатических условиях данного отрезка времени. Водный поток оказался настолько перенасыщен рыхлым материалом, что был не в состоянии его целиком вынести на прилегающий к склону педимент. В результате произошла его разгрузка в пределах склона. Дальше чистый водный поток может снова производить смывные зоны аккумуляции, что и имеет место на профиле I у репера 5.

Следующий период (1972—1973 гг.), судя по графику, был менее увлажненным. Стекающая по склону вода производила смыв рыхлого материала, но так как поток не был им перенасыщен, то его энергии оказалось достаточно для полного выноса смытого материала за пределы склона.

Третий этап аналогичен первому, а четвертый — второму.

ВЫВОДЫ

1) Процессы плоскостного смыва на денудационных склонах аридной зоны (в частности плато Кызбeltaу), сложенных рыхлыми коренными породами, судя по данным многолетних (6 лет) наблюдений, протекают интенсивно под действием стока талых и ливневых вод.

2) Анализ ежегодных данных, полученных в нескольких точках склона показывает, что механизм процесса плоскостного смыва довольно сложный. Наряду со смывом на некоторых участках склона наблюдаются зоны временной аккумуляции, которые в дальнейшем смещаются вниз по склону. Все это свидетельствует о волнообразном, многоэтапном характере проявления процессов плоскостного смыва.

3) Анализ метеоданных показал, что интенсивность этого процесса в значительной степени определяется количеством стекающей по склону воды, его энергией, а также морфологическими особенностями самого склона.

4) Немаловажной причиной интенсивности процесса плоскостного смыва на аридно-денудационных склонах плато Кызбeltaу является большая податливость рыхлых пород смыву (незначительные ДНС — от 0,3 до 1,5 м/сек), подготовленных процессами физического выветривания в условиях резко континентального климата аридной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

- Баян Г. А., Раменский Л. Г. О простейших способах учета смыва почв и определения их защебенности. «Почвоведение», № 2, 1954.
- Войлошников В. А. Криогенное сползание грунтов в Приангарье. «Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока», № 14, Иркутск, 1967.
- Городецкая М. Е. О субширотной новейшей структуре Тургайского прогиба. «Геоморфология», № 4, 1975.
- Иверонова М. И. Движение поверхностного рыхлого материала на задернованных горных склонах в лесо-луго-степном поясе северного Тянь-Шаня. «Труды Института географии АН СССР», выпуск LXXV, 1959.
- Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР, м-б 1 : 2 500 000. Редакторы И. П. Герасимов и А. В. Сидоренко, Л., «Недра», 1972.
- Кинг Л. Морфология Земли. Изд-во «Прогресс», М., 1967.

- Любимов Б. П.* Методика региональной оценки размываемости поверхностных толщ горных пород для целей комплексного эрозийного районирования. В сб. «Оценка и картирование эрозийно-опасных и дефляционно-опасных земель». Изд-во МГУ, 1973.
- Мусохранов В. Е.* Методика изучения стока и смыва почв в полевых условиях Приобья Алтайского края. Тезисы докладов на второй Всесоюзной межвузовской конференции по проблеме «Закономерности проявления эрозийных и русловых процессов в различных природных условиях». Изд-во МГУ, 1976.
- Никольская В. В., Тимофеев Д. А., Чичагов В. П.* Зональные типы педиментов бассейна Амура. «Записки Забайкальского отдела географического общества СССР», вып. XXIV, Чита, 1964.
- Пиотровский М. В.* Проблемы формирования педиментов. В сб. «Проблемы поверхностей выравнивания». М., «Наука», 1964.
- Титова З. А.* Наблюдения над перемещением рыхлого материала под действием склонового стока в степном Забайкалье. В сб. «Региональная геоморфология Сибири и Дальнего Востока». Л., «Наука», 1969.
- Campbell J. A.* Micro-relief measurements on unvegetated shale slopes. «The professional geographer», n 4, 1970.

Институт географии
АН СССР

Поступила в редакцию
19.V.1976.

**QUANTITATIVE EVALUATION
OF THE SHEET WASH PROCESSES ON THE SLOPES
IN THE ARID ZONE OF TURGAI TROUGH**

A. E. KOZLOVA

Summary

On the basis of many-year data, obtained in the study of sheet wash processes at a key plot, situated in the arid zone, a quantitative evaluation is given of the intensity of washing processes on the slopes of different exposition. It is shown that the intensity of sheet wash is controlled by physical-geographical peculiarities of the arid zone and geological-geomorphological features of the slopes. It is revealed that a sheet wash process in space and time is of a complicated wave-like character — a temporal accumulation takes place during a washing process as well.

УДК 551.4.07 (571.66)

К. П. КРИВУЛИН, А. А. СВИТОЧ

**РАЗВИТИЕ НОВЕЙШЕЙ СТРУКТУРЫ
ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ**

Обширная Западно-Камчатская равнина соответствует крупному краевому прогибу, в пределах которого, по геологическим и геофизическим данным, выделяются следующие структуры: Тигильское поднятие, Паланская, Параспольская и Большерецкая впадины (Геология СССР, т. XXXI, 1964). Рассматриваемая часть территории Западно-Камчатской равнины ограничивается структурой Большерецкой впадины, которая вытянута вдоль Охотского моря от устья р. Озерной на юге до устья р. Морошечной на севере, где по резкому тектоническому контакту граничит со структурами Тигильского поднятия. На востоке впадина по серии глубоких нарушений сопрягается с Малкинским сводом Среднего Камчатского массива.