

NEOTECTONICS AND ISOSTASY OF THE NORTH-EAST OF THE USSR

V. G. BESPALYI and A. E. MAKSIMOV

Summary

Results are presented of a joint analysis of the tectonic structures of the North-East of the USSR and the gravitation field in the reduction of the Bug and Graaf-Khanter. Certain stages in the development of newest tectonic movements have been established and different relations between the relief and the level of gravitational field explained. The authors substantiate a division of the territory of the North-East into three geostructural areas. Eventually the intensity of structural transformations grow in the direction of the Pacific.

УДК 551.311.24(234.9+235.216)

Н. В. ДУМИТРАШКО

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКЗОГЕННЫХ РЕЛЬЕФОБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ КАВКАЗА И ТЯНЬ-ШАНЯ

Экзогенные процессы в горных странах отличаются повышенной интенсивностью по сравнению с равнинными территориями из-за резко контрастного рельефа. Новейшие тектонические движения, увеличивая крутизну склонов и уклоны русел рек, содействуют бурному развитию эрозии, селевых явлений, обвалов, оползней, а климатические условия, связанные с горным рельефом, создают большую динамичность гидрометеорологической обстановки, которая повышает скорость экзогенных процессов и создает благоприятный фон для их развития.

Динамика ряда экзогенных процессов — лавин, селей, осыпей, камнепадов, медленных перемещений склоновых отложений в Советском Союзе — наиболее полно изучена на Тянь-Шане, где многолетние стационарные наблюдения над этими явлениями проводили М. И. Иверонова, Г. А. Авсюк и др. Более разрозненные количественные данные по интенсивности различных современных процессов имеются для Кавказа. В большинстве случаев они относятся к тем денудационным процессам, которые протекают с повышенной интенсивностью и проявляются катастрофически (лавины, обвалы, оползни, осыпи, особенно на северном склоне Западного и Центрального Кавказа; сели, наиболее разрушительные в центральной части северного склона и на юго-восточном склоне Большого Кавказа).

Овражная и речная эрозия во время ливней и паводков, а также аккумуляция в низовьях крупных речных долин отличаются значительной интенсивностью. По активности и энергии проявления на одном из первых мест стоит абразия на берегах Черного и Каспийского морей.

В то же время ряд экзогенных процессов — выветривание, нивация, солифлюкция, плоскостной смыв, суффозия — протекают сравнительно медленно (Сафронов, 1968). Хотя количественные данные для характеристики интенсивности экзогенных процессов трудно сопоставимы, приведем несколько цифр для их иллюстрации (таблица).

Сравнение приведенных цифр скорости сноса и аккумуляции показывает, что наибольшими их величинами отличаются селевые потоки; селевой снос даже для единичных селей только в три раза меньше годовой скорости аккумуляции в дельте Терека. По данным наблюдений М. И. Ивероновой (1969) на Тянь-шанской физико-географической станции в Киргизии селевой снос является наиболее активным фактором де-

Интенсивность некоторых денудационных процессов на Кавказе и Тянь-Шане

Процесс и район	Выносы за год		Выносы за один день, млн м ³	Снос, см/год	Аккумуляция, см/год*	Автор
	объем, млн м ³	вес, млн т.				
Деятельность селевых потоков:						
р. Чхери			1,44	18,0		Хмаладзе, 1955
р. Баксан, Центральный Кавказ			3,0			Боголюбова, 1957
р. Большая и Малая Алматинки			3,5			Колотилин, Бочкарев и др., 1967
Зайлийский Алатау, Тянь-Шань		26,0			10000	Самойлов, 1952
Аккумуляция в дельте Терека*					4300	Егоров и Касьянов, 1961
Аккумуляция в дельте Кубани*						Иверопова, 1969
Ледниковый транспорт в долине р. Чон-Кызылсу, Северный Тянь-Шань	0,005					
Снежные обвалы (там же)	0,01					»
Камнепады (там же)	0,009					»
Солифлюкция (там же)	0,002					»
Дефлюкция (там же)	0,00001					»

* Линейный прирост дельт.

нудации и составляет 30,7% всего объема годового сноса в этом районе. Слой селевого сноса равен 0,28 мм в год, а годичный слой суммарной денудации — всего лишь 0,17 мм/год (там же).

Данные М. И. Ивероновой очень интересны и в отношении сравнительной количественной оценки интенсивных, быстрых экзогенных рельефообразующих процессов, и медленных, к которым принадлежит движение склоновых отложений. Приведенные в табл. 1 цифры показывают, что объемы производимого ими годового сноса на много порядков (в несколько сот тысяч раз) ниже, чем таких катастрофических явлений, как, например, сели. Объем снежных обвалов также значительно меньше селевых выносов (в несколько сот раз).

Вместе с тем следует подчеркнуть, что селевые процессы, несмотря на большую интенсивность, являются локальными и охватывают обычно бассейны небольших рек, по которым селевые отложения выносятся во внутренние, межгорные и, реже, предгорные впадины. В то же время в ряде хребтов селевые бассейны занимают крупные районы, что увеличивает площадь селевых выносов. Особенно больших размеров и мощностей они достигали в экстрагляциальных областях, где в периоды оледенения господствовали условия плювиального климата, а также в приледниковый перигляциальной зоне. Поэтому мощные селевые выносы

имеют большое развитие в составе приледниковых отложений, а также внеледниковых плейстоценовых комплексов, и особенно верхнеплиоценовых галечно-валунных конгломератовых толщ, занимающих периферические зоны ряда молодых горных стран, классическими примерами которых являются Кавказ и Тянь-Шань.

На Кавказе аналогичные наблюдения по значению селевого сноса в общей сумме процессов денудации отсутствуют, но имеются попытки оценить размеры эрозии и денудации в целом. Для всей его горной территории А. В. Волин (1946) указывает скорость эрозии в 0,45 мм в год по общему модулю твердого стока (1210 т/км^2). Для Армянского вулканического нагорья Г. К. Габриелян (1965) вычислил скорость комплексной денудации, которая соответствует годовому слою сноса в 50 м ($0,05 \text{ мм}$) в год при модуле склоновой денудации 125 т/км^2 . «Денудационный метр», вычисленный Г. К. Габриеляном по этим данным, равен 20 000 лет. Эти цифры значительно меньше величин, приведенных А. В. Волиным, что объясняется, вероятно, более точным учетом твердой составляющей стока, который производил Г. К. Габриелян. Его подсчеты были выполнены в последнее время и для всего Кавказа в целом (1968). Они базировались на учете всех компонентов твердого стока рек, химического стока, стока взвешенных и влекомых наносов. На основании вычисленных величин были определены объемы и слой годового сноса для различных районов Кавказа и составлена схематическая карта интенсивности комплексной денудации для всей его территории. Годичный снос со всего Кавказского перешейка равен 180 млн. т, а средний слой годового сноса составляет 200 м, т. е. 0,2 мм в год. Эти данные позволяют вычислить, что средняя величина денудационного метра на Кавказе — 5000 лет. В зависимости от интенсивности денудации толщина годичного слоя сноса изменяется от 0,025 до 2 мм в год.

Наибольшая интенсивность денудационных процессов наблюдается в восточной части Большого Кавказа, где денудационный метр менее 500 лет.

С восточной части Большого Кавказа реки ежегодно выносят более 3000 т/км^2 взвешенных наносов, в то время как на Малом Кавказе, в западной части Северного Кавказа и в Советской части Армянского нагорья сток взвешенных наносов составляет лишь от 50 до 100 т/км^2 (Габриелян, 1968).

Следует отметить, что учет денудации по твердому стоку рек не дает точных величин, так как Г. К. Габриелян (1965) указывает, что некоторые факторы денудации (эоловой, гравитационной, инфильтрационной) пока еще количественно не изучены. Например основные массы крупных обвалов, камнепадов, осыпей и глыбовых россыпей не увлекаются речным стоком. Наиболее крупные фракции селевых и аллювиально-пролювиальных выносов откладываются в конусах рек и на подгорных равнинах. Таким образом, приведенные выше цифровые данные по объему суммарного годового сноса, слоя сноса и значениям денудационного метра являются приближенными, но они показывают порядок величин денудационных процессов и их длительности во времени. Истинные значения суммарного годового сноса и слоя сноса должны быть несколько больше приведенных выше количественных показателей, а длительность денудационного метра несколько меньше вычисленной Г. К. Габриеляном.

Сравнение суммарной интенсивности денудационных процессов, полученных Г. К. Габриеляном (1968) для Кавказа (средний годовой снос — 0,2 мм, максимальный — 2,0 мм/год), со скоростями современных тектонических движений показывает, что экзогенные факторы формирования рельефа почти на один порядок отстают от тектонической составляющей, так как наименьшие скорости поднятий и опусканий достигают 1—2 мм/год, а в осевых зонах Большого Кавказа поднятия превышают 12 мм/год

(Лилиенберг, Матцкова и др., 1969). Усредненная (среднегодовая) скорость неотектонических поднятий в несколько раз больше скорости денудации (Габриелян, 1965). Поэтому на Кавказе в течение всего неотектонического этапа господствовало расчленение и с мэотиса формировался высокогорный рельеф. Интенсивность глубинной эрозии за все это время была в 1,5—2 раза меньше скорости поднятий (Милановский, 1968). Это хорошо видно из сопоставления абсолютных высот высокогорного, среднегогорного и низкогорного поясов Кавказа и глубины их расчленения долинами. По подсчетам Е. Е. Милановского, сделанным по разности абсолютных высот и изобаз вертикальных движений, показанных на составленной им карте новейшей тектоники Кавказа, объем материала, удаленного денудацией за неотектонический этап, составляет 150 тыс. км³. За счет его в краевых и межгорных прогибах отложились более рыхлые осадки конца миоцена, плиоцена и плейстоцена объемом более 200 тыс. км³.

Если принять современные величины годового сноса, объем этих материалов за весь неотектонический этап должен был бы в 3—4,5 раза превысить указанные величины. Из этих подсчетов совершенно ясно, что интенсивность денудации в начале неотектонического этапа была значительно ниже современной (Милановский, 1968). Ее размеры усиливались в этапы наиболее активных поднятий и дифференциальных движений (роста гор и опусканий прогибов и морских впадин), т. е. в мэотисе, среднем и позднем плиоцене и на различных этапах плейстоцена, особенно на рубеже его среднего и позднего отделов. В периоды спада тектонической активности и общих погружений, сопровождавшихся крупными трансгрессиями, особенно в конце сармата, раннем плиоцене и акчагыле, происходил спад энергии денудационных процессов. На их развитие оказали определяющее влияние также смены климатического режима, вызывавшие, в сочетании с тектоническими поднятиями, оледенения Кавказа и их смену межледниковьями. В периоды отступления ледников в связи с их таянием денудационные процессы, особенно флювиальные, значительно активизировались; для перигляциальных районов были характерны интенсивные и многообразные гравитационные явления, селевые потоки, образование и прорыв озер, непосредственно прилегающих к краям ледников. Во время наступания ледников происходило замедление ряда денудационных процессов, например эрозионных, так как выпадение осадков в твердом виде и их превращение в массы снега, фирна и льда препятствовали речному стоку. Но в экстрагляциальных областях с плювиальным климатом эрозионные и аллювиально-пролювиальные процессы были достаточно интенсивны.

В целом ледниковые эпохи способствовали значительному усилению денудации и аккумуляции, так как сопровождались рядом эффективных процессов выветривания — нивальных, криогенных, солифлюкционных, гравитационных, бурным таянием льдов и, как его следствие, проявлением селевых потоков, речного размыва, сноса и накопления осадков. Фации плиоценовых конгломератов в краевых и межгорных прогибах Кавказа достаточно наглядно показывают, что в их формировании активную роль играли сели, которые в условиях поднятий и значительных осадков были одним из важнейших факторов накопления крупнообломочных пород орогенической молассовой формации.

На Тянь-Шане, несмотря на большую, чем на Кавказе, контрастность рельефа и значительную энергию годового сноса, общая величина которой, как показывают приведенные цифры, превосходит суммарную скорость денудации ряда районов Кавказа, эндогенная составляющая развития рельефа, несомненно, еще более превышает экзогенную. Это подтверждается как активной сейсмичностью Тянь-Шаня, так и активным проявлением новейших тектонических движений, особенно глыбовых, в развитии его рельефа.

Сравнительный количественный анализ интенсивности экзогенных процессов и суммарной денудации в различных физико-географических и геолого-тектонических условиях представляет собою одну из очередных задач геоморфологических исследований. Помимо большого практического значения этой проблемы для прогноза ряда стихийных катастрофических явлений и разработки мер борьбы с ними ее решение важно и для выявления ряда палеогеоморфологических вопросов, особенно для оценки роли и соотношения экзогенных и эндогенных факторов в прошлом. Наглядным примером палеогеоморфологического значения подобных сравнений являются скорости отступления горных ледников и формирования голоценовых морен (Кушев, 1962), которые во много раз превышают известные по данным абсолютной геохронологии скорости сокращения материковых ледниковых покровов. Значительно большая современная динамичность горного оледенения еще раз показывает, что сопоставление во времени древнего горного оледенения с материковым оледенением равнин должно производиться очень осторожно ввиду различной скорости этих процессов.

В этой статье мы пытались привлечь внимание к разработке проблемы сравнительной оценки интенсивности экзогенных процессов, которой принадлежит большое будущее.

Дальнейшее определение скоростей эрозионно-денудационных процессов и количественных параметров, определяющих их динамику, требует постановки стационарных наблюдений, которые в условиях интенсивного темпа экзогенных процессов, характерного для горных стран, могут дать материалы для ценных обобщений.

ЛИТЕРАТУРА

- Боголюбова И. В. Селевые потоки и их распространение на территории СССР. Л., Гидрометеиздат, 1957.
- Волин А. В. Твердый сток и скорость эрозии.— Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 5, 1946.
- Габриелян Г. К. Современные процессы выветривания и денудации вулканического нагорья Армянской ССР.— Автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора географических наук. М., 1965.
- Габриелян Г. К. О денудации Кавказа. Сб.: Современные экзогенные процессы. VII пленум геоморфологической комиссии при ОНЗ АН СССР, ч. I—Тезисы докладов. Киев, 1968.
- Егоров Е. Н., Касьянов Б. Л. Интенсивные современные преобразования морского берега, вызванные выдвиганием речной дельты и сооружением молв.— Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1961, т. 3.
- Иверонова М. И. Опыт количественного анализа процессов современной денудации.— Изв. АН СССР, сер. геогр., 1969, № 2.
- Колотилин Н. Ф., Бочкарев В. П., Антоненко Э. М., Новицкий С. А. Инженерно-геологические условия предгорной зоны Заилийского Алатау. Алма-Ата, 1967.
- Кушев С. Л. Синхронизация стадияльных и микростадияльных конечных морен последней стадии отступления ледников Кавказа.— Тр. комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР, 1962, т. XIX.
- Лилиенберг Д. А., Матцкова В. А., Горелов С. К., Думитрашко Н. В., Муратов В. М. Карта современных вертикальных движений земной коры и морфоструктурные закономерности Кавказа.— Сб.: Проблемы современных движений земной коры (Тр. III Междунар. симпозиума по современным движениям земной коры). М., «Наука», 1969.
- Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., «Недра», 1968.
- Самойлов И. В. Устья рек. М., Географиз, 1952.
- Сафронов И. Н. Современные экзогенные процессы на Северном Кавказе.— Сб.: Современные экзогенные процессы. VII пленум геоморфологической комиссии, тезисы докладов, ч. II, Киев, 1968.
- Хмаладзе Г. Н. Редкий водокаменный паводок.— «Природа», 1955, № 10.

Институт географии
АН СССР

Поступила в редакцию
19.IX.1969