

опасность нарушения динамического равновесия естественного течения современных геоморфологических процессов.

Таким образом, опираясь на собственный опыт разработки легенд и составления геоморфологических мелкомасштабных карт, мы считаем, что зональный аспект (современный и древний) должен быть основным стержнем всего содержания карт морфоскульптуры и подчеркнут соответствующими рубриками легенды. Под морфоклиматической зональностью понимается зональность самих скульптурных форм и их комплексов, исторически возникавших на определенной территории при специфической физико-географической обстановке.

Несмотря на отмеченную выше условность подразделения морфоскульптуры на "зональную" и "азональную", оно успешно служит основным классификационным признаком при обзорном мелкомасштабном картографировании скульптурных элементов рельефа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Асеев А.А., Благоволин Н.С., Веденская И.Э. Геоморфологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000 (принципы построения легенды). - Геоморфология, 1975, № 2.
- Веденская И.Э. О морфоклиматической зональности на территории СССР. - Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1969, № 3.
- Веденская И.Э. Морфоскульптура СССР: Карта масштаба 1:10 000 000. - В кн.: Равнины европейской части СССР. М.: Наука, 1972. Приложение.
- Веденская И.Э. Отражение элементов морфоскульптуры на обзорных геоморфологических картах. - В кн.: Морфоскульптура и экзогенные процессы на территории СССР. М., 1975.
- Веденская И.Э. Черно-белые иллюстративные геоморфологические карты. - В кн.: Геоморфологическое картирование. М.: Наука, 1978.
- Физико-географический атлас мира. М.: ГУГК, 1964.

*А. Ф. ГРАЧЕВ, ДАНГ ВАН БАТ*

#### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (на примере Горного Крыма)**

В геоморфологической литературе за последние годы появилось большое число работ, посвященных оценке интенсивности экзогенных процессов. Результаты, полученные разными авторами как для разных, так и для одних и тех же районов, существенно различаются, иногда на один-два порядка. Их сравнение между собой в большинстве случаев невозможно вследствие использования различной методики, неучета фактора устойчивости пород к денудации и несравнимости интервалов усреднения, приводящих к "парадоксу скоростей"<sup>1</sup> (чем выше интервал усреднения, тем меньше скорость про-

<sup>1</sup> Термин принадлежит М.В. Гзовскому.

цесса). В этой связи возникает необходимость подбора такого коэффициента, который дает возможность сравнивать полученные величины для районов с различным геологическим строением, а также определения скоростей экзогенных процессов различными методами на примере какого-либо района.

Обычно для оценки интенсивности экзогенных процессов используется скорость денудации, которая является линейной величиной. Для полной характеристики денудационного среза предлагается введение дополнительного параметра — интенсивности денудации, определяемой количеством вещества, снесенного в единицу времени с единицы площади. Понятно, что в зависимости от разной устойчивости пород к размыву при равной интенсивности экзогенных процессов эти величины будут существенно отличаться друг от друга. Для того чтобы их можно было сопоставлять, необходимо в расчет ввести коэффициент, учитывающий устойчивость пород к размыву. Для этой цели на основе комбинации всех физико-механических свойств горных пород (прочность на сжатие, модуль Юнга, сцепление, крепкость), эрозионной прочности пород (Бастраков, 1977), которая хорошо коррелируется с показателями их механических свойств, и растворимости пород, предлагается использовать показатель  $K$  устойчивости горных пород к денудации, по величине которого можно разделить все горные породы на ряд классов (табл. 1). В этой таблице видно, что чем выше класс, тем породы имеют большую устойчивость к денудации. Поэтому интенсивность денудации ( $I_d$ ) будет определяться формулой:

$$I_d = \frac{V_{ос} \cdot S'_{ос}}{S_d \cdot TK}, \quad (1)$$

где  $V_{ос}$  — объем осадков (в  $m^3$ ), снесенных за время ( $T$ ) с площади ( $S_d$ ) области сноса (в  $m^2$ );  $S'_{ос}$  — плотность осадков (в  $kg/m^3$ );  $K$  — безразмерный показатель устойчивости пород к денудации.

Интенсивность денудации без коэффициента  $K$  будет называться абсолютной, а с коэффициентом  $K$  — относительной. Соответственно линейная скорость денудации ( $V_d$ ) будет определяться как

$$V_d = \frac{h}{T \cdot K}, \quad (2)$$

где  $h$  — мощность размытых пород (в м).

Полигон, в пределах которого проведены соответствующие исследования, расположен в районе среднего течения р. Бодрак между с. Скалистое и дер. Трудолобовка. Относительно простое геологическое строение второго структурного яруса, включающего моноκлиально залегающие породы, от гстеривского яруса нижнего мела до симферопольского яруса эоцена включительно, интенсивно протекающие склоновые процессы и линейная эрозия, широкий комплекс различных генетических типов четвертичных отложений, а также

Класс (коэффициент K)	Характерная горная порода	Физико-механические свойства	
		эрозионная прочность, Н (по Бастракову, 1977)	прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>
I	Суглинок, алевролит	$<12 \cdot 10^3$	-
II	Глина	$<3 \cdot 10^5$	-
III	Мергель, гипс, каменный уголь	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^7$	200
IV	Песчаник, доломит, известняк, ангидрит глинистый сланец	$5 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^{10}$	200-1000
V	Крупнокристаллические доломит и известняк, пористый базальт	$5 \cdot 10^{10}$	1000-2000
VI	Гранит, гранитоиды, диорит прочный, мрамор, песчаник с кремнистым цементом	$5 \cdot 10^{11}$	2000-3000
VII	Габбро высокой прочности	$1 \cdot 10^{12}$	3000-4000
VIII	Плотный базальт, кварцит, диабаз и другие прочные породы	$5 \cdot 10^{12}$	4000

достаточно длительное изучение геоморфологии этого района (в течение 1972-1978 гг.) - все это создает благоприятную основу для обсуждения поставленной проблемы.

Основными рельефообразующими факторами в пределах изученной территории являются линейная эрозия (включая деятельность временных потоков) и склоновые процессы (обрушение, плоскостной и ручейковый смыв). Последние в условиях семиаридного климата приводят к параллельному отступанию склонов в районах развития структурного рельефа. Сочетанием указанных процессов в значительной степени и обусловлен современный облик рельефа после того, как наступил континентальный этап развития (т.е. в постсим-

Физико-механические свойства				Физико-механические свойства
модуль Юнга, (кг/см <sup>2</sup> · 10 <sup>5</sup> )	сцепление, (кг/см <sup>2</sup> )	крепкость		растворимость
		категория	коэффициент	
-	-	VIIa-X, мягкие породы	< 0,8	Легкорастворимые
-	70	VI-VII, довольно мягкие	< 2,0	
2,71	165	V, средние породы	< 4,0	
5,60	140-210	VI	< 6,0	Слаборастворимые
-	360	III, а, крепкие породы	< 8,0	
6,42	425	III, крепкие породы	< 10	Почти нерастворимые
12,00	-	II, очень крепкие породы	< 15	Нерастворимые
-	-	I, высшая степень крепости	< 20	

феропольское время). Приведенные ниже оценки интенсивности экзогенных процессов относятся именно к перечисленным рельефообразующим факторам.

Суммарный объем размытых пород симферопольского яруса в районе Нуммулитовой куэсты (с. Скалистое), определенный на основе геологического картирования в масштабе 1:25 000, равен  $9 \times 10^6$  м<sup>3</sup> для площади в  $2,8 \times 10^5$  м<sup>2</sup>. Отсюда по формуле (1) интенсивность денудации за 37 млн. лет (постсимферопольское время) оценивается в 0,008 г/см<sup>2</sup> год. Введение поправки на устойчивость пород к денудации ( $K = 4$ ) понизит эту величину до 0,002 г/см<sup>2</sup> год. Скорости денудации по формуле (2) определяет-

са в 0,01 мм/год на мощности размытых нуммулитовых известняков (около 40 м). На основе объемного метода (Гонов, 1949) можно рассчитать интенсивность денудации за четвертичное время. Объем четвертичных отложений, заполняющих овраги и речную долину р. Бодрак в пределах рассматриваемого района, приблизительно равен  $21 \times 10^6 \text{ м}^3$ . Принимая площадь сноса за  $33 \cdot 10^6 \text{ м}^2$  получим абсолютную интенсивность денудации за 1,7 млн. лет в  $0,0008 \text{ г/см}^2 \text{ год}$ . Эти расчеты показывают, что интенсивность денудации может быть оценена либо в виде снесенных объемов пород, либо в виде линейной величины (скорости). Если смысл первой величины вполне понятен, то геоморфологическая интерпретация второй — требует, как мы видим, обсуждения. В обоих случаях приведенные цифры отражают интенсивность денудации за счет деятельности склоновых процессов.

В этом же районе ниже Нуммулитовой куэсты расположена Баклинская куэста, развитая на мшанковых известняках датского яруса, в пределах которой с III по XIV вв. существовал Баклинский пещерный город. В нем насчитывается несколько десятков крипт (жилых помещений), первое появление которых относится к III в. (Галис, 1969). Изменения, проведенные нами в пределах различных крипт, показали, что скорость разрушения известняков меняется в пределах от 0,3–0,5 до 3 мм/год. Расчеты П.Д. Подгородского и В.И. Душевского (1974) для этого же района дали цифру 2,5–3,0 мм/год. Основным фактором, приводящим к разрушению крипт, является обрушение склонов. Это подтверждается большим количеством глыб известняков, расположенных ниже обрыва на склоне, выработанном в мергелях кампан-маастрихта.

По инструментальным данным (Клюкин, Толстых, 1973), скорость денудации для нуммулитовых известняков достигает 10 мм/год, а интенсивность денудации до  $2 \text{ г/см}^2 \text{ год}$ .

Таким образом, цифры, полученные для одного и того же района и отражающие интенсивность одного и того же процесса, за разные отрезки времени существенно различаются.

Интересные данные были получены для скоростей аккумуляции различных генетических типов четвертичных отложений. Для аллювиальных отложений р. Бодрак (по II надпойменной террасе, датированной по палинологическим данным<sup>1</sup> как верхнечетвертичная —  $Q_3^2$ ) скорость осадконакопления оценивается в  $0,2 \text{ мм/год}$ .

Проллювиальные отложения, выполняющие днище Московского оврага, время формирования которого как по спорово-пыльцевым спектрам<sup>1</sup>, так и по геоморфологическим данным имеет тот же верхнечетвертичный возраст, но их мощность существенно больше (до 8 м). Скорость аккумуляции за счет деятельности временных по-

<sup>1</sup> Спорово-пыльцевой анализ был проведен в палинологической лаборатории ЛГУ Л.В. Калугиной и Н.А. Гей.

Таблица 2

Интенсивность экзогенных процессов, определенная различными методами и за разные интервалы времени

Интервал времени	Величина денудации			Скорость осадконакопления различных генетических типов отложений, мм/год		
	интенсивность, г/см <sup>2</sup> год	скорость, мм/год	метод определения	аллювий	пролювий	делювий
37 млн. лет (постсимферопольское время)	0,008	0,01	По реконструкции геологических разрезов			
1,7 млн. лет	0,0008		По объемному методу			
100 000 лет				0,2	0,8	
1000 лет		0,3-3,0	По археологическим данным			
1964-1971 гг.	2,0	10,0	По стационарным наблюдениям (Клюкин, Толстых, 1973)		0,6-1,0	0,2-0,4

токов определяется в 0,5-0,8 мм/год. В этом же овраге (в районе впадения в него Воронежского оврага) в разрезе хорошо прослеживается слой мощностью 20 см, содержащий перемытую керамику, возраст которой по археологическим данным оценивается в 900-1000 лет. Выше культурного слоя залегают пролювиальные отложения мощностью от 0,60 м до 1,0 м, что дает скорость их аккумуляции за 1000 лет 0,6-1,0 мм/год. В этом же месте на склоне Московского оврага (к северу от описанного разреза) на остатках разрушенной древней печи залегают делювиальные отложения мощностью 0,2-0,4 м. Скорость накопления делювия определяется соответственно в 0,2-0,4 мм/год.

Приведенные данные, сведенные в табл. 2, показывают, что интенсивность и скорость экзогенных процессов (денудации и аккумуляции) существенно зависят от времени усреднения. Несовпадение величин, полученных на основе геолого-геоморфологических методов (длительные отрезки времени  $10^6-10^7$  лет), рассчитанных за короткие отрезки времени по археологическим данным ( $10^3$  лет) и выявленных с помощью инструментальных методов (до  $10^2$  лет), с нашей точки зрения, объясняется тем, что "нормальный" ход процессов в любой геоструктурной области и с любым климатическим режимом нарушается с той или иной степенью повторяемости

катастрофически быстро протекающими экзогенными процессами<sup>1</sup>. Неравномерный ход процессов по времени приводит к выводу, что для палеогеографических построений можно использовать величины, полученные за время порядка  $10^6$ - $10^7$  лет.

Район среднего течения р. Бодрак, где широко развита структурная поверхность (по нуммулитовым известнякам симферопольского яруса), является идеальным объектом для оценки величины денудационного среза. Поскольку истинная мощность этих известняков (к северу от с. Скалистое, где имеется непрерывный разрез) отличается от их мощности в районе Баклинской куэсты не более чем на 5 м, то за 37 млн. лет величина денудационного среза достигает первых метров, что дает средние значения скорости порядка  $1 \cdot 10^{-4}$  мм/год. Отсюда следует, что приводимые в литературе сведения о срезании километровых толщ в горах за 20-30 млн. лет выглядят в высшей степени неправдоподобными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бастраков Г.В. Эрозионная прочность горных пород. - Геоморфология, 1977, № 2.
- Клюкин А.А., Толстых Е.А. Методика и первые результаты стационарных наблюдений за скоростью денудации известняковых обрывов в Горном Крыму. - Геоморфология, 1973, № 4.
- Подгородецкий П.Д., Душевский В.П. Исследование археологических данных для определения скорости отступления известняков обрывов в Предгорном Крыму. - Геоморфология, 1974, № 3.
- Ронов А.Б. История осадконакопления и колебательных движений европейской части СССР (по данным объемного метода). - Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1949, № 3(130).
- Справочник химика, 2-е изд. М.: Химия, 1965, с. 12-262.
- Справочник по инженерной геологии/Под общ. ред. М.В. Чуринова. М.: Недра, 1968.

<sup>1</sup> В качестве примера для изученного района можно привести сезон 1972 г., когда в течение суток не прекращались ливневые дожди. В результате I надпойменная терраса была полностью залита водой, был снесен мост у с. Скалистое, а срез по отдельным оврагам определялся в 10-20 см. Особо интенсивно протекал ручейковый смыв в зонах развития мергелей верхнего мела (г. Белая) и флиша таврической свиты (горы Плоская, Длинная), где почвенно-растительный слой отсутствует. Аналогичные примеры хорошо известны и для других областей семиаридного климата.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ  
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

**КЛИМАТ,  
РЕЛЬЕФ  
И  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
ЧЕЛОВЕКА**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
Москва 1981