

УДК 911.1

А. А. Ключкин✉

Баланс наносов в низкогорье Крыма

Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского,
г. Симферополь

Аннотация. В работе впервые охарактеризован баланс наносов низкогорной территории, находящейся в условиях переходного климата от умеренного континентального к субсредиземноморскому. Скорость тотальной денудации территории в XX веке с учетом и без учета антропогенных процессов составила, соответственно, 0,294 и 0,423 мм/год.

Ключевые слова: наносы, денудация территорий.

1. Понятие о балансе наносов и балансовом методе

Баланс наносов является важнейшим звеном в изучении динамики рельефа и ландшафта - фундаментальной проблемы географии (Меняющийся мир., 1991). Попытки составления баланса предпринимались неоднократно (Дедков, Мозжерин, 1984; Шуйский, 1986; Сафьянов, 1987). В бывшем Советском Союзе пионерные работы в этой области выполнили М. И. Иверонова (1969) для верховьев одной из горных долин Тянь-Шаня и Г. А. Сафьянов (1969) для небольшого участка береговой зоны Черного моря.

Функционирование геосистем определяется геоморфологическими процессами и характеризуется балансом наносов. Для балансовых расчетов необходимы сведения о структуре и скорости процессов, механической и химической, поверхностной, подводной и подземной денудации и аккумуляции. Баланс рассчитывают для конкретных лет и периодов разной продолжительности по фактическим или средним значениям денудации и аккумуляции, полученным с помощью прямых и косвенных методов. В связи с недостаточно полным представлением о структуре, несовершенством методов измерений, небольшим периодом наблюдений и неполнотой сведений об экстремальных проявлениях процессов, расчеты баланса наносов являются пока примерными - ориентировочными. Они выполнены, как правило, для бассейнов малых рек (Иверонова, 1969; Walling, Webb, 1987; Phillips, 1991; Ажигиров, 1991; Голосов, 1988; Голосов, Иванова, Литвин, Сидорчук, 1992; Ключкин, 1996;

Ковальчук, 1997) и отдельных участков береговой зоны моря (Сафьянов, 1969, 1978, 1987; Шуйский, 1981, 1986). Несмотря на известные недостатки, балансовые исследования позволяют увидеть целостную систему действующих рельефообразующих процессов, их распространение в разных ландшафтных условиях, роль в структуре литодинамического потока, выявить неучтенные звенья структуры и динамики, получить результаты, необходимые для решения прикладных задач.

Экзогенные процессы являются основной транспортной системой вещества на поверхности Земли. Они образуют нисходящий (Флоренсов, 1983), или отрицательный (Поздняков, Черванев, 1990) литодинамический поток, взаимодействующий с восходящим (положительным) потоком, направленным из недр к поверхности, в структуре которого доминируют эндогенные процессы.

Важнейшим методом исследования динамики геосистем является балансовый метод. С его помощью оцениваются приходные и расходные элементы баланса вещества, их изменение в пространстве и во времени. Баланс отражает проявление фундаментального закона сохранения вещества и энергии, является наиболее содержательной характеристикой литодинамических потоков.

Приходные и расходные элементы баланса входят соответственно в левую и правую части балансового уравнения. Решение уравнения позволяет выявить балансовую разность (сальдо), которая может быть нейтральной (равной нулю) или значимой.

✉ Корреспонденция принимается по адресу: Географический факультет. Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского. Пр-кт Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007.

В формировании рельефа прослеживается тенденция к достижению динамического равновесия - нейтрального баланса массы и энергии (Поздняков, 1988). Расчет баланса за продолжительный период времени предполагает равенство приходных и расходных элементов, т.к. успели себя проявить все составляющие структуры литодинамических потоков, процессы фоновой и экстремальной интенсивности. За короткое время балансовая разность может быть значимой, так как равновесие постоянно нарушается в результате изменения интенсивности и активности процессов. Но «значимая балансовая разность практически всегда компенсируется процессами формирования профиля равновесия, и в этой связи правильно ставить знак равенства между приходными и расходными элементами баланса» (Шуйский, 1986, с. 13). Для расчета баланса наносов обычно выбираются сравнительно небольшие типичные участки (бассейн реки, ячейка береговой зоны), относительно независимые от соседних участков по литодинамическому режиму, в пределах которых изменчивость процессов минимальна (Шуйский, 1986; Сафьянов, 1987).

2. Физико-географическая характеристика балансового участка

Для балансовых исследований выбран типичный участок юго-восточного макросклона Главной гряды Крымских гор, расположенный между берегом Черного моря (м. Толстый - м.Киик-Атлама) и хребтом Туар-Алан. Он вытянут вдоль берега моря на 24 км и вглубь суши на 10-13 км. Площадь балансового участка 206 кв.км. Его наземная граница проходит вдоль водоразделов и объединяет в единое целое систему бассейнов рек и временных водотоков разного ранга. Это сложная литодинамическая система, открытая к морю. Ей соответствует ячейка береговой зоны, независимая по литодинамическому режиму, отделенная от соседних ячеек мысами-непропусками. Для этого участка береговой системы также рассчитывался баланс наносов, но в этой работе он не характеризуется. В широком плане балансовые исследования предусматривали изучение взаимодействия литодинамических систем суши и береговой зоны моря.

Рельеф балансового участка суши низкорельефный, сильно расчлененный, состоя-

щий из коротких хребтов, скалистых гряд, останцовых гор и холмов. Высота рельефа повышается от берега Черного моря до 748 м на хребте Туар-Алан.

Территория балансового участка расчленена долинами рек и временных водотоков, балками, оврагами, ложбинами и лощинами. Наиболее крупным флювиальным образованием является бассейн реки Отузки площадью 75,7 кв.км. Он состоит из долин шести порядков, выделенных на топокарте масштаба 1:10 000 по методике А.Н. Стралера. Густота расчленения рельефа составляет около 9 км/кв. км (Природа Карадага..., 1989).

Балансовый участок сложен осадочными и вулканическими породами юрской, отчасти меловой и палеогеновой систем. Коренные породы на 20% площади покрыты четвертичными отложениями. Наиболее распространены аллювиальные и пролювиальные отложения современного и верхнего отделов четвертичной системы. Их мощность в нижних переуглубленных отрезках долин достигает 20-25 м. Четвертичные отложения представлены, в основном, суглинками с включением крупнообломочных частиц и крупнообломочными отложениями с суглинистым заполнителем.

По устойчивости к денудации все горные породы разделены на устойчивые (известняки, риолиты, риолито-дациты, андезиты-дациты, андезиты, андезитобазальты, базальты), среднеустойчивые (туфопесчаники, вулканические туфы, песчаники, конгломераты) и податливые (глины, алевролиты, мергели, флишоидные и флишевые отложения). Первые распространены на 10%, вторые - на 20% и третьи - на 70% площади балансового участка. Породы каждого класса образуют свой литоморфный рельеф, различающийся по высоте, крутизне и расчленению.

Климат территории переходный от умеренного континентального к субсредиземноморскому. Среднегодовая температура воздуха уменьшается от 12°C на берегу моря до 7-8°C на вершинах хребтов, а количество осадков увеличивается от 400 мм до 600-700 мм в год. Смена умеренно сухих условий на умеренно влажные происходит на высоте около 400 м над ур. моря. Атмосферные осадки выпадают неравномерно, в теплый период года характерны кратковременные ливни. Их сменяют засухи, которые могут продолжаться до двух-трех месяцев. Зимой

снег выпадает несколько раз, но лежит не долго. Засушливость климата, неравномерность выпадения осадков и широкое распространение водоупорных глинисто-алевритистых пород определяют бедность территории поверхностными и подземными водами, неравномерность стока и паводочный режим рек.

Вслед за изменениями высоты рельефа и гидротермических условий изменяется почвенно-растительный покров, что отражается в его высотной поясности. От берега моря к осевой части Главной гряды степной пояс сменяется поясом редколесий и шибляков, а затем лесом. Во всех поясах встречаются скалы и гряды скал с обрывистыми склонами, покрытыми петрофитами и томиллярами.

Ландшафты балансового участка так же, как и ландшафты Крымских гор, испытывали в большей или меньшей степени влияние человеческой деятельности. Заметное антропогенное воздействие началось 4 тыс. лет назад в бронзовый век, усилилось в средневековье и приобрело катастрофический характер в XIX-XX вв. в связи с ростом населенных пунктов, вы-

рубкой леса, выпасом скота и распашкой земель.

3. Структура территориальной природно-хозяйственной системы

Территориальная природно-хозяйственная система состоит из природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов (табл. I). Первые включают лес, луговые степи и скалы, вторые - редколесья, шибляки и степи, а третьи - агроландшафты, селитебные и урбанизированные территории. Природные ландшафты занимают 42,5% площади, они характерны в наиболее высокой, удаленной от населенных пунктов и моря части территории. Природно-антропогенные ландшафты (42,2% площади) свойственны нижней половине макросклона гор. Антропогенные ландшафты занимают 15,3% площади и находятся, в основном, на самых низких и пологих элементах рельефа в пределах поясов степей, редколесий и шибляков. Ведущими отраслями являются сельское хозяйство и рекреация. В сельском хозяйстве доминирует виноградарство и виноделие.

Таблица 1. Структура территориальной природно-хозяйственной системы (ТПХС)

Ландшафты	Структура ТПХС	Площадь	
		га	%
Природные	Лес	8110	39.4
	Луговая степь	240	1.2
	Скалы	410	2.0
	Итого	8760	42.5
Природно-антропогенные	Редколесье, шибляки	4690	22.8
	Степь	4000	19.4
	Итого	8690	42.2
Антропогенные	Виноградники, сады, пашня	1950	9.5
	Населенные пункты, предприятия, хранилища	800	3.9
	Дороги	70	0.3
	Гидротехнические объекты	40	0.2
	Искусственные террасы	280	1.4
	Карьеры и отвалы	10	0.1
	Итого	3150	15.3
Всего (суша)		20600	100.0
В том числе Карадагский природный заповедник (суша)		2065	10.0

В течение XX века постепенно возрастала доля сельского хозяйства и рекреационной сферы. Площади населенных пунктов и распаханых земель увеличи-

лись в 3-4 раза. В долинах рек и временных водотоков было построено 68 плотин прудов, отстойников и наносоуловителей, а на склонах хребтов и гряд нарезано бо-

лее ста погонных километров искусственных террас, в результате чего поверхностный сток к началу 80-х годов оказался зарегулированным почти на половине площади. Во второй и третьей четверти XX века карьерами на суше было добыто около 1,9 млн. т горной массы, а из береговой зоны моря изъято 1,5 млн. т песчано-гравийных смесей, что сопровождалось сокращением ширины пляжей и активизацией абразии. В скалах у Солнечной долины, Коктебеля и Краснокаменки были выбиты протяженные штольни подземных хранилищ.

Все выделенные элементы структуры природно-хозяйственной системы есть на остальной низкоргорной территории Крыма, что доказывает репрезентативность участка для балансовых исследований.

4. Методика исследований

Исследования на балансовом участке осуществлялись в течение нескольких последовательных этапов.

Сначала были выделены виды денудационных склонов, качественно отличающиеся друг от друга (Клюкин, Толстых, 1977; Корженевский, Клюкин, Толстых, 1983). Понятие "вид денудационного склона" шире понятия "элементарная морфологическая единица" (Тимофеев, 1984) и соответствует понятию "динамически однородная поверхность" (Осадчий, 1985). В нем интегрируются условия рельефообразования, склоновые процессы и среднемноголетняя скорость денудации, а не только предполагается морфологическая или динамическая однородность.

Во время второго этапа исследований для части территории балансового участка (40 кв.км) были составлены крупномасштабные (1:10 000) карты: геоморфологическая, крутизны поверхности, густоты и глубины расчленения (Природа Карадага..., 1989). С их помощью выявлены разнообразие условий рельефообразования, виды склонов и порядки долин, в пределах которых проявление денудации однородно, установлена структура экзогенных процессов, их распространение в разных ландшафтных условиях.

В течение третьего этапа велись наблюдения за динамикой процессов с помощью прямых и косвенных методов, апробированных ранее в бассейне р. Ворон и в других регионах. Они были начаты в 1981-1982 гг. и частично продолжаются по настоящее время. Система наблюде-

ний включала микронивелировочные площадки, площадки-ловушки, прокрашенные створы, фотоплощадки, стоковые площадки, почвенногрунтовые реперы и другие эксперименты (Толстых Клюкин, 1984; Методы полевых..., 1986). Часть материалов наблюдений опубликована (Природа Карадага..., 1989; Клюкин, Михаленок, 1995; Клюкин, 1996, 2001; Бобра, Боков, Ведь и др., 2001).

Проявления экзогенных процессов за длительное время устанавливались с помощью дендрохронологического, археологического методов, фотометода, по накоплению наносов у различных препятствий.

Ежегодно проводились маршрутные обследования территории с целью выявления новых камнепадов, обвалов, оползней, экспертной оценки активизации процессов.

Количество грунта, перемещенного антропогенными процессами, рассчитывалось по суммарному объему карьеров, плотин, выемок, котлованов, искусственных террас и других антропогенных форм рельефа.

С помощью мониторинга, косвенных методов и аналогов оценена скорость проявления процессов в XX веке в разных ландшафтных условиях.

Полученные результаты позволили выявить структуру нисходящего литодинамического потока и роль различных экзогенных процессов в перемещении вещества. Ранее подобные исследования проводили в бассейнах небольших горных рек А.Рапп (Rapp, 1960) в Северной Лапландии, М.И.Иверонова (1969) в Тянь-Шане и А.А. Ажигиров (1991) на Западном Кавказе.

По результатам количественной оценки были рассчитаны скорости денудации территории в XX веке природными, природно-антропогенными и антропогенными процессами, скорости денудации в основных ландшафтах, тотальная, транзитная денудация и аккумуляция, составлено балансовое уравнение.

Ниже будут рассмотрены только основные результаты проведенного исследования.

5. Структура нисходящего литодинамического потока и роль различных денудационных процессов в перемещении вещества

Нисходящий литодинамический поток питается продуктами механической и химической денудации, перемещаемыми природными, природно-антропогенными и антропогенными процессами (табл. 2). В группу природных и природно-антропогенных процессов входят осыпной снос, камнепады и обвалы, оползание пород, крип, делювиальный смыв и размыв,

эрозия рек и временных водотоков, перемещение вещества селевыми потоками, дефляцией, живыми организмами, суффозией и карстом. Все они транспортировали в XX веке ежегодно в среднем 79575 т, или 54,8% всех продуктов денудации. М.И.Иверонова (1969) предложила рассчитывать относительную интенсивность (долю) каждого процесса в денудации (I) по формуле: $I = M/P$, где M - масса или объем наносов, перемещенных за год со всей площади бассейна или участка (P).

Таблица 2. Роль различных процессов в перемещении вещества в XX веке

Денудационные процессы		Интенсивность сноса (м/га * год)	Масса вещества, смытого с территории 20600 га		
			т / год	%	
Природные и природно-антропогенные	Осыпной снос, камнепады и обвалы	0.492	10139	7.0	
	Оползание	0.097	2000	1.4	
	Крип	0.012	252	0.2	
	Делювиальный смыв, размыв и крип в бедлендах	0.485	9984	6.9	
	Делювиальный смыв со склонов	1.039	21412	14.7	
	Водная и ветровая эрозия почв на сельхозугодьях	0.614	12650	8.7	
	Эрозия в руслах рек и временных водотоков	0.922	19000	13.1	
	Выносы селевых потоков	0.021	440	0.3	
	Дефляция	0.020	405	0.3	
	Биогенная денудация	0.146	2989	2.1	
	Суффозия	0.003	54	0.0	
	Карст	0.012	250	0.2	
	Итого	3.863	79575	54.8	
	Антропогенные	Добыча полезных ископаемых	0.922	19000	13.1
		Строительство населенных пунктов, предприятий, хранилищ и дорог	1.068	22000	15.1
Строительство гидротехнических объектов		0.323	6650	4.6	
Террасирование склонов		0.692	14256	9.8	
Агротехнический крип (пахотная эрозия)		0.053	1100	0.8	
Итого		3.059	63006	43.4	
Механическая денудация		6.979	143773	99.0	
Химическая денудация		0.070	1442	1.0	
Тотальная денудация		7.049	145215	100.0	
Транзитная денудация		0.420	8657	6.0	

Ведущую роль в денудации играют флювиальные процессы - делювиальный смыв и размыв, эрозия рек и временных водотоков. Делювиальный процесс, проявляющийся на большой площади склонов, в бедлендах и на сельхозугодьях, составляет основу структуры верхних звеньев нисходящего литодинамического потока. Он перемещает ежегодно около 30% всех про-

дуктов денудации и около 55% наносов, транспортируемых природными и природно-антропогенными процессами.

Склоновые процессы, являющиеся по Н.И.Маккавееву процессами ближнего переноса, сменяются в средних и нижних звеньях литодинамического потока процессами дальнего переноса - эрозией рек и временных водотоков, а иногда - селевыми пото-

ками. Они перемещают по густой сети русел ежегодно около 14% всех продуктов денудации и более 24% вещества, транспортируемого природными и природно-антропогенными процессами. Флювиальные склоновые и русловые процессы являются главными по площади распространения и массе перемещаемого вещества не только на балансовом участке, но и во всем низкогорье Крыма, в переходных условиях от умеренного континентального к субсредиземноморскому климату.

Комплекс антропогенных процессов денудации включает перемещение вещества при добыче полезных ископаемых, строительстве населенных пунктов, предприятий, подземных хранилищ, дорог, гидротехнических объектов, террасировании склонов, вспашке и культивации (агротехнический крип или пахотная эрозия). В XX веке они перераспределяли ежегодно в среднем 63006 т, или 43,4% всех продуктов денудации (табл. 2). Около 38% массы всего вещества и 88% массы продуктов антропогенной денудации связано со строительством, добычей полезных ископаемых и террасированием склонов. Антропогенные денудационные процессы, за исключением добычи полезных ископаемых, являлись процессами ближнего переноса и перераспределяли отложения по территории балансового участка. Все денудационные процессы на площади 20600 га в XX веке перемещали ежегодно в среднем 145215 т наносов. Около 99% массы составляли продукты механической и около 1% - продукты химической денудации. Эти параметры характеризуют мощность и состав нисходящего литодинамического потока в пределах балансового участка. Средний модуль сноса составил около 7 т/га*год.

Структура и мощность литодинамического потока постоянно изменяются. Его мощность нарастала с начала XX в. к 60-70 м годам, а затем уменьшалась к концу XX века. Основным регулирующим фактором этих изменений была деятельность человека. В настоящее время мощность нисходящего литодинамического потока примерно на одну треть меньше среднего значения, рассчитанного для XX века.

6. Скорость денудации территории природными, природно-антропогенными и антропогенными процессами

Для каждого экзогенного процесса по отношению объема сноса к площади развития была рассчитана средняя скорость денудации в XX веке (табл.3).

В группе природных и природно-антропогенных процессов дефляция снижала поверхность галечно-гравийно-песчаных пляжей на 9,00 мм/год, делювиальный смыв и размыв совместно с крипом понижали склоны в бедлендах на 6,40 мм/год, селевые потоки углубляли русла на 5,50 мм/год, реки и временные водотоки - на 4,26 мм/год, оползни и гравитационные процессы снижали поверхность соответственно на 1,67 и 1,23 мм/год, а делювиальный смыв - на 0,59 и 0,10 мм/год. Средняя скорость денудации поверхности другими процессами не превышала 0,017 мм/год. Все природные и природно-антропогенные процессы снижали поверхность балансового участка в среднем на 0,288 мм/год (механическая денудация) и на 0,294 мм/год (суммарная денудация), что почти вдвое превышает "норму смыва" почв, рассчитанную для последних 2-2,5 тыс лет (субатлантичская эпоха) по накоплению гумусового слоя на датированных поверхностях, и почти в 1,3 раза больше средней скорости денудации, рассчитанной А.А Ажигировым (1991) для влажных субтропиков низкогорья Западного Кавказа (0,23 мм/год).

В местах разработки полезных ископаемых денудация составила 100,00 мм/год, строительства гидротехнических объектов - 8,75 мм/год, террасирования склонов - 2,16 мм/год. Все антропогенные процессы снижали земную поверхность антропогенных ландшафтов в среднем на 0,95 мм/год, что в 3,2 раза больше чем в природных и природно-антропогенных ландшафтах. Они перемещали около одной трети всех продуктов денудации.

7. Скорость денудации в разных ландшафтных условиях

Денудация проявлялась неравномерно. Природные и природно-антропогенные процессы перемещали в лугово-степных ландшафтах 0,1%, в лесном поясе - 6,2%, со скал - 8,4%, в редколесьях и шибляках - 19,1 %, в степи - 40,3%, в антропогенных ландшафтах - 25,9% вещества. Доля всех процессов составляет соответственно 0,3, 12,3, 5,5, 20,0, 30,0 и 31,9%. Эти значения не отражают в полной мере влияние ландшафтных условий, т.к. в расчетах не учитывалась площадь ландшафтов.

Таблица 3. Средняя скорость денудации на площади развития процессов в XX веке

Денудационные процессы		Площадь развития, га	Объем сноса, м ³ /год	Средняя скорость денудации, мм/год
Природные и природно - антропогенные	Осыпной снос, камнепады и обвалы	382	4715	1.234
	Оползание	60	1000	1.667
	Крип	1050	164	0.016
	Делювиальный смыв, размыв и крип в бедлендах	130	8320	6.400
	Делювиальный смыв со склонов	16960	16614	0.098
	Водная и ветровая эрозия почв на сельхозугодьях	1950	11500	0.590
	Эрозия в руслах рек и временных водотоков	235	10000	4.255
	Выносы селевых потоков	4	220	5.500
	Дефляция	3	270	9.000
	Биогенная денудация	17040	2965	0.017
	Суффозия	300	30	0.010
	Карст *	1770	96	0.005
	Итого (механическая денудация)	19400	55798	0.288
Антропогенные	Добыча полезных ископаемых	8	8000	100.000
	Строительство населенных пунктов, предприятий, хранилищ и дорог	870	11000	1.264
	Строительство гидротехнических объектов	40	3500	8.750
	Террасирование склонов	300	6480	2.160
	Агротехнический крип (пахотная эрозия)	1950	1000	0.051
	Итого (механическая денудация)	3150	29980	0.952
Механическая денудация		20600	85778	0.416
Химическая денудация		20600	1442	0.007
Тотальная денудация		20600	87220	0.423
Транзитная денудация		20600	6251	0.030

* Доля карста вошла в химическую денудацию

Объем вещества, перемещенного с удельной поверхности в разных ландшафтных условиях, приведен в таблице 4. Из таблицы следует, что скорость денудации природными и природно-антропогенными процессами минимальна в лугово-степных и лесных ландшафтах (0,24 и 0,44 куб.м/га), а максимальна в антропогенных ландшафтах и на скалах (5,77 и 11,74 куб.м/га). По сравнению с лесом денудация возросла в редколесьях и шибляках в 5,3

раза, в степи - в 13,1 раза, на скалах - в 26,7 раза. При учете всех процессов различия меньше: 2,8, 4,9 и 8,8 раза. В последней четверти XX века снос с удельной поверхности снизился и приблизился к уровню природных и природно-антропогенных процессов, т.к. прекратилась денудация, связанная с добычей полезных ископаемых, террасированием склонов, строительством подземных хранилищ и прудов.

Таблица 4. Среднегодовая денудация (м³ / га) в разных ландшафтах в XX веке

Денудационные процессы	Ландшафты					
	Лес	Редколесья и шибляки	Степь	Луговая степь	Скалы	Антропогенные ландшафты
Природные и природно - антропогенные	0.44	2.33	5.77	0.24	11.74	4.71
Антропогенные	0.89	1.39	0.78	0.75	0.00	4.13
Все процессы	1.33	3.72	6.54	0.99	11.74	8.83

8. Тотальная и транзитная денудация

Полученные результаты (табл. 2, 3) позволили рассчитать тотальную и транзитную денудацию, т.е. среднегодовое количество вещества, соответственно перемещенного по балансовому участку всеми экзогенными процессами, и удаленного за его пределы.

Скорость тотальной денудации составила 0,423 мм/год. Без учета антропогенных процессов она уменьшится почти на треть - до 0,294 мм/год.

В горах с умеренным и субтропическим климатом (осадков 200-1500 мм/год) средняя расчетная скорость денудации достигает 0,100 мм/год, в горах Средиземноморья - 0,449 мм/год (Corbel, 1959, 1964), что близко к значениям, полученным нами для балансового участка.

Водотоки выносят с балансового участка в море ежегодно 6251 куб.м твердых и растворенных веществ, что соответствует снижению земной поверхности на 0,03 мм/год. Транзитная денудация составляет 7,2% по объему и 6,0% по массе от тотальной денудации. Без учета антропогенных процессов эта доля возрастет до 10,9%. В бассейне реки Ворон она несколько больше – 12,0% (Клюкин, 1996). Не менее 77% объема удаленного вещества составляют продукты механической денудации. С учетом вывезенных за пределы балансового участка добытых полезных ископаемых транзитная денудация возрастет с 0,03 до 0,05 мм/год и ее доля составит 12,9% от объема тотальной денудации. Транзитная денудация уменьшилась во второй половине XX века в связи с зарегулированием части поверхностного стока, прекращением разработок и вывоза трасов.

С.Шумм и А.Юнг предполагали, что скорость денудации горного рельефа значительно больше рассчитанной по стоку рек и может достигать 0,5-0,9 мм/год (Оллиер, 1984). Наши расчеты подтверждают это предположение и свидетельствуют, что тотальная денудация превышает транзитную примерно на порядок.

9. Аккумуляция наносов

Практически все исследователи, рассчитывавшие тотальную и транзитную денудацию или баланс наносов, констатировали, что значительная часть перемещаемых отложений аккумулируется на трассе переноса и не достигает замыкающего

створа. Д.Д.Филлипс (Phillips, 1991) отмечает, что 71-81% всех смытых наносов остается на склонах, 10-21% - аккумулируется на пойме и в русле, 7-16% - удаляется из бассейна.

Разность значений тотальной и транзитной денудации показывает, что на территории балансового участка аккумуляровалось 92,8%, а с учетом вывоза полезных ископаемых – 87,1% объема всех перемещенных в XX веке наносов. Они останавливались там, где уменьшался уклон, имелись препятствия, распластался или уменьшался поверхностный сток, увеличивалась плотность растительного покрова. Около половины протектов делювиального смыва задерживается травянистым покровом, куртинами деревьев и кустарников, у стволов и камней, на оползнях и террасах. Ареной аккумуляции наносов являются конусы выноса оврагов, днища балок, долин рек и временных водотоков, состоящие из делювиально-пролювиальных шлейфов, поймы и первой надпойменной террасы. На них размещены плантации винограда. Аккумуляция наносов на днищах долин высоких порядков происходит унаследованно в течение всего голоцена и постепенно распространяется регрессивно в средние звенья эрозионной сети. В результате деятельности человека возросла площадь открытых пространств, являющихся ареной развития ускоренной эрозии. Со склонов и сельхозугодий в русла водотоков стало поступать больше наносов, особенно мелких фракций.

Водотоки высоких порядков удаляют значительную часть поступающих в русла взвешенных наносов и растворенных веществ. Основная же масса

влекомых наносов остается в бассейне, откладывается в местах расширения и уменьшения уклона русловых ложбин. В море выносятся только около 10% всех перемещенных паводками крупнообломочных отложений. Значительные паводки не вмещаются в русловые ложбины и распластываются на высокой пойме, наращивают ее наносами. Из-за антропогенного усиления пойменной аккумуляции в нижней половине долин, высокая пойма уже практически не отделяется от первой террасы, образует с ней единый уровень. Аллювий, пролювий и делювий частично задерживаются также на искусственных террасах, у насыпей и плотин разного

назначения. Почти все техногенные отложения только перераспределяются по территории балансового участка. Доля аккумуляции в балансе наносов была до середины XX века меньше, чем сейчас.

10. Баланс наносов

Балансовый участок является открытой системой. В нее поступает вещество со склонов, из русел водотоков, подземных полостей, атмосферы, моря и из других регионов. Расходные элементы включают затраты на аккумуляцию, вынос в море, перемещение в другие регионы.

Приходные и расходные элементы баланса без учета доли антропогенных процессов равны соответственно 80767 т/год. С учетом антропогенных процессов приход и расход увеличились соответственно на 65506 и 63006 т/год, а балансовая разность оказалась положительной (2500 т/год).

В балансовых расчетах не были учтены поступления и потери биогенного вещества, топлива, удобрений и ядохимикатов, утилизация отходов. Структура и сальдо баланса, особенно его антропогенной составляющей, изменялись во времени. Уже более 20 лет на балансовом участке не ведутся разработки полезных ископаемых, строительство предприятий и гидротехнических объектов, террасирование склонов, но возросло поступление стройматериалов и воды из других регионов.

Двадцатый век ознаменовался резким обострением в системе "человек - природа-ресурсы"(Осипов, 2002). Геологическая и геоморфологическая деятельность человека стала сопоставимой с деятельностью природных процессов. Возросли частота и эффективность действия природных катастроф. В XXI веке интенсивность экзогенных процессов, в том числе неблагоприятных и опасных, будет нарастать в связи с потеплением климата, повышением уровня Мирового океана, усилением негативного антропогенного воздействия на природную среду. Это нарастание отчетливо проявилось в последние годы и в Крыму.

Заключение

В работе впервые составлен и проанализирован баланс наносов горной территории, находящейся в условиях переходного климата от умеренного континентального к субсредиземноморскому.

В качестве объекта исследований выбран участок юго-восточного макросклона Главной гряды Крымских гор, расположенный во всех ландшафтных поясах, репрезентативный для низкогорья Крыма.

На территории балансового участка выявлена структура нисходящего литодинамического потока и роль в денудации различных экзогенных процессов. Более половины всей массы вещества перемещали флювиальные склоновые и русловые процессы, а также процессы, связанные с добычей полезных ископаемых, строительной деятельностью и террасированием склонов.

Природные и природно-антропогенные процессы снижали земную поверхность в XX веке в 3,2 раза медленнее антропогенных процессов. Наиболее интенсивно снижались гравийно-галечные пляжи от дефляции, бедленды и русла от эрозии, участки разработок полезных ископаемых и строительства гидротехнических объектов.

Денудация поверхности природными и природно-антропогенными процессами была минимальной в лугово-степных и лесных ландшафтах. По сравнению с лесом она возрастала в редколесьях и шибляках в 5,3 раза, в субсредиземноморских степях – в 13,1 раза, на скалах и береговых уступах – в 26,7 раза.

Скорость тотальной денудации территории без учета антропогенных процессов составила 0,294 мм/год, а с учетом антропогенных процессов – 0,423 мм/год. Тотальная денудация превысила транзитную на порядок.

На балансовом участке аккумулировалось 87,1% всего объема перемещенных наносов. В направлении от верховий долин к морю уменьшается доля русловой эрозии, увеличивается доля бассейновой денудации и аккумуляции.

Приходная и расходная части баланса наносов без учета антропогенных процессов составили соответственно 80767 т/год, а балансовая разность равна нулю. С учетом антропогенных процессов сальдо баланса положительное.

Структура и сальдо баланса изменялись во времени. Во второй и третьей четверти XX века возрастали роль и разнообразие антропогенных процессов; во второй половине XX века уменьшилась доля русловой эрозии и транзитной денудации, увеличилась аккумуляция наносов.

Выявленные закономерности характерны для значительной части низкогорья Крыма.

Литература

1. Ажигиров А.А. О роли различных денудационных процессов в развитии склонов на Северо-Западном Кавказе //Геоморфология. – 1991. – №2. – С. 46-52.
2. Бобра Т.В., Боков В.А., Ведь И.П. и др. Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов юго-восточной части горного Крыма. Симферополь: Таврия - Плюс, 2001. – 133 с.
3. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы и баланс наносов в бассейне р. Протвы //Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. – 1988. – № 6. – С. 15-24.
4. Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Литвин Л.Ф., Сидорчук А.Ю. Баланс наносов в речных бассейнах и деградация рек Русской равнины //Геоморфология. – 1992. – № 4. – С. 62-71.
5. Дедков А.П., Можжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1984. – 264 с.
6. Иверонова М.И. Опыт количественного анализа процессов современной денудации //Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1969. – № 2. – С. 13-24.
7. Клюкин А.А. Баланс наносов в бассейне р. Ворон /Крымские горы //Геоморфология. – 1996. – № 3. – С. 88-96.
8. Клюкин А.А. Мониторинг склоновых процессов Карадага //Карадагский природный заповедник НАН Украины. Летопись природы, т. ХУ. Симферополь: СОНАТ, 2001. – С. 17-23.
9. Клюкин А.А., Михаленок Д.К. Мониторинг склоновых процессов Карадага //Заповідна справа в Україні, 1995. – Т. 1. – С. 84-93.
10. Клюкин А.А., Толстых Е.А. Изучение скорости современной денудации склонов гор //Геоморфология. – 1977. – № 2. – С. 62-69.
11. Ковальчук І. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Ін-т українознавства, 1997. – 440 с.
12. Корженевский В.В., Клюкин А.А., Толстых Е.А. Растительность как индикатор скорости склоновых процессов флишевого низкогорья Крыма //Экология. – 1983. – № 4. – С. 24-29.
13. Меняющийся мир: Географический подход к изучению: советско-американский проект. – М.: Прогресс, 1991. – 392 с.
14. Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР. – М.: Наука, 1986. – 160 с.
15. Оллиер К. Выветривание. – М.: Недра, 1987. – 348 с.
16. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века //Геоэкология. – 2001. – № 4. – С. 293-309.
17. Поздняков А.В., Черванев И.Г. Самоорганизация в развитии рельефа. – М.: Наука, 1990. – 204 с.
18. Природа Карадага. Киев: Наукова думка, 1989. – 288 с.
19. Сафьянов Г.А. Расчет баланса наносов в береговой зоне //Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. – 1969. – № 4. – С. 121-126.
20. Сафьянов Г.А. Береговая зона океана в XX веке. – М.: Мысль, 1978. – 263 с.
21. Сафьянов Г.А. Инженерно-геоморфологические исследования на берегах морей. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 150 с.
22. Тимофеев Д.А. Элементарные морфологические единицы как объект геоморфологического анализа //Геоморфология. – 1984. – № 1. – С. 19-29.
23. Толстых Е.А., Клюкин А.А. Методика измерения количественных параметров экзогенных геологических процессов. – М.: Недра, 1984. – 117 с.
24. Шуйский Ю.Д. Опыт изучения баланса осадочного материала в береговой зоне Черного моря //Геологический ж-л. – 1981. – Т. 41. – № 5. – С. 82-89.
25. Шуйский Ю.Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 240 с.
26. Флоренсов Н.А. Скульптуры земной поверхности. – М.: Наука, 1983. – 174 с.
27. Corbel J. Vitesse de l'érosion //Zeitschrift für Geomorphologie. – 1959. – Bd 3. – H 1. – P. 1-28.
28. Corbel J. J'érosion terrestre, etude quantitative (methodes - techniques – resultats) //Ann. Geograph. – 1964. – Vol. 73. – P. 385-412.
29. Phillips J.D. Fluvial sediment budgets in the North Carolina Piedmont //Geomorphology. – 1991. – Vol. 4. – № 3-4. – P. 231-241.
30. Rapp A. Recent development of mountain slopes in Karkevagge and surroundings. Northern Scandinavia // Geogr. Ann. – 1960. – Vol. 42. – № 2-3.
31. Walling D.E., Webb B.W. Material transport by the world's rivers: evolving perspectives //YAHS Publ. – 1987. – № 164. – P. 313-329.

Анотація. О. А. Клюкин **Баланс наносів у низькогір'ї Криму.** У роботі вперше надана характеристика балансу наносів низькогірської території, розташованої в умовах перехідного клімату від помірно-континентального до субсередземноморського. Швидкість тотальної денудації у XX столітті з обліком та без обліку антропогенних процесів складала, відповідно, 0,294 та 0,423 мм/рік.

Ключові слова: нанесення, денудація територій.

Abstract. A. A. Klyukin **The balance of sediments in the Crimean low-mountain.** In this paper for the first time the balance of sediments in the low-mountain territories, located in the transitional climatic conditions from continental to Mediterranean are characterized. The speed of total denudation in the 20th century with and without anthropogenic processes was, correspondingly, 0,294 and 0,423 mm/year

Key words: sediments, territorial denutation.

Поступила в редакцію 22.01.2004 г.