

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ДЕНУДАЦИОННОГО СНИЖЕНИЯ ГОР ПО ДАННЫМ О СТОКЕ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕК (на примере Тянь-Шаня, Памиро-Алая, Кавказа и Альп)¹

Горы подвергаются воздействию интенсивной механической денудации, часть продуктов которой, именуемая “местной”, переотлагается в виде аллювия, делювия, пролювия и других отложений и не выносятся за пределы горной области. Местная денудация приводит к общей планации рельефа, не меняя его среднюю высоту и объем материала внутри горной области. “Транзитная” часть наносов, удаляемая за пределы горной области реками (реже ледниками, селями, ветром), прямо зависит от интенсивности денудации в горной области. По ней можно судить об уменьшении объема материала, слагающего горы, и денудационном снижении их средней высоты [1].

Наиболее простой способ оценки темпов денудации базируется на данных о стоке наносов рек. В условиях глубоко расчлененного горного рельефа транзитный сток наносов рек составляет, как правило, сравнительно небольшую часть того количества материала, который сносится со склонов. Например, на Западном Кавказе для некоторых водосборов сток наносов не превышает 8–20% от общего количества рыхлого материала, перемещенного внутри бассейна [2]. Часть материала задерживается в конусах выноса горных оврагов и притоков основной реки, осыпных шлейфах, накапливается в днище речных долин – на поймах и собственно в руслах рек [3]. Вместе с тем следует отметить, что в горных областях доля выносимых реками за пределы речного водосбора наносов в общем объеме материала, участвующего в перемещении, является исключительно вариабельной, особенно по сравнению с бассейнами равнинных рек, где эта величина систематически остается невысокой.

Имеются некоторые количественные оценки долевого вклада различных экзогенных процессов в денудацию горных стран. Так, по данным наблюдений М.И. Ивероновой на Тянь-Шанской физико-географической станции в Киргизии, селевой снос является наиболее активным процессом денудации, а его вклад в денудационное снижение земной поверхности оценивается в среднем в 0.28 мм/год. Особенно больших размеров и мощностей сели достигают в перигляциальной зоне [4]. Вклад других экзогенных процессов (ледниковый транспорт в нивальной зоне, обваливание, осыпание, солифлюкция и дефлюкция в зоне хвойных лесов) в несколько раз меньше. По данным В.А. Хрисанова [2], в суммарных темпах денудации в пределах Северной Осетии, доминируют такие процессы, как селевые потоки (0.2 мм/год), ледниковый транспорт (0.17 мм/год) и лавины (0.11 мм/год), приуроченные к нивальной и альпийской зонам, а также зоне хвойных лесов (лавины и сели). На другие экзогенные процессы, по мнению этого автора, приходится менее 10% от общих темпов денудации. Исследования А.А. Ажигирова [5] позволили выявить, что ведущими процессами сноса в бассейне р. Бзугу являются эрозия на оголенных участках (20.7 мм/год), эрозия почв (0.7–2.1 мм/год), оползание (2.48 мм/год), химическая денудация (0.014 мм/год) и почвенно-грунтовый крип (0.02 мм/год). По данным А.А. Клюкина и Е.А. Толстых, линейная скорость денудации в известняках Горного Крыма изменяется от 0 до 10.6 мм/год [6]. Средняя интенсивность осыпания на Чаткальском хребте (Тянь-Шань), по В.Н. Голосову и А.В. Панину, достигает $1.5\text{--}2.0 \text{ кг/м}^2 \times \text{сут.}$ [7]. Согласно исследованиям Н.В. Хмелевой и Б.Ф. Шевченко, средняя многолетняя скорость осыпания в бас-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 11-05-00489 и № 11-05-00605).

сейнах рр. Гега и Жоеквара (Западный Кавказ) составляет $0.09 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год}$ [8]. Темпы смыва почв в бедлендах полупустынной зоны Южного Дагестана, по Г.А. Ларионову [9], достигают 5.3–6.8 мм/год, независимо от крутизны склона. В работе зарубежных авторов Г. Говерса и Дж. Пузена [10] показано, что за счет проявления тропинчатой эрозии на щебнистых склонах в горах Средиземноморского побережья Турции происходит среднегодовое смещение материала на 0.21–2.60 м, а в работе О. Корупа и других исследователей [11] оползни в хвойных лесах Ландвассерской долины приводят к общему снижению территории на 1 м за 8450 лет (среднегодовой снос составляет 0.12 мм/год). По результатам исследований Н. Матцуоки [12], проведенных в перигляциальной зоне Швейцарских Альп, величина поверхностных скоростей солифлюкции составила 1.3–3.4 см/год.

Таким образом, за денудационное снижение горных стран ответственны различные экзогенные процессы, интенсивность и геоморфологический эффект которых меняются в очень широких пределах. Продукты денудации частично поступают в речные системы и в последующем в форме транзитного стока наносов рек могут быть вынесены за пределы горных областей. В предлагаемой работе сделана попытка пространственной оценки темпов современной денудации в пределах Кавказа, Тянь-Шаня, Памиро-Алая и Альп на основе анализа данных наблюдений за стоком взвешенных наносов рек.

Кавказ, Альпы, Тянь-Шань и Памиро-Алай принадлежат к Европейско-Азиатскому (Альпийско-Гималайскому) горному поясу, пересекающему с запада на восток всю Евразию. Верхние высотные ярусы гор Кавказа, Альп, Тянь-Шаня и Памиро-Алая занимает молодой рельеф альпийского типа, сформировавшийся при участии гляциально-нивальных процессов в позднечетвертичную и современную эпохи. Характерная особенность рельефа Памиро-Алая и Тянь-Шаня – ярусность основных типов рельефа и широкое развитие поверхностей выравнивания. Большие высоты хребтов этих горных стран, сложность и расчлененность рельефа обуславливают значительные контрасты в температурах и степени увлажнения. В горных странах выделяются климатические высотные зоны – от знойных пустынь у подножий гор (Тянь-Шань, Памиро-Алай) и субтропических лесов (Кавказ, Альпы) до холодного климата снежно-ледяной зоны (Кавказ, Тянь-Шань, Памиро-Алай и Альпы). Наибольшее количество осадков выпадает в западных частях горных систем (преимущественно на склонах западной и юго-западной экспозиции), тогда как восточные склоны и лежащие за ними долины и плато находятся в дождевой тени [13].

Оценить минимальные темпы современной денудации исследуемых горных стран без учета переотложения наносов по пути их транспортировки со склонов в русла рек и далее в днищах речных долин выше измерительного створа позволяют данные стационарных гидрологических постов горных рек. Для суши Земли А.П. Дедковым и В.И. Мозжериным [14] была составлена база данных по стоку взвешенных наносов. В нее вошли различные характеристики рек и их бассейнов: название реки, пункт и период наблюдения, площадь и средняя абс. высота водосбора, модуль водного стока и стока взвешенных наносов, принадлежность бассейна к природной зоне, состав горных пород, слагающих поверхность водосбора, степень хозяйственного освоения речного бассейна. Период наблюдения на гидрологических постах (табл. 1), использованных в настоящей работе, изменяется от 1 до 50 лет, причем посты с малым (до 5 лет) и длительным (более 31 года) периодом встречаются значительно реже постов со средним по продолжительности периодом наблюдений (за исключением Тянь-Шаня). В базе данных около 90% всех речных бассейнов горных стран (табл. 2) имеют малые и средние размеры, около 10% – предельно малые (менее 50 км²) и большие (более 50000 км²) площади. На Памиро-Алае и Тянь-Шане более 60% водосборных бассейнов (табл. 3), а на Кавказе менее 40% и в Альпах менее 10% расположены в высокогорном поясе (средняя абс. высота более 2000 м). На Кавказе и в Альпах менее

Таблица 1

Распределение гидрологических постов по продолжительности наблюдений за стоком взвешенных наносов

Период наблюдений	Памиро-Алай		Тянь-Шань		Альпы		Кавказ		Всего
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
до 5 лет	7	9	23	14	7	13	24	11	61
от 6 до 10 лет	17	23	31	19	15	28	67	30	130
от 11 до 20 лет	17	23	42	26	7	13	82	36	148
от 21 до 30 лет	23	31	26	16	2	4	48	21	99
более 31 года	7	9	37	23	1	2	4	2	49
нет данных	3	4	–	–	21	40	–	–	24
Всего	74	100	159	100	53	100	225	100	511

Примечание. В таблицы 1–3 включены только те посты, данные по которым использованы в настоящей работе.

Таблица 2

Распределение речных бассейнов по площади

Площадь бассейна, км ²	Памиро-Алай		Тянь-Шань		Альпы		Кавказ		Всего
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
менее 50	2	3	1	1	6	11	7	3	16
50–2000	37	50	95	60	28	53	158	70	318
2000–50000	33	45	51	32	17	32	49	22	150
более 50000	2	3	12	8	2	4	11	5	27
Всего	74	100	159	100	53	100	225	100	511

Таблица 3

Распределение речных бассейнов по средней абсолютной высоте

Абс. высота, м	Памиро-Алай		Тянь-Шань		Альпы		Кавказ		Всего
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
более 2000	55	74	119	75	3	6	80	36	257
1000–2000	15	20	29	18	24	45	105	47	173
500–1000	2	3	11	7	14	26	30	13	57
менее 500	2	3	0	0	12	23	10	4	24
Всего	74	100	159	100	53	100	225	100	511

50%, а на Памиро-Алае и Тянь-Шане около 20% находятся в средневысотном поясе гор (1000–2000 м).

В качестве показателя интенсивности денудации применяется величина среднего годового слоя сноса пород с поверхности водосбора [14]. Расчет слоя годовичного сноса (h_c , мм/год) выполнен по формуле:

$$h_c = \frac{r}{\gamma} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где r – модуль стока взвешенных наносов (т/км²·год), γ – плотность коренных пород, слагающих речные водосборы, величина которого принята равной 2.65 т/м³ [15]. Если на одной реке имеются несколько гидрологических постов (включая посты на притоках), необходимо учесть, что пункт наблюдения, расположенный ниже по течению, включает в себя и сток наносов поста, расположенного выше по течению (или

притока). В таком случае делалась поправка на площадь, объем стока и модуль стока наносов для каждого бассейна и только потом рассчитывался слой годовичного сноса с той части водосбора, которая расположена между гидрологическими постами:

$$h_c = \frac{r_2 \cdot S_2 - r_1 \cdot S_1}{\gamma(S_2 - S_1)} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

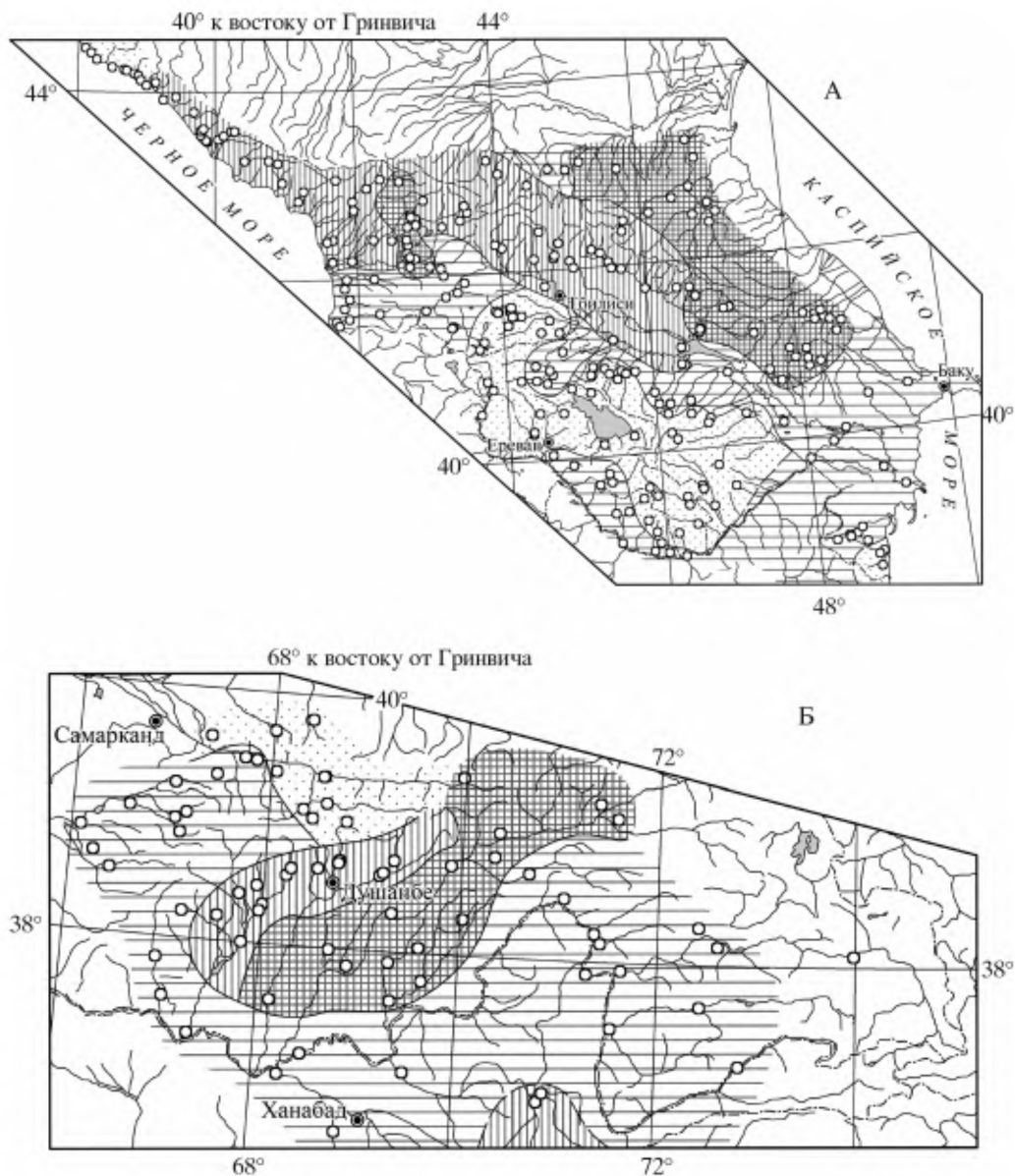
где r_1 , S_1 и r_2 , S_2 – модуль стока взвешенных наносов и площадь поверхностного водосбора (км^2) верхнего и нижнего поста соответственно.

Сток наносов складывается из двух составляющих – русловой, формирующейся за счет эрозии дна и берегов реки, и бассейновой, образованной действием различных агентов денудации на поверхности водосбора [16]. Очевидно, что за денудационное снижение поверхности гор (иными словами – поверхности междуречий) ответственна бассейновая составляющая стока наносов. Однако, ввиду сложности и высокой доли приближительности учета бассейновой составляющей, в настоящей работе расчленение стока наносов не проводилось. Кроме того, в расчетах не учитывалась доля влекомых наносов и растворенных веществ. Дело в том, что существующие методики определения расходов влекомых наносов горных рек недостаточно надежны, а на долю транзитной химической денудации в горах, как показывает опыт предшествующих работ [14, 17], приходится менее 20% суммарного выноса вещества. Кроме того, до сих пор не вполне ясной остается геоморфологическая роль химической денудации [18].

Наконец, из расчетов не были исключены реки с водохранилищами, которых довольно много в горных областях и которые способны “улавливать” колоссальные объемы речных наносов на путях их транспорта [19, 20 и др.], вследствие чего приводимые величины денудационного снижения несколько занижены. Подобная ситуация связана с рядом технических трудностей – отсутствием единой, достаточно простой и вместе с тем надежной, методики определения доли задерживаемых водохранилищами влекомых и особенно взвешенных наносов, отсутствием систематизированных сведений о крупных прудах и водохранилищах на горных реках, практической невозможностью сформировать репрезентативную по объему базу данных о стоке наносов рек, чей режим не изменен гидротехническими сооружениями.

Для всех гидрологических постов, координаты которых были определены с помощью геоинформационной онлайн системы Google Планета Земля и топографических карт м-ба 1:200000 и 1:100000, были рассчитаны величины слоя годовичного сноса. В программе MapInfo Professional на карты горных стран были нанесены пункты наблюдений и выделены области, отличающиеся относительным постоянством рассчитанных величин. Положение границ между областями устанавливалось по преобладающим высотам речных бассейнов.

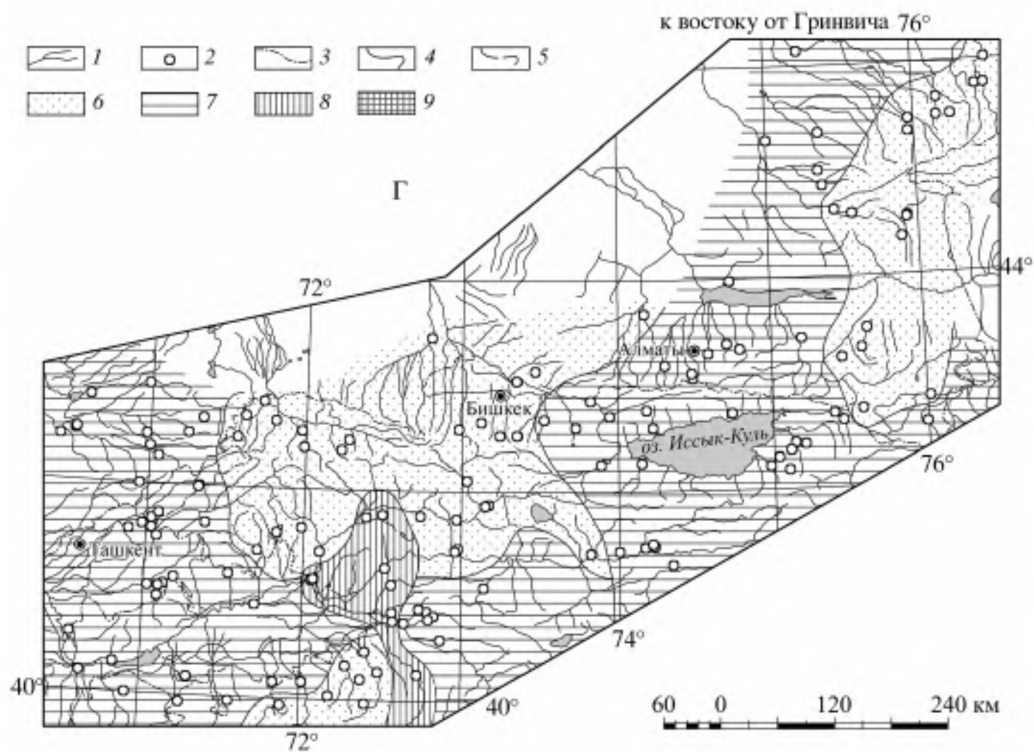
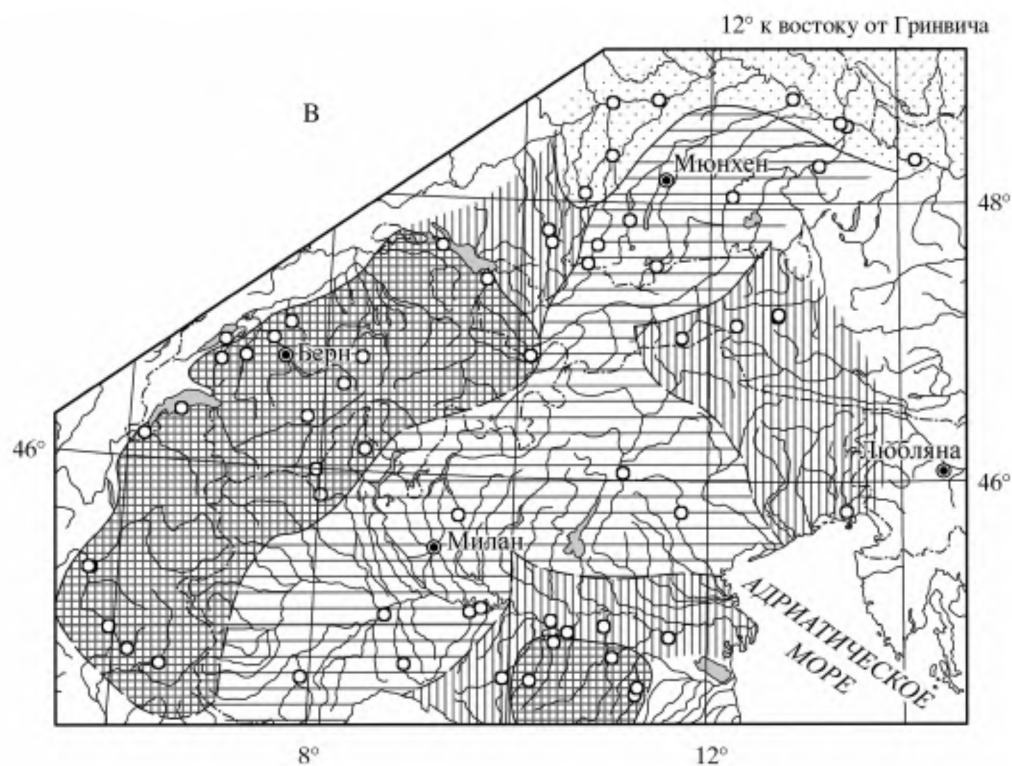
Детальный анализ карт слоя годовичного сноса в различных горных странах и прилегающих к ним территориях позволяет сделать следующие выводы. На Кавказе, Памиро-Алае и в Альпах (рис. А–В) темпы денудационного снижения изменяются от менее 0.005 мм/год до более 1.75 мм/год. На Тянь-Шане (рис. Г) интенсивность денудации не столь значительна, как в других горных странах (наибольшая величина слоя годовичного сноса не превышает 0.4 мм/год, наименьшая составляет 0.002 мм/год). Максимальные значения слоя годовичного сноса на Тянь-Шане, Памире и в Альпах приходятся на наиболее высокогорные участки, которые одновременно получают и максимальное количество осадков. Наименьшие темпы денудационного снижения в Альпах и на Тянь-Шане отмечены на территориях, сложенных магматическими и кристаллическими породами, а на Кавказе и Памиро-Алае – устойчивыми к разрушению вулканическими туфами и кремнистыми отложениями. На высотах более 4000 м, судя по стоку наносов рек, наблюдается наиболее интенсивная денудация на Тянь-Шане, Памиро-Алае и в Альпах. На территориях с наибольшим денудационным снижением преобладают сланцы в Альпах и смешанные породы – на Тянь-Шане, Памиро-Алае и Кавказе. Минимальный снос материала на Памиро-Алае приходится на участки с



Карты слоя годичного сноса на Кавказе (А), Памиро-Алае (Б), Альпах (В) и Тянь-Шане (Г), вычисленного по данным о стоке взвешенных наносов рек

1 – речная сеть; 2 – гидрологические посты, ведущие наблюдение за стоком взвешенных наносов; 3 – границы государств; границы областей, различающихся по величине слоя годичного смыва: 4 – надежные, 5 – предполагаемые; величина слоя годичного сноса, мм/год: 6 – <0.025 , 7 – $0.025-0.1$, 8 – $0.1-0.25$, 9 – >0.25

количеством атмосферных осадков около 100 мм, на Кавказе, Тянь-Шане и в Альпах – 300–600 мм. Однако следует учитывать, что данные о темпах денудации, полученные по стоку наносов рек, характеризуют минимальные значения темпов сноса материала ввиду недоучета многих составляющих процессов денудации. Более точные данные могут быть получены только при пространственном анализе распространения различных экзогенных процессов в бассейне реки и оценки суммарного объема перемещенного материала на основе сопоставления морфометрических параметров областей



Окончание рисунка

сноса и аккумуляции. Сюда можно отнести, например, анализ прироста овражных форм, лавинных лотков, отступления бровок обвальных стен, изменения объемов конусов выноса и шлейфов в днищах долин и т.п.

Полученные данные можно соотнести со скоростями тектонических поднятий. Так в Альпах тектоническое повышение достигает 7 мм/год, но в среднем составляет 2.6 мм/год [1], на Кавказе – 8.0–10.0 мм/год в высокогорной центральной части, 4–8 мм/год в предгорьях и менее 2 мм/год на межгорных равнинах [21]. В пределах области максимальной денудации Кавказа (2.32 мм/год) скорость вертикальных движений составляет 4 мм/год. Можно предположить, что и на Тянь-Шане и Памиро-Алае эндогенная составляющая развития рельефа превышает экзогенную. Этот вывод подтверждается данными об активной сейсмичности этих горных стран, а также проявлением новейших тектонических движений, особенно глыбовых, в развитии рельефа [4].

Во всех горных странах наблюдается закономерное усиление темпов денудационного снижения с увеличением высоты рельефа. Однако в отдельных горных системах и хребтах эта зависимость может нарушаться, и отклонения от нее в первую очередь обусловлены характером высотной зональности и неравномерным увлажнением гор на различной высоте. Наличие крутых и высоких склонов усиливает развитие гравитационных склоновых процессов, к тому же такие склоны нередко получают больше атмосферных осадков [13]. Яркий пример такого явления – склоны Большого и Малого Кавказа, где годовая сумма атмосферных осадков возрастает до 2000–2500 мм, а денудационное снижение – до 0.5 мм/год (соответствующие показатели в прилегающих предгорьях равны 800–1200 мм и 0.025–0.1 мм/год). Стоит упомянуть и о соотношении господствующего направления движения воздушных масс и ориентировке самих горных систем. Насыщенные влагой атлантические воздушные массы в виде западных воздушных течений, идущих на значительной высоте, достигают хребтов горных стран, где вследствие особенностей циркуляции атмосферы выпадает значительное количество осадков (в Альпах местами до 3000 мм/год), преимущественно на западных и северо-западных склонах (в среднегорных и высокогорных высотных зонах). На Тянь-Шане и Памиро-Алае из-за резкой континентальности климата, связанной с положением гор внутри материка на значительном удалении от Атлантического океана, количество осадков сокращается до 200 мм/год при движении на восток и, как следствие, снижаются темпы денудации (до 0.003 мм/год). На характер экзогенных процессов в горных странах влияет также экспозиция склонов. На южных склонах условия для накопления снега менее благоприятны, чем на северных; наветренные склоны отличаются от подветренных большей увлажненностью. Так, на южном склоне Кавказа число ледников и их площадь благодаря выдуванию снежной массы снежно-ветровыми потоками почти в три раза меньше, чем на северном, откуда часть этой массы в виде снежных лавин выносятся из хлюносферы в речные долины. Южные склоны, кроме того, обычно покрыты более пышной растительностью, что уменьшает возможность проявления здесь экзогенных процессов [13].

В зависимости от высотного положения, влияющего на температурный режим и количество осадков, преобладают разные типы выветривания. Так, в нивальной зоне горных стран из-за продолжительного морозного периода усиливается физическое выветривание, что приводит к усилению денудации. Как с ростом температуры, так и с увеличением слоя осадков в различных высотных поясах при наличии растворимых пород, повышается интенсивность химического выветривания, в значительной степени подготавливающего горные породы к их дальнейшему механическому перемещению. Значительную роль в этих процессах играет растительность. К примеру, на лишенных растительности горных вершинах Альп и Памиро-Алая наблюдаются максимальные темпы денудации, однако, на высотах 3000 м на задернованных склонах Малого Кавказа величина слоя годовичного сноса на порядок ниже. В горных лесах при определенных климатических условиях может развиваться разреженный травянистый покров, что способствует усилению некоторых экзогенных процессов, таких как со-

лифлюкция, дефлюкция и др. Существуют еще и разнонаправленные тектонические движения, которые повышают местные базисы эрозии в одних случаях и понижают в других, наращивая или сокращая темпы денудации. Особая роль принадлежит землетрясениям, способным вызвать кратковременное, но очень резкое усиление процессов механической денудации. Наблюдения показывают, что после землетрясения происходит единовременное понижение поверхности небольших бассейнов на величину от 0.6 до 1.8 мм [14]. Поэтому неслучайно, что в сходных ландшафтных условиях, сток наносов во всех сейсмически активных горах (в том числе и в Альпах, на Кавказе, Тянь-Шане и Памиро-Алае) значительно больше, чем в несейсмических. Особенно быстрое его возрастание происходит в горах, где зафиксированы землетрясения с магнитудой более 8 баллов [14].

В нивальной зоне роль антропогенного фактора ничтожно мала, но уже в альпийском поясе при перевыпасе домашнего скота его роль может стать весьма значимой. Исследования А.А. Ажигирова [5] показывают, что на Кавказе вклад эрозии почв может достигать половины от общего объема денудации (темпы денудации рассчитаны на примере бассейна р. Бзугу). Влияние человека в горах может сказываться по-разному. Например, распашка земель в одних случаях ведет к усилению эрозии, но в случае, террасирования склонов никакого усиления сноса не происходит. Однако когда распахиваемые земли в горах забрасываются или переводятся в пастбища, часто эрозия увеличивается вплоть до формирования бедлендов [22]. Таким образом, климатические условия, рельеф, растительность, состав и строение горных пород, деятельность человека на фоне постоянно действующей силы тяжести являются причиной неоднородного развития экзогенных процессов.

Полученные результаты дают самые общие представления о современных темпах денудации в изученных горных странах. Дальнейшие исследования будут направлены с одной стороны на уточнение пространственного распределения темпов денудации внутри горных стран, а с другой стороны – на количественную оценку долевого вклада различных экзогенных процессов в суммарную денудацию и соотношения продуктов местной и транзитной денудации. Решение второй задачи предполагает детальную работу по сбору данных о факторах денудации, оценке площадей распространения различных экзогенных процессов по космическим снимкам с полевой верификацией, оценке зон переотложения материала и их площадей, построению цифровой модели денудационных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мамина Л.Р.* О соотношении скоростей современной денудации и тектонических поднятий эпигеосинклинальных гор Евразии // Геоморфология. 2005. № 3. С. 98–101.
2. *Хрисанов В.А.* Масштабы современной денудации Кавказа (на примере Северной Осетии) // Геоморфология. 1979. № 4. С. 81–84.
3. *Габриелян Г.К.* Интенсивность денудации на Кавказе // Геоморфология. 1971. № 1. С. 22–27.
4. *Думитрашко Н.В.* Сравнительная интенсивность экзогенных рельефообразующих процессов Кавказа и Тянь-Шаня // Геоморфология. 1971. № 3. С. 52–56.
5. *Ажигиров А.А.* О роли различных денудационных процессов в развитии склонов на северо-западном Кавказе // Геоморфология. 1991. № 2. С. 46–51.
6. *Клюкин А.А., Толстых Е.А.* Методика и первые результаты стационарных наблюдений за скоростью денудации известняковых обрывов в горном Крыму // Геоморфология. 1973. № 4. С. 43–50.
7. *Голосов В.Н., Панин А.В.* Осыпные процессы на склонах оврагов в низкогорной зоне Западного Тянь-Шаня // Геоморфология. 1988. № 3. С. 46–50.
8. *Хмелева Н.В., Виноградова Н.Н., Самойлова А.А., Шевченко Б.Ф.* Бассейн горной реки и экзогенные процессы в его пределах (результаты стационарных исследований). М.: Изд-во МГУ, 2000. 186 с.

9. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993. 200 с.
10. Govers G., Poessen J. Field experiments on the transport of rock fragments by animal trampling on scree slopes // *Geomorphology*. 1998. V. 23. Iss. 2–4. P. 193–203.
11. Korup O., Densmore A.L., Schlunegger F. The role of landslides in mountain range evolution // *Geomorphology*. 2010. V. 120. Iss. 1–2. P. 77–90.
12. Matsuoka N. Solifluction rates, processes and landforms: a global review // *Earth-Science Reviews*. 2001. V. 55. Iss. 1–2. P. 107–134.
13. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. М.: Мысль, 1978. 572 с.
14. Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во КазГУ, 1984. 264 с.
15. Мозжерин В.И., Мозжерин В.В. Мировой сток взвешенных наносов: его геоморфологическая и геоэкологическая интерпретация // *Геоморфология*. 2011. № 1. С. 13–24.
16. Дедков А.П., Гусаров А.В., Мозжерин В.В. Две системы эрозии в речных бассейнах равнин Земли и их взаимная трансформация (часть I) // *Геоморфология*. 2008. № 4. С. 3–16.
17. Кочетов Н.И. К сравнительной оценке темпа современной денудации Большого Кавказа по стоку рек // *Геоморфология*. 1985. № 3. С. 12–17.
18. Мозжерин В.И., Шарифуллин А.Н. Химическая денудация гумидных равнин умеренного пояса. Казань: Изд-во КазГУ, 1988. 196 с.
19. Экология эрозионно-русловых систем России / Р.С. Чалов. М.: Изд-во МГУ, 2002. 164 с.
20. Беркович К.М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. М.: Изд-во МГУ, 2012. 164 с.
21. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М-б 1:10000000 / Ю.А. Мещеряков. М.: ГУГК при Совмине СССР, 1971.
22. Голосов В.Н., Дела Сета М., Ажигиров А.А. и др. Влияние антропогенной деятельности на интенсивность экзогенных процессов в низогорьях субтропического пояса // *Геоморфология*. 2012. № 2. С. 7–18.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Поступила в редакцию
01.08.2012

ESTIMATION OF CURRENT DENUDATION RATE OF THE MOUNTAINS BASED ON THE SUSPENDED SEDIMENT RUNOFF OF THE RIVERS (the Tien Shan, the Pamir-Alai, the Caucasus, and the Alps as an example)

V.V. MOZZHERIN, A.G. SHARIFULLIN

Summary

Annual denudation rates were calculated using data on the suspended sediments runoff module of the rivers. These rates vary widely: from less than 0.005 to more than 1.75 mm/year in the Caucasus, Pamir-Alai and Alps; from 0.002 to 0.4 mm/year in the Tien Shan. The most significant factors of denudation cutting of the mountains are topography, climate and composition of rocks. The maximum rates of denudation (more than 1 mm/year) occur in the highest and most humid parts of the mountains (Western Alps, Western Caucasus, etc.). The minimum values of annual denudation rate (less than 0.1 mm/year) are observed on the lower mountain slopes with little rainfall and with resistant to denudation sediments (eastern slopes of the Lesser Caucasus, the interior of the Tien Shan, etc.). Vegetation and human activities can both enhance and suppress exogenous processes and thus the denudation rate. In all these mountains tectonic uplift prevails over the denudation.