

© 2012 г. В.Н. ГОЛОСОВ, М. ДЕЛА СЕТА, А.А. АЖИГИРОВ, Ю.С. КУЗНЕЦОВА,
М. ДЕЛЬ МОНТЕ, П. ФРЕДИ, Е. ЛУПИЯ ПАЛЬМИЕРИ, Т.М. ГРИГОРЬЕВА

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОГОРЬЯХ СУБТРОПИЧЕСКОГО ПОЯСА

Введение

Низкогорья субтропической зоны являются одним из наиболее густонаселенных регионов Земли в силу комфортных условий проживания. Особенности геологического строения, рельефа и климатические характеристики данных территорий даже в естественных условиях способствуют развитию экзогенных процессов. Активная и разная по продолжительности антропогенная деятельность вызывает существенный рост интенсивности некоторых из этих процессов.

Постепенно накапливается банк данных об интенсивности основных экзогенных процессов по данным наблюдений на Кавказе [1–5], в Средней Азии [6–8] и других регионах [9–17], а также делаются попытки оценить их вклад в формирование стока наносов рек низкогорного пояса субтропической зоны [1, 13–17]. Одновременно выявляется влияние деятельности человека на интенсификацию процессов денудации. Это особенно важно для разработки оптимальных мероприятий по снижению негативного воздействия регулярно формирующихся в низкогорном поясе наводнений, приводящих к огромному материальному ущербу и человеческим жертвам.

В статье приводятся результаты наблюдений за интенсивностью ведущих экзогенных процессов, проводившиеся на трех ключевых объектах в низкогорных поясах влажных и сухих субтропиков Евразии, и оценивается влияние антропогенной деятельности на их усиление.

Объекты исследований и история их освоения

В качестве объектов исследования выбраны бассейны малых рек, протекающих в различных частях субтропического пояса Евразии (рис. 1). Продолжительность и степень антропогенного воздействия на исследованные речные бассейны различны и наряду с особенностями литологии пород, слагающих склоны, и климатическими характеристиками способствуют развитию индивидуального набора ведущих процессов денудации.

Бассейны рек Омброне и Тивере располагаются в центральной части Италии между городами Сиеной и Римом недалеко от побережья Тирренского моря (рис. 1). Это территория с сухим субтропическим климатом: сравнительно холодной зимой и жарким летом (табл. 1). Абсолютные высоты не превышают 1000 м. Литологический состав преимущественно осадочных пород морского происхождения (табл. 2), слабо устойчивых к процессам выветривания в условиях данного климата, способствует ускоренной денудации. В ненарушенных антропогенной деятельностью условиях на крутых, подмываемых склонах доминируют обвалы, осыпи и оползни, а на участках более пологих склонов – солифлюкция и крип. Темпы эрозионных процессов на склонах усиливались по мере освоения территории человеком. Начиная с неолита, в данной местности стало возрастать число пожаров, связанных с расселением человека [16]. Постоянно растущая численность населения привела к постепенному сведению лесов (примерно 2000 лет до н.э.) и интенсификации основных экзогенных процессов. Распашка склоновых земель способствовала резкому усилению склонового смыва, а также развитию овражной эрозии и гравитационных процессов на бортах оврагов.

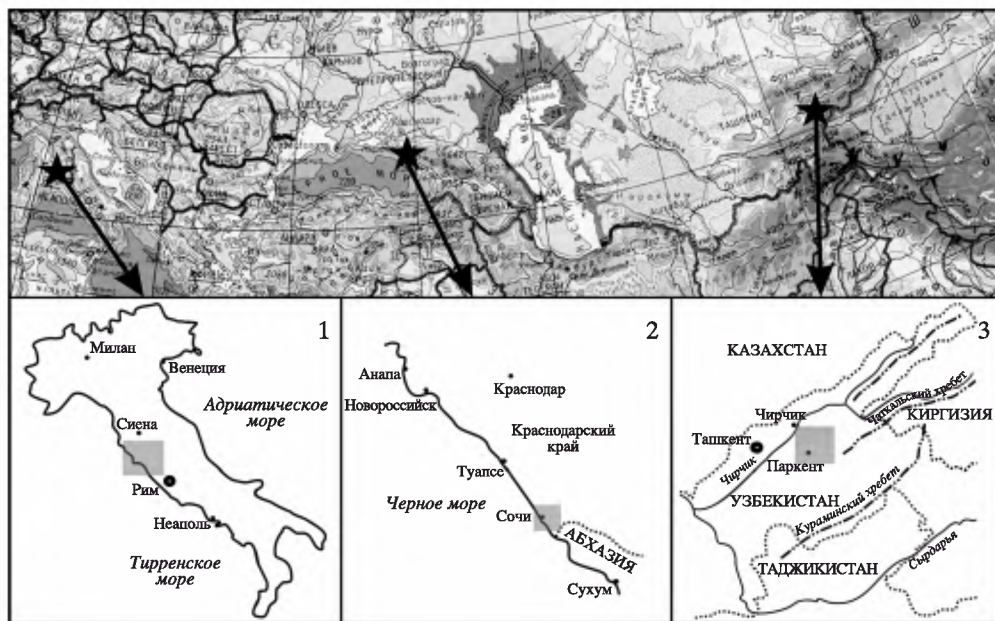


Рис. 1. Местоположение районов исследований

Бассейны рек: 1 – Омброне и Тивере (Центральные Аппенины), 2 – Бзугу (Черноморское побережье Западного Кавказа), 3 – Сукок-сай и Таваших-сай (низкогорная часть Чаткальского хребта, Западный Тянь-Шань)

Массовый перевод пахотных земель в пастбища во второй половине XIX в. привел к образованию обширных участков бедлендов. Формирование бедлендов в зависимости от морфологии склонов проходило по-разному, что позволяет выделить два типа бедлендов, получивших название “каланки” и “бянконе”.

Развитие бедлендов “каланки” наблюдается в пределах распространения глинистых пород, причем их формирование происходит на достаточно крутых склонах. В случаях, если в привершинной части склонов, на которых формируются бедленды “каланки”, имеются горизонты песчаников и конгломератов, более устойчивых к выветриванию в данных климатических условиях, происходит практически параллельное отступление склона. При отсутствии подобной “шапки” по мере разрушения склон постепенно выполаживается. Бедленды “бянконе”, которые также формируются на участках выходов на поверхность глинистых пород, распространены на плоских приводораздельных участках и на выровненных участках склонов, соседствующих с речными долинами. Гораздо более интенсивно бедленды формируются на склонах “теплых” (южная и западная) экспозиций, где условия для развития растительности менее благоприятны.

Бассейны рек Бзугу и Гнилушки находятся на Черноморском побережье Западного Кавказа в центральной части Большого Сочи (рис. 1) в зоне влажных субтропиков с относительно прохладной зимой и жарким летом (табл. 1). Здесь доминируют флишевые толщи, представленные чередованием алевролитов, аргиллитов и мергелей при подчиненной доле песчаников, сланцев и известняков. Все эти породы достаточно неустойчивы, быстро разрушаются процессами выветривания (особенно в агрессивной среде влажных субтропиков Черноморского побережья). Сильно дислоцированные коренные породы обнажаются на склонах гор и в обрывах береговой зоны, неглубоко залегают под чехлом элювиальных, делювиальных, пролювиальных, аллювиальных и морских отложений. Подобное геологическое строение способствует широкому развитию на склонах оползневых процессов и крипа. Процессы водной эрозии, суффозии и

Таблица 1

Некоторые климатические характеристики исследованных территорий

Метеопараметры		Реки		
		Тевере и Омбрене	Бзугу и Цанык	Сукок-сай и Таваших-сай
Количество осадков, мм	среднегодовое	700–900	1500–1600	700–800
	максимальное годовое	1490	~2000	1250
	минимальное годовое	446	~1100	325
Температура, град. С	среднегодовая	12.5	12–13	10.4
	минимальная среднемесячная	4.6	4.5	3.3
	максимальная среднемесячная	23.3	23.3	26.8

Таблица 2

Обобщенная характеристика геологического строения и рельефа исследованных объектов

Бассейн рек	Высоты, м		Слагающие склоны породы	Основные процессы денудации склонов
	абсолютные	относительные		
Тевере и Омбрене	500–1000	200–300	Глины, пески, конгломераты, местами магматические породы	Плоскостная и линейная эрозия, оползни, суффозия, крип
Бзугу и Гнилушка	300–600	150–250	Чередование алевролитов, аргиллитов и мергелей при подчиненной доле песчаников, сланцев и известняков	Оползни, крип, местами суффозия, плоскостной смыв и линейная эрозия
Сукок-сай и Таваших-сай	1100–1500	100–200	Лёссы и лёссовидные суглинки	Делювиальный смыв, овражная эрозия, осыпные процессы, крип

карст имеют в естественных условиях подчиненное положение, также как и обвальнo-осыпные процессы, активно развивающиеся на участках подмыва реками коренных берегов.

Несмотря на достаточно длительную историю заселения Черноморского побережья в районе г. Сочи, насчитывающую несколько тысяч лет, существенного воздействия человека на окружающую среду не наблюдалось вплоть до середины XIX в. С начала XX в. началось интенсивное освоение побережья с постепенным удалением от моря по речным долинам. В долине р. Бзугу и ее притока р. Цанык на месте частично сведенных лесов появились сады плодовых деревьев и виноградники, что привело к усилению склонового смыва. Строительство автодорог способствовало активизации оползневых и обвальнo-осыпных процессов [1, 2, 5], а местами формированию бедлендов.

Бассейны рек Сукок-сай и Таваших-сай расположены на западных отрогах Чаткальского хребта Тянь-Шаня в пределах низкогорного пояса (рис. 1). Территория характеризуется оптимальными для Средней Азии климатическими условиями благодаря прохладной зиме и умеренно жаркому лету при достаточном увлажнении (табл. 1). Водосборы рек Сукок-сай и Таваших-сай площадью 40 и 45 км² соответственно име-

ют асимметричные долины с крутым практически отвесным левым бортом и относительно пологим правым бортом, прорезаемым долинами постоянных и временных водотоков. Мощный чехол лёссов и лёссовидных суглинков перекрывающий толщу осадочных и магматических пород (известняков, гранитов и т.д.), способствует в ненарушенных условиях формированию коричневых почв с высоким проективным покрытием травянистой растительностью. При отсутствии антропогенной нагрузки денудация наиболее активна на крутых бортах долин, где развиты обвальнo-осыпные процессы на скальных породах, и на подмываемых бортах горных оврагов. На более пологих склонах междуречий доминируют крип и эоловая аккумуляция. Основными поставщиками наносов в днище речной долины являются осыпные склоны, формирующиеся на участках подмыва рекой бортов долины. Антропогенная нагрузка на склоны междуречий постепенно нарастала по мере роста населения с начала XX в. и выражалась в разрушении растительного покрова на склонах бассейна р. Таваших-сай из-за перевыпаса скота. В результате резко возросли темпы плоскостной и линейной эрозии, что во многих случаях привело к формированию участков, развивающихся по типу бедлендов. Выпас скота в бассейне р. Сукок-сай был запрещен, значительная часть склонов была террасирована, а часть облесена. На террасах выращивались плодовые деревья. К существенному усилению темпов денудации междуречных склонов это не привело.

Методика исследований

Оценка интенсивности денудации в Центральной Италии проводилась по двум направлениям. Для определения суммарной денудации в речном бассейне использовалось разработанное ранее уравнение [12, 17]:

$$\log Tu = 1.060 + 2.797 \log D + 0.140 \Delta a, \text{ если } D \geq 6,$$

$$\log Tu = 1.448 + 0.326 D + 0.103 \Delta a, \text{ если } D < 6,$$

где Tu – сток наносов реки; D – плотность речной сети по Хортону,

$$\Delta a = Ga/N,$$

где Ga – минимальное число водотоков первого порядка по Страллеру, необходимое для создания идеальной иерархической речной сети, N – число водотоков первого порядка по Страллеру, имеющиеся в речной сети исследуемого речного бассейна.

Ранее была показана хорошая корреляционная связь между измеренным стоком наносов рек в Италии и стоком наносов, полученным при использовании представленной выше зависимости [10].

Полевые мониторинговые наблюдения были организованы в пределах участков бедлендов, так как именно здесь отмечаются максимальные темпы перераспределения материала. Комплексная денудация осуществляется комбинацией различных экзогенных процессов, включая капельную, плоскостную и линейную эрозию, суффозию, а также оползни-сплывы и крип. Выделить индивидуальный вклад каждого из процессов достаточно сложно. Для количественной оценки темпов денудации и аккумуляции использовались металлические стержни диаметром 1 см² и длиной не менее 120 см. Большая длина стержней необходима для того, чтобы они не были смещены при возможном формировании сплывов, а также с целью избежать их фиксации на участке, где присутствуют суффозионные каналы, возможное разрушение которых также способно привести к потере репера. Особенности образования микропирамид на участках бедлендов “бьянконе” исследовались с помощью фиксации на относительно горизонтальной поверхности металлических дисков диаметром 2–2.5 см. Регулярный мониторинг денудации бедлендов проводился в течение 10–15 лет параллельно с измерениями слоя осадков на метеостанциях, специально установленных рядом с объектами. Вклад суффозии в денудацию бедлендов не был количественно оценен, но на

основании регулярных наблюдений удалось на качественном уровне сопоставить их роль в формировании бедлендов по типам “каланки” и “бянконе”.

Наблюдения на склонах бассейнов рек **Чаткальского хребта** охватывали комплекс экзогенных процессов. Для выявления темпов эрозионных процессов на склонах использовался метод шпилек. Стальные шпильки длиной 20–30 см и диаметром 4 мм забивались под уровень грунта по профилям, расположенным перпендикулярно падению склона. Всего на различных элементах рельефа склонов западной и восточной экспозиций было установлено 600 шпилек. Дополнительно использовался метод замеров водороев [18]. При этом предполагалось, что интенсивный смыв происходил в течение порядка 50 лет.

Для исследования интенсивности овражной эрозии использовались методы повторных фототеодолитных и тахеометрических съемок [19, 20]. Кроме того, для оценки темпов регрессивного отступления уступов оврагов применялся метод реперов. Два репера размещались по обоим сторонам от вершины оврага, а два других – на некотором удалении от вершины вверх по склону. Измерялись расстояния между всеми реперами и от каждого репера до вершины оврага, а также до бровки ближайшего к реперу борта оврага. Выяснение скоростей врезания оврагов производилось методом шпилек. Металлические шпильки заглублялись в грунт в тальвеге оврагов на равном расстоянии друг от друга. Дополнительно для определения транспортирующей способности временных потоков, формирующихся в оврагах, использовался метод окрашенных обломков. Обломки скальных пород различной крупности укладывались в линию поперек днища на нескольких участках с расстоянием между участками 5 м. Положение каждого поперечника фиксировалось с помощью реперов. Все обломки маркировались масляной краской. Смещение обломков определялось с помощью рулетки с точностью до 5 см.

Интенсивность осыпных процессов изучалась методом ловушек. У подножий типичных осыпных стенок устанавливались ловушки, представляющие собой проволочный каркас в форме четырехугольной призмы, по основанию и трем сторонам которого натягивалась полиэтиленовая пленка [21]. Для полноты попадания частиц в ловушку использовались боковые экраны-отражатели. Объем осыпавшегося материала устанавливался весовым методом. Регулярно измерялись температура воздуха в приземном слое и температура почвы на глубинах 0, 5, 10 и 20 см. Ход температуры воздуха в ночные часы определялся по ленте термографа, минимальному и максимальному термометрам.

Метод Янга [22] применялся для оценки темпов крипа. Его суть состоит в определении величины перемещения заточенных на конус металлических стержней, помещенных в рыхлый чехол, относительно неподвижных реперов, забитых в подстилающие коренные породы. Стержни полностью, за исключением вершины конуса погружаются в грунт вертикальной стенки шурфа. Вершины конусов закрываются колпачками с солидолом для предотвращения возможного развития ржавчины, а затем плотной полиэтиленовой пленкой закрывается полоса на стенке шурфа с конусами. Также предохраняются от ржавчины конуса опорных реперов в основании разреза. После проведения измерений разрез аккуратно закапывается. Повторные измерения могут проводиться с любым интервалом времени от одного года до десятков лет.

Этот же метод использовался при изучении темпов крипа на склонах **бассейна р. Бзугу**. Кроме того, на данной территории проводились регулярные повторные микро nivelировки для замеров изменения конфигурации участка русла промоин, сформировавшихся на залесенном склоне. Метод фиксированных реперов применялся для изучения размеров суффозионных воронок и каналов; на участке бедленда темпы плоскостной и линейной эрозии исследовались методом шпилек. Темпы эрозии под многолетними насаждениями и на пашне оценивались путем автоматического измерения расходов воды и наносов [22]. Площади распространения различных экзогенных

процессов в бассейне р. Бзугу были установлены путем создания карты морфодинамических процессов по результатам детального обследования территории.

Результаты и их обсуждение

Формирование и последующая денудация различных типов бедлендов в Центральной Италии обусловлены прежде всего различиями в рельефе. Усредненные для всех точек наблюдения темпы сноса материала на участках бедлендов составляют 4.5–6.0 см/год (без учета вклада суффозионных процессов). Однако в зависимости от типа бедленда, а также от стадии его развития и морфологических особенностей величины интенсивности эрозии и аккумуляции варьируют в значительных пределах на различных элементах склонов бедлендов (табл. 3). На склонах бедлендов “бянконе” преобладают процессы эрозии. Причем если в верхней части склона интенсивности эрозии на межручейковых пространствах и в днищах борозд достаточно сопоставимы, то в нижней части склона борозды служат в основном для транзита материала, а темпы эрозии на межручейковых пространствах сохраняются неизменными (табл. 3). Характерно, что аккумуляция наблюдается только у подножий склонов. Суффозионные каналы обычно невелики по своим размерам, однако, именно их регулярное обрушение в процессе роста очевидно “создает” новые русла борозд, особенно в нижней части склонов. В противном случае, при измеренных соотношениях темпов эрозии на межручейковых пространствах и в днищах борозд в нижней части склона ввиду интенсивной аккумуляции эрозионные формы должны исчезнуть.

Процессы разрушения на бедлендах “каланки” за счет собственно эрозионных процессов на поверхности склона протекают более медленно. Здесь очень велика роль суффозионных каналов, которые часто достигают нескольких десятков сантиметров в диаметре [15]. Их обрушение провоцирует сплывы и грязевые потоки. При этом далеко не весь материал сразу выносится за пределы склона. Часть его аккумулируется, а переносится ниже по склону при следующем случае формирования стока. Результаты

Таблица 3

Среднегодовые темпы эрозии и аккумуляции на элементах склонов бедлендов различного типа

Бедленд “каланки”			Бедленд “бянконе”		
Участок	Темпы эрозии, см/год	Темпы аккумуляции, см/год	Участок	Темпы эрозии, см/год	Темпы аккумуляции, см/год
“Каланки” с “шапкой” устойчивых к выветриванию пород			Нижняя часть склона		
Межручейковые пространства	1–4.5	1–9	Межручейковые пространства	1.5–7.7	0
Днища оврагов	6	0	Днища борозд	1	0
Уступ верхней части склона	0–1	0	Подножия склонов	0	0.1–3.8
“Каланки” без “шапкой” устойчивых к выветриванию пород			Общее отступление склон а. (горизонтальная плоскость)	5.5–7.7	0
Межручейковые пространства	1–3	1–11	Верхняя часть склона		
Днища оврагов	1–1.2	0	Межручейковые пространства	2.5–6	0
			Днища борозд	5.5–7	0

наблюдений показывают, что только в днищах оврагов практически не происходит переотложения материала (табл. 3), что очевидно связано с большими уклонами их русел и высокой энергией формирующихся в них потоков.

Обычно эрозионные процессы на бедлендах происходят в том случае, если суммарное количество осадков превышает 60–70 мм за один дождь. Причем это может быть дождь низкой интенсивности с небольшими перерывами продолжающийся в течение 4–5 дней. Наиболее четко коррелируются расчетные величины стока наносов рек в исследуемых бассейнах с относительной величиной бедлендов, выраженной в процентах от общей площади бассейна (рис. 2). Это однозначно указывает на то, что именно бедленды являются важнейшими источниками снабжения наносами рек и участками наиболее интенсивной денудации склонов.

Наиболее значительный вклад в суммарную денудацию междуречных склонов в бассейне р. Таваших-сай вносят эрозионные процессы. Максимальные темпы эрозии в бассейне этой реки отмечаются на склонах западных экспозиций. Ввиду полного отсутствия растительности и густой сети линейных врезов эти склоны развиваются по типу бедлендов. Наиболее интенсивно эродируются выпуклые участки перегибов склона, где темпы сноса материала составляют 3–4 см/год, тогда как на остальной части склона – 1.6–2.5 см/год. Углубление существующих промоин в среднем в 2–2.5 раза превышает смыв почвы с межпромоинных пространств (4 против 1.5–2 см/год). Причем углубление промоин, имеющих притоки, происходит гораздо более быстрыми темпами, чем бесприточных промоин (рис. 3). Еще более интенсивное углубление промоин отчасти сдерживается осыпанием материала с бортов в период между моментами наличия стока. На склонах восточной экспозиции проективное покрытие поверхности склонов составляет 20–30%, а темпы денудации для склонов с аналогичной морфологией в 2–3 раза ниже. С учетом площади эродированных склонов ежегодную денудацию междуречных пространств можно оценить в 1.5–1.6 см/год.

Заложение крупных оврагов (притоков рек) происходило длительное время, а их симметричное расположение связано с простираем систем трещиноватости коренных пород. Наиболее динамично в настоящее время растут склоновые овраги, прорезающие лёссовые толщи и являющиеся продолжением сети промоин на склонах. Согласно данным стационарных наблюдений углубление их днищ изменяется от 0.3–0.5 м/год в приустьевой части до 0.7–1.0 м/год в привершинной части. Прирост склоновых оврагов в длину составляет 4–6 м/год, а регрессивное отступление водобойных котлов в устье склоновых оврагов составляет в среднем 0.6–0.7 м/год. Среднее смещение крупных обломков диаметром 6–15 см составляет порядка 20–30 м/год, причем все покрашенные обломки с диаметром меньше 6 см были вынесены в крупные овраги за один год. Крупные овраги –

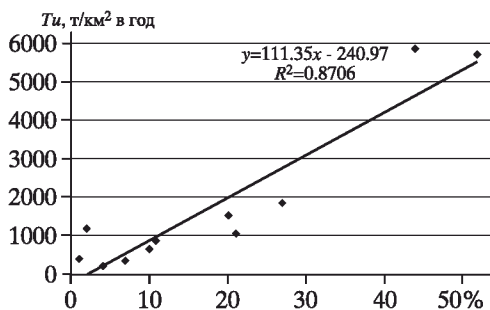


Рис. 2. Зависимость расчетного стока наносов (T_i , т/км²/год) от доли площади бедлендов от общей площади речного бассейна (в %)

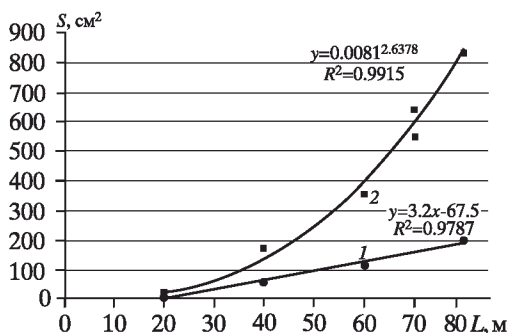


Рис. 3. Увеличение площади поперечного сечения промоин (S , см²) по мере удаления от водораздела (L , м) для промоин без притоков по длине склона (1) и с притоками по длине склона (2)

притоки рек – врезаются на 1–2 мм/год, что соответствует темпам выветривания скальных пород, слагающих их днище на большем протяжении. Регрессивное отступление вершин крупных оврагов составляет 0.5–1.0 м в год. Общая денудация междуречных пространств за счет овражной эрозии оценивается в 0.4 см/год.

Активные осыпные процессы наблюдаются на бортах крупных оврагов, начиная со среднего течения вплоть до верховьев, где овраги прорезают лёссовую толщу, а также на бортах склоновых оврагов. Осыпание происходит в связи с температурно-влажностными колебаниями. Максимальные темпы наблюдаются в периоды переходов температуры через 0 °С, т.к. замерзание воды в порах способствует быстрому расширению межагрегатных пространств [21]. Чем длиннее осыпной склон, тем выше темпы осыпания. В теплое время года процессы осыпания практически затухают. В среднем локальный ежегодный слой осыпания составляет 1.5–2.5 см/год. Среднегодовой слой денудации бассейна за счет осыпания на лёссовых бортах оврагов, равномерно распределенный по площади междуречий, составляет 0.6 мм.

Согласно данным измерения крипа средние темпы смещения толщи почвенно-грунтовых масс мощностью 1.7–1.9 м мало зависят от крутизны склона и расстояния от водораздела и составляют 0.24–0.3 мм/год [23]. Однако максимальные темпы смещения в слое 0–0.5 м возрастают вниз по склону почти вдвое от 0.38 мм/год до 0.71 мм/год, несмотря на уменьшение крутизны в нижних частях склонов. Вероятно, это связано с большим увлажнением подножий склонов. Вклад крипа в суммарную денудацию невелик и не превышает 0.01 мм/год.

Участки с развитием линейной эрозии на склонах отсутствуют. В результате повторяемость формирования селей в бассейне р. Сукок-сай многократно ниже, чем в бассейне р. Тава шах-сай, где они проходят ежегодно. Причем значительный вклад в суммарный сток наносов в бассейне р. Тава шах-сай вносят продукты смыва и размыва лёссовых толщ на междуречных склонах. Это подтверждается при сопоставлении среднего диаметра русловых отложений на отменях рек Сукок-сай и Тава шах-сай, оставляющие 265–305 мм и 78–95 мм соответственно. При этом уклоны русла р. Тава шах-сай превышают уклоны русла р. Сукок-сай.

В целом средние темпы денудации склонов междуречий в низкогорном поясе сухих субтропиков Италии и Средней Азии сопоставимы и находятся в интервале 2–3 см/год, за исключением бассейна р. Сукок-сай, где они примерно на два порядка ниже благодаря применению разумной системы землепользования.

В бассейне р. Бзугу эрозия на участках бедлендов также является наиболее интенсивным процессом денудации, а ее темпы оцениваются в 2.1 см/год [1, 24], что сопоставимо по величине с темпами денудации в зоне сухих субтропиков. Важно отметить, что даже во влажных условиях субтропическая растительность не успевает закрепиться на участках бедлендов. Поэтому темпы денудационных процессов на таких участках контролируются только морфологией склонов и темпами выветривания пород, слагающих бедленды. Однако площадь участков бедлендов в бассейне р. Бзугу составляет менее 2% от общей площади.

Процессы эрозии на пашне и участках под многолетними насаждениями (сады и виноградники) играют более важную роль в денудации территории. Согласно данным стационарных наблюдений их темпы достигают 2.1 и 0.7 мм/год соответственно, что в совокупности с учетом площадей распространения составляет примерно $\frac{2}{3}$ от суммарного объема материала, сносимого со склонов в русло реки Бзугу.

В связи с расширением строительных работ в бассейне р. Бзугу в последние десятилетия существенно вырос вклад оползневых и осыпных процессов, а также эрозии с оголенных участков склонов в суммарную денудацию. В естественных условиях в основном преобладают сравнительно небольшие оползни-сплывы, тогда как подрезание склонов при строительстве способствует формированию крупных оползневых тел.

Темпы суффозионных процессов достаточно сложно поддаются количественной оценке, так как прямые наблюдения можно вести только на участках распространения

**Скорости массового смещения материала (крип) по склону
в долине р. Бзугу, мм/год**

Период оценки, годы	1977–1980			1980–1986			1980–2005		
Смещение, мм/год	по склону	по вер- тикали	результы- тирующее	по склону	по вер- тикали	результы- тирующее	по склону	по вер- тикали	результы- тирующее
Шурф 1	2.27	0.97	1.80	2.19	3.60	2.41	2.25	0.43	2.34
Шурф 2	2.00	2.28	2.07	2.42	2.54	2.23	1.72	0.00	1.97

открытых суффозионных форм. Тем не менее, отслеживание динамики суффозионных воронок и каналов позволяет косвенно следить за развитием суффозии в тоннельной части. Наши наблюдения проводились на стационаре в среднем течении р. Бзугу на приводораздельном склоне, где в днище достаточно крупной ложбины сформировалась сеть воронок и каналов. В течение 2005–2008 гг. (по возможности, несколько раз в год) проводились полевые замеры открытых суффозионных форм, общий объем которых увеличился на 15% за 4 года измерений (с 60 м до 69.4 м при площади пораженного суффозией днища ложбины порядка 1.5 га). Однако при устойчивой тенденции к общему росту объема открытых форм за период исследований наблюдаются постоянные внутригодовые колебания их размеров до $\pm 40\%$, связанные с сезонными изменениями типа и количества осадков, характерными для влажных субтропиков. В течение первой половины года (зима–весна) осадки выпадают неравномерно. Для этого периода характерны экстремальные ливни, приводящие к активизации оползневых и эрозионных процессов на всей территории Большого Сочи. В это время почти за все годы мониторинга наблюдается уменьшение объемов открытых суффозионных форм в результате их запыливания, заваливания отсевшими или подмытыми блоками породы. В течение первых летних месяцев обычно выпадает настолько небольшие количество осадков, что силы стока не хватает на активный вынос материала из воронок. Конец лета–осень характеризуются не таким экстремальными, но практически постоянными во времени осадками. Видимо, именно этот сток, которого уже не хватает на активизацию оползневых и эрозионных процессов, осуществляет постепенное “освобождение” воронок и основной вынос материала по подземным тоннелям за пределы основной суффозионной системы. Суффозионные процессы интенсивно развиваются на участках концентрации стока в понижениях рельефа и тесно связаны с овражной сетью.

Темпы крипа в среднем практически не изменились за последние десятилетия в сравнении с его интенсивностью в 80-е годы прошлого века (табл. 4). Это говорит о том, что климатические факторы развития денудационных процессов остались неизменными, а рост темпов денудации объясняется исключительно расширением площадей склонов бассейна, подвергающихся активному антропогенному воздействию.

В целом, суммарная денудация склонов в бассейне р. Бзугу в настоящее время удвоилась по сравнению с серединой 80-х годов прошлого века в связи с существенным развитием оползневых и осыпных процессов, эрозии оголенных при строительстве склонов и составила величину порядка 0.5 см/год. Основной причиной увеличения темпов денудации стало расширение площадей проявления многочисленных ранее экзогенных процессов за счет строительства окружной дороги Большого Сочи, а также общего расширения селитебных территорий (сооружения новых домов, а также дорог и коммуникаций к ним).

Заключение

Полученные в результате количественных оценок темпы экзогенных процессов в низкогорной зоне сухих и влажных субтропиков позволяют говорить о том, что негативное воздействие деятельности человека, стимулирующее их интенсификацию, в основном сводится к уничтожению растительного покрова при распахке или проведении строительных работ. Это способствует росту темпов денудации на 2 и более порядков за счет расширения площадей, затронутых водноэрозийными, оползневыми, суффозионными и обвально-осыпными процессами. Неконтролируемое развитие экзогенных процессов происходит и в тех случаях, когда человек не предпринимает никаких мер по снижению их темпов. К числу подобных случаев относятся забрасывание ранее использованных для распахки земель и перевыпас скота на горных склонах в условиях сухих субтропиков, где дефицит увлажнения на “теплых” склонах подавляет возможности растительного покрова к самовосстановлению, а также лишенные почвенного покрова участки строительства, нерекультивированные после его завершения. Здесь достаточно быстро формируются бедленды, в дальнейшем развивающиеся автономно. Интенсивность денудации на бедлендах достигает 2–6 см/год в зависимости от морфологии склонов и состава слагающих их пород, что на 2–3 порядка превышает темпы денудации, наблюдаемые в ненарушенных деятельностью человека условиях. Именно бедленды являются основными поставщиками наносов в русла рек, способствуя аномальному повышению стока взвешенных наносов и частому формированию селевых или селеподобных паводков, как это наблюдается в бассейнах рек Тавере, Омбрене и Тавашах-сай. В бассейне р. Сукок-сай, где участки бедлендов отсутствуют, и в бассейне р. Бзугу, где их площадь не превышает 2–4%, сток наносов рек существенно ниже, а формирование селей не происходит, хотя значительные площади в пределах их водосборов используются под сады, пашню, а также как селитебные территории. Отчетливая тенденция усиления темпов денудации в бассейне р. Бзугу указывает на то, что при дальнейшем неконтролируемом расширении площадей селитебных территорий и сельскохозяйственных угодий, высока вероятность формирования селей, способных нанести значительный урон инфраструктуре территории и представляющих опасность для жизни людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажигиров А.А. О роли различных денудационных процессов в развитии склонов на северо-западном Кавказе // Геоморфология. 1991. № 2. С. 46–51.
2. Кочетов Н.И., Дубровин Н.И., Безруков В.Ф. Интенсивность современной денудации откосов дорожных выемок Сочинского района // Геоморфология. 1980. № 2. С. 31–35.
3. Хмелева Н.В., Шевченко Б.Ф. Результаты 25-летних наблюдений осыпи в долине р. Жоэква-ра (Абхазия) // Геоморфология. № 3. 1978. С. 100–104.
4. Шевченко Б.Ф. Опыт количественной оценки развития осыпей горных склонов (результаты стационарных исследований) // Геоморфология. 2004. № 3. С. 108–115.
5. Шеко А.И. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье. М.: Недра, 1979. 242 с.
6. Иверонова М.И. Опыт анализа склоновых явлений статистическим способом по аэроснимкам и крупномасштабной карте // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1968. № 2. С. 82–88.
7. Переслегина Р.Е. Географо-геоморфологические методы изучения плоскостного смыва в семиаридных и аридных районах (на примере предгорий Средней Азии) // Совр. экзогенное рельефообразование, его изучение и прогноз. М.: МФГО, 1984. С. 129–138.
8. Финько Е.А., Цветков Д.Г. Изучение некоторых экзогенных процессов в горном районе Таджикистана аэро-фотограмметрическим методом // Геоморфология. 1976. № 3. С. 38–48.
9. Клюкин А.А., Толстых Е.А. Методика и первые результаты стационарных наблюдений за скоростью денудации известковых обрывов в Горном Крыму // Геоморфология. 1973. № 4. С. 43–50.

10. *Ciccacci S., Galiano M., Roma M.A., Salvatore M.C.* Morphological analysis and erosion rate evaluation in badlands of Radicofani area (Southern Tuscany – Italy) // *Catena*. 2008. V. 74. P. 87–97.
11. *Scoging H.* Spatial variations in infiltration, runoff and erosion on hillslopes in semi-arid Spain // *Badland Geomorphology and Piping?* Norwich: Geo Books, 1984. P. 89–112.
12. *Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E., Pugliese F.* Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa dei reticoli idrografici alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali // *Boll. Soc. Geol. Ital.* 1981. V. 99. P. 455–516.
13. *Serrat P., Ludwig W.* Erosion and fluvial sediment supply in undisturbed and cultivated basins: the case of the Desix and Maury river basins (western Mediterranean area) // *Sediment Transfer through the Fluvial System*. IAHS Publ. 288. 2004. P. 179–186.
14. *Delia Seta M., Del Monte M., Fredi P., Lupia Palmieri E.* Direct and indirect evaluation of denudation rates in Central Italy // *Catena*. 2007. V. 71. P. 21–30.
15. *Delia Seta M., Del Monte M., Fredi P., Lupia Palmieri E.* Space-time variability of denudation rates at the catchment and hillslope scales on the Tethyan side of Central Italy // *Geomorphology*. 2009. V. 107. P. 161–177.
16. *Vanniere B., Colombaroli D., Chapron E. et al.* Climate versus human-driven fire regimes in Mediterranean landscapes: the Holocene record of Lago dell'Accesa (Tuscany, Italy) // *Quat. Sci. Rev.* 2008. V. 27. P. 1181–1196.
17. *Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E., Pugliese F.* Indirect evaluation of erosion entity in drainage basins through geomorphic, climatic and hydrological parameters // *Intern. Geomorphology Part II*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1986. P. 33–48.
18. *Соболев С.С.* Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 307 с.
19. *Благоволин Н.С., Цветков Д.Г.* Опыт применения наземной фотограмметрической съемки для изучения динамики рельефа // *Геоморфология*. 1971. № 1. С. 76–88.
20. *Никулин Ф.Н.* Новейший метод изучения механизма и скорости движения чехла обломков на крутых склонах // *Вестн. МГУ. Сер. 5. География*. 1975. № 3. С. 82–88.
21. *Голосов В.Н., Панин А.В.* Осыпные процессы на склонах оврагов в низкогорной зоне Западного Тянь-Шаня // *Геоморфология*. 1988. № 3. С. 46–50.
22. *Young A.* Soil movement by denudational processes on slopes // *Nature*. 1960. V. 188. № 4745. P. 120–122.
23. *Ажигиров А.А.* Процессы современной денудации в субтропической зоне РСФСР: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1986. 28 с.
24. *Ажигиров А.А., Голосов В.Н.* Оценка медленных смещений почвенно-грунтовых масс при инженерно-географических исследованиях // *Геоморфология*. 1990. № 1. С. 33–40.

Московский государственный университет
 Географический факультет,
 Казанский (Приволжский) Федеральный ун-т,
 Университет Рима "Ла Сапиенца", Италия

Поступила в редакцию
 01.02.2011

ANTHROPOGENIC IMPACT ON EXOGENOUS PROCESSES IN LOW MOUNTAINS OF SEMITROPICS

V.N. GOLOSOV, M. DELA SETA, A.A. AZHIGIROV, J.U.S. KUZNETSOVA,
 M. DEL MONTE., P. FREDI, E. LUPIA PALMIERI, T.M. GRIGOR'EVA

Summary

The paper represents the results of regular measurements of the main exogenous processes at three test sites in the low mountains of semitropics (Central Apennines, Western Caucasus, and Tien-Shan). A set of methods included fids, benchmarks, traps, Yang method, etc. The strongest denudation (up to 2 cm/year in the West Caucasus and up to 6 cm/year in the Apennines) takes place at those parts of badlands, which were formed as a result of human activity. The total denudation is the sum of several processes, the set of which depends on lithology, relief, and climate. On the whole the denudation of the studied catchments raised 2–3 orders due to human impact in comparison with natural denudation rates.