

УДК 551.436.11

А. А. НИКОНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ВРЕЗАНИЯ РЕК

Определение скорости врезания рек удобнее всего производить для периодов в тысячи — десятки тысяч лет, используя строение и морфологию террас и их абсолютный возраст (по археологическим и радиоуглеродным определениям). Выводится зависимость между возрастом археологических памятников и высотой их расположения в речных долинах.

В наиболее активной морфоструктурной области — горных районах Средней Азии — средние скорости врезания рек за последние 3000—50 000 лет составляют 1—3, местами до 4—7 мм/год. Эти величины значительно больше величин скорости врезания равнинных рек за то же время. Они не могут быть безоговорочно распространены на более длительный период из-за неравномерного и разнонаправленного характера тектонических движений и русловых процессов.

Существующие подходы и постановка вопроса. При изучении современных рельефообразующих процессов чрезвычайно важно знать скорость континентальной денудации вообще и глубинной эрозии рек в особенности. Попытки определить скорость современной денудации в горах Кавказа (Волин, 1946; Воскресенский, 1968; Габриелян, 1971), Средней Азии (Волин, 1946; Шульц, 1965; Иверонова, 1965, 1969; Бондарев, 1970), Монголии (Кузнецов, 1972) и Русской равнины (Волин, 1946; Лопатин 1949) основаны на расчетах современного стока твердых и растворенных наносов. Эти расчеты позволяют дать лишь осредненные по площади (проекции реальной площади на горизонтальную поверхность) величины денудации, к тому же без учета некоторых статей баланса вещества (таких, как эоловый перенос, осаджение наносов в межгорных впадинах и др.), и не могут создать верное представление о скорости глубинной эрозии в руслах рек.

Опыты определения скорости эрозии в русле реки по подсчетам баланса вещества в нем единичны (речь идет о естественных процессах, не нарушенных гидротехническими сооружениями). Так, например, Н. И. Маккавеев и Р. С. Чалов (1970) оценили скорость современной глубинной эрозии в русле Оби при выходе из гор величиной 0,8 мм/год и одновременно установили чередование периодов эрозии и аккумуляции на соседних участках реки под влиянием изменения нормы стока в пределах 1850-летнего цикла увлажнения климата. Отдельные наблюдения и расчеты скорости текущей (т. е. за столетия) эрозии в русле не могут быть непосредственно использованы для определения реальной с геолого-геоморфологической точки зрения (т. е. за тысячи — десятки тысяч лет) скорости врезания, так как на изменение скорости эрозии (вплоть до смены эрозии аккумуляцией) в руслах рек влияют также циклические внутривековые изменения объема стока, характерные для большинства рек, но с точки зрения развития речной системы являющиеся короткопериодическими.

Попытки определить величину и скорость врезания рек по глубине сохранившихся речных долин дают заведомо сильно осредненные (за периоды от нескольких десятков миллионов до сотен тысяч лет) величины,

поскольку возрастные оценки древних форм флювиального рельефа весьма приближительны, а главное, при этом не учитывается смена этапов (разного порядка) эрозии и аккумуляции.

Целесообразно выбрать отрезок времени такой длительности, на протяжении которого не сказывались бы короткопериодические климатические флюктуации (в том числе 1850-летний цикл увлажнения), и вместе с тем достаточно короткий для того, чтобы не отражать смены тектонического режима (во всяком случае фаз в сотни тысяч лет и более). Такой период — тысячи — первые десятки тысяч лет. Несомненно, что и в такой отрезок времени скорость эрозии варьирует во времени и по длине рек в зависимости от мощности потоков, литологии подстилающих пород и т. п. Однако, ограничившись основными магистральными водотоками со среднегодовыми расходами в десятки — сотни $\text{м}^3/\text{сек}$, средними течениями рек и принимая во внимание весьма распространенное явление врезания рек такого порядка в собственный древний ($Q_1—Q_2$) аллювий, мы можем пренебречь внутренними вариациями.

Примененная методика. Для расчета скорости врезания рек необходимо знать фактическую величину врезания реки за определенный промежуток времени и абсолютный возраст характерных форм флювиального рельефа. С этой целью наиболее удобно использовать низкие надпойменные террасы рек, которые во многих областях формировались в течение тысячелетий и десятков тысячелетий, а к настоящему времени уже вышли из-под воздействия флювиальных процессов и еще не подверглись переформированию склоновыми процессами и последующей эрозией. Наиболее пригодны эрозионно-аккумулятивные террасы, так как только в них можно определить и глубину вреза реки (по высоте цоколя), и время врезания (по возрасту аллювиального покрова).

Но и в этом случае вопрос сложнее, чем может показаться вначале. Высота бровки террасы (высота кровли ее аллювия), строго говоря, не равна величине вреза за время с начала врезания реки в эту террасу. Фактически даже в фазу преобладания глубинной эрозии врезание реки в русло и аккумуляция на пойме происходят одновременно в геологическом масштабе времени (чередуюсь по сезонам и от года к году). Следовательно, величину эрозии следует измерять по вертикали от подошвы аллювия рассматриваемой террасы до подошвы аллювия нижележащей или подошвы современного аллювия в русле. Однако при определении возраста террас обычно имеют дело с аллювиальной покрывкой определенной мощности, между тем как подошва современного аллювия под руслом известна редко. Поэтому при определении величины врезания реки практически приходится измерять превышение кровли аллювия более ранней террасы над кровлей аллювия более поздней или использовать высоту кровли аллювия рассматриваемой террасы над паводковым уровнем (высокой поймой). При этом принимается, что высота современного паводка эквивалентна мощности террасового аллювия, что далеко не всегда имеет место в природе. Последнее обстоятельство не позволяет считать получаемую точность величин больше $\pm 10—20\%$.

При определении возраста поверхностей низких и средних террас (кровли и тела аллювия) использованы главным образом археологические данные по каменному веку, так как археологические находки и культурные слои разного возраста во множестве обнаруживаются на поверхности речных террас, местами в их аллювии или в фациально связанных с ним отложениях, иногда в пещерах на склонах долин.

Поселения людей каменного века располагались обычно на ближайшей к руслу, часто (но не обязательно) первой надпойменной террасе соответствующего времени. Поэтому в первом приближении можно считать, что современная высота над рекой культурных слоев стоянок и непереотложенных остатков каменного инвентаря складывается из первоначальной высоты обитаемой террасы (пещеры) над рекой (минимально —

высоты паводка) и глубины последующего вреза. Отсюда примерную глубину вреза за время после основания стоянки можно получить двумя способами: 1) считая, что первоначальная высота стоянки была близка к высоте паводка, можно ограничиться исключением высоты паводка из современной относительной высоты объекта. При этом глубина вреза будет обычно заниженной (а скорость врезания — завышенной), так как люди жили большей частью выше уровня максимального паводка; 2) если стоянка находилась на террасе, высота которой над швом нижележащей террасы (в частном случае — бывшей пойменной) не изменилась, то глубина вреза определяется нынешней высотой нижележащей относительно стоянки террасы за вычетом высоты паводка (или высоты современной высокой поймы).

Выбор способа расчета зависит от условий залегания и геоморфологического положения стоянки, причем в отдельных случаях возможно введение дополнительных поправок. Возможными изменениями высоты паводка за расчетное время обычно приходится пренебрегать.

В последнее время определения относительных высот археологических памятников над урезами рек делаются с большой точностью (± 1 м для низких и $\pm 3\div 4$ м для средних по высоте террас). Не менее важно, что многие памятники каменного века в настоящее время достаточно точно датированы разными методами, в том числе с помощью радиоуглеродного анализа. Принятые при последующих расчетах возрастные пределы подразделений палеолита и неолита основываются главным образом на новых радиоуглеродных датировках археологических объектов Ближнего и Среднего Востока (табл. 1) и полученных в СССР данных абсолютного возраста (Чердынцев, 1970).

Результаты и их обсуждение. *Горные реки.* Более подробными материалами мы располагаем по Средней Азии. Первые результаты основанные на данной методике расчетов скорости врезания рек в бассейне р. Пяндж приведены нами ранее (Никонов, 1970а, б, 1971). Полученные величины скорости врезания составляют от 1—1,5 мм/год для равнинной части территории (300—600 м абс. выс.) до 2—6 мм/год в горной части (1500—2500 м абс. выс.).

Ниже приведены примеры расчета скорости вреза рек.

На левом берегу р. Яхсу в Таджикистане у кишлака Дагана (севернее г. Куляба) развита широкая (>1 км) ровная, наклоненная к руслу терраса высотой 12—15 м над современным урезом. Терраса спускается 10-метровым уступом к современной высокой пойме, а от шва террасы поднимается 20-метровый уступ следующей террасы относительной высотой 40—75 м (бровка — шов). На этой террасе обнаружена стоянка гиссарской культуры, относимой к периоду 6000—8000 лет назад. На правом берегу известны также аналогичные стоянки на 70- и 20-метровой террасах, обрывающихся к руслу. Люди неолита, по всей вероятности, жили здесь в то время, когда 10—15-метровая терраса была тугайной (высокой поймой), а более высокие террасы обрывались непосредственно к ней. Иными словами, врезание реки за истекшие 8000—6000 лет должно составлять 10 м, а средняя за это время скорость врезания — примерно 1,3—1,6 мм/год.

В верховьях р. Яхсу открыта верхнепалеолитическая стоянка Шугноу (Никонов, Ранов, 1971), нижний культурный слой которой (примерно 30 000 лет назад) лежит непосредственно на пойменном аллювии террасы на относительной высоте 50—55 м. Здесь скорость врезания получается около 1,7 мм/год.

В среднем течении р. Вахш, выше Нурекского гидроузла в пролювиальной толще, перекрывающей террасу высотой 30—32 м, вскрыто несколько культурных слоев неолита (гиссарская культура, нижний слой 7785 ± 130 лет назад), а также включенный в пойменный аллювий упомянутой террасы мезолитический слой (Ранов, Коробкова, 1971). Зная

**Результаты радиоуглеродных определений возраста археологических памятников каменного века на Ближнем и Среднем Востоке
и в Средней Азии (в тыс. лет до 1950 г.)**

Периодизация каменного века	Ближний Восток			
	Израиль	Сирия	Ливан	Турция
Керамический неолит		p-457 7184±84 p-458 7686±112		p-316 7170±134 p-315 6990±121
Докерамический неолит		p-460 8364±101 p-459 8142±100 p-379 9655±84 p-380 8610±75 p-377 9582±89 p-381 8658±101 p-382 8956±103 p-378 9775±100		p-314 7340±94 p-313A 7350±85 GrN4458 9520±100
Мезолит		p-376 11 166±107		
Верхний палеолит	LI2068 31 400±3500 LI2075 31 500±3200 LI2082 35 300±2800 LI2084 38 800±2400 LI2090 28 500±2400		GrN 2195 28840±381	
Средний палеолит (мустье)	Gr N2534 397 00 ±800 Gr N2729 40 900 ±1000 35 400 ±900 Gr N2561±41 000±1000 Gr N4121±42 000±1700 Tx4119>37 000	GrN2640 >53 000	GrN2579 43 750±1500 GrN2556 >52 000	

Таблица 1 (продолжение)

Периодизация каменного века	Ближний Восток	Средний Восток		Средняя Азия	
	Ирак	Иран	Афганистан	Таджикистан,	Туркмения
Керамический неолит	ТК-34 8640±120	p-455 7269±86 p-503 5986±87	7030±110 7220±100	РУЛ-429 РУЛ-474 РУЛ-592	4170±110 5950±380 7000±110
Докерамический неолит	W-681 10 800±300	GaK994 8910±170	R-274 9475±100 HV-425 8650±100	ЛЕ-690 РУЛ-534	7100±140 8785±130 8020±170
Мезолит	W-667 10 600±300	GaK807 10 400±150	10 580±720	РУЛ-280	9530±130
Верхний палеолит	W-654 28 700±700 W-650 33 300±1000 GrN1830 33 900±900 GrN1494 34 000±470 GrN2016 35 440±600 34 540±500	Si-332 29 410±1150 Si-333 30 860±3000 Si-334 31 760±3000 Si-335 >40 000	10 210±235 16 615±215 25 000 32 000 34 000±3000		
Средний палеолит (мустье)	GrN 2527 46 900±1500 GrN 1495 50 600±3000	Si-247 >40 000 Si-248 >40 000	(?) 30 300± {1900 1200		

Примечание. Таблица составлена по материалам журнала «Radiocarbon», v. 1—10, данные по советской Средней Азии заимствованы у В. А. Ранова (1968), Первые буквы и цифры в каждой колонке — шифр лаборатории и номер образца.

Глубина и скорость врезания некоторых рек Средней Азии в пределах интенсивно растущих тектонических структур

№ п/п	Горная система, река, археологическая стоянка	Относительная высота террасы или датированного (культурного) слоя, м	Возраст площадки террасы, кровли аллювия или аллювиального покрова, лет	Примерная глубина вреза за расчетное время, м	Средняя скорость вреза за расчетное время, мм/год
1	Ферганский хр., р. Карасу (приток р. Нарын), грот Ташкумыр	32—56 35	7130±100 ~9000—11 000	28—50 30	4÷7 3
2	Северные предгорья Туркестанского хребта, навес Ак-Танги	37	8785±130	20—23	2,2÷2,6
3	Вахшский хр., р. Вахш, Туткаул	30	~10 000—11 000	25	2,3÷2,5
4	Дарваз, р. Яксу, Шугноу	50—55	~30 000	50	1,7
5	Предгорья хр. Фаранд (Сев. Гиндукуш), р. Хульм, Кара-Камар	135	34 000±3000	<135	<3,6

современную высоту мезолитического слоя над рекой (30 м) и примерную высоту паводка (5 м), получаем скорость врезания реки на данном участке за последние примерно 10 тыс. лет — 2,3—2,5 мм/год.

В бассейне р. Нарын, в том месте, где она пересекает Ферганский хребет, Е. Я. Ранцман (1968) оценила скорость врезания р. Карасу — 10 мм/год, основываясь на абсолютном возрасте (7100 лет) углей, включенных в аккумулятивную толщу террасы высотой около 60 м. Однако такая скорость не может считаться нормальной для этой реки, поскольку в данном случае резко ускоренное врезание ее связано с пропиливанием подпруды, за которой накопилась толща озерно-аллювиальных отложений увеличенной мощности. По другим данным (Финько и др., 1968), та же терраса изменяет высоту от 32—36 до 56 м максимально (в поднятом блоке). Эти данные позволяют оценить среднюю скорость эрозии в 3—4 мм/год (до 5—7 мм/год) в блоке молодого поднятия. Приведенные расчеты могут быть проверены с помощью археологических данных. В 7 км выше г. Ташкумыра на р. Карасу В. А. Рановым открыт грот, где в аллювии на высоте около 34 м включены остатки мезолитической стоянки (9000—11 000 лет назад). И по этим данным, следовательно, скорость врезания реки составляет около 3 мм/год.

В Иссыккульской котловине и окружающих горах скорость врезания рек в последние 8000—20 000 лет (после последнего оледенения) Е. Я. Ранцман (1959) оценила в 5—12,5 мм/год. После детальных геоморфологических и палеогеографических работ эта оценка может быть уточнена. Каменные орудия леваллуа-мустье и финального мустье по берегам рек, текущих в Иссык-Куль, находятся на высоте 100—110 м (Костенко и др., 1969). При возрасте этого периода в 55 000—50 000 лет (табл. 1) средняя скорость врезания рек получается 2—3 мм/год.

Имеются два примера оценки скорости врезания каналов над растущими антиклинальными складками. В Месопотамии над растущей антиклиналью канал за последние 1700 лет врезался на 3,6 м (Лис, 1957), т. е. врезался со скоростью 2,1 мм/год. В Ферганской впадине канал над антиклиналью за последние 3000 лет углубился на 12 м, т. е. ежегодно врезался примерно на 4 мм (Рыжков, 1957).

Новые результаты, основанные на отобранных по степени надежности высот и возраста данных, приведены в табл. 2 и 3. Из таблиц следует, что в различных горных районах Средней Азии (без высокогорья) средние скорости врезания рек за последние 3000—50 000 лет составляют обычно

Сравнительная интенсивность площадной денудации и глубинной эрозии в разных морфоструктурных областях. (Составлена с использованием данных Л. Г. Бондарева, А. В. Волина, С. С. Воскресенского, Г. И. Габриеляна, М. И. Ивероновой, Н. Г. Кузнецова, Г. В. Лопатина, А. А. Никонова, Е. Я. Ранцман, В. А. Растворовой, В. Л. Шульца и др.)

Морфоструктурная область		Скорость площадной денудации за годы—десятилетия, мм/год	Скорость врезания рек за тысячи—десятилетия тысяч лет, мм/год		
			по опубликованным другими исследователями данными	по расчетам автора	
Области интенсивных новейших поднятий и орогенеза	Кавказ	Большой Кавказ	0,45; 0,09÷0,14; 0,25÷1,0	5÷15	0,5÷1,0
		Малый Кавказ	0,14; 0,05		
		Дагестан	0,75; ≥1÷2		
		В целом	0,20		
	Тянь-Шань	Заилийский Алатау	0,28÷0,30		0,5÷1,5
		Кунгей Алатау		5,0÷12,5	
		Терской Алатау и Западное Прииссык-кулье	0,016÷0,073; 0,01÷0,03 0,008÷0,02; 0,08		1÷3
		Ферганский хр.	0,124÷0,246	10	2,5÷3 (7)
		Гиссарский хр. Петра I хр.	1,16	5÷25	1,5÷6
		В целом	0,26	5÷25	0,5÷7
	Возрожденные глыбовые горы	Нагорье Северной Монголии	0,002÷0,009 (0,01÷0,025)		0,3÷0,8
	Равнинные области, платформы	Туранская платформа	Туранская низменность (среднее течение Амударьи)	0,5	
Казахский щит (Прибалхашье)				0,05÷0,2	
Русская равнина		Верхневолжская равнина	0,006÷0,012	0,5÷0,6	
		Южное Предуралье	0,017÷0,035		0,5÷0,7
		Приднестровская возвышенность	0,014÷0,054		0,1÷0,35
		Среднерусская возвышенность	0,004÷0,007 (0,05÷0,09)		0,1÷0,2
		ц е л о м	0,03		0,1÷0,7

Примечание. Цифры в скобках означают максимальные известные величины.

1—3 мм/год, увеличиваясь местами до 4—7 мм/год, т. е. они в несколько раз меньше, чем представлялось ранее (Ранцман, 1959, 1968).

Для горных рек Кавказа, где ашельские памятники располагаются не ниже 120, а мустьерские — 30—40 м, скорость врезания получается 0,5—1,0 мм/год; для предгорных рек, где высоты соответственно 60—70 и 22 м, скорость составляет 0,2—0,5 мм/год. Эти величины скорости на порядок меньше тех, что получены по чисто геоморфологическим оценкам В. А. Растворовой и Е. М. Щербаковой (1963).

Реки Монгольского нагорья, по нашим расчетам, основанным на имеющихся геоморфологических и археологических материалах (Окладников, Троицкий, 1967), врезаются со скоростью 0,3—0,8 мм/год.

Нельзя не обратить внимания на то, что полученные скорости врезания рек характеризуются меньшими величинами последовательно в трех горных странах (горы Средней Азии, Кавказ, Монголия) в соответствии со степенью их новейшей тектонической активности.

Необходимо вместе с тем подчеркнуть, что приведенные величины не могут характеризовать скорость врезания потоков другого порядка (по расходам и уклонам) и за малый промежуток времени, тем более в условиях резко активизированных локальных структур или в нивальном поясе гор. Так, например, мелкие (расход — первые $\text{м}^3/\text{сек}$) притоки р. Сурхоб врезались в пределах поднимающего блока за последние 5000 лет со скоростью 10—100 мм/год (Финько, 1970), в то время как средняя скорость врезания р. Сурхоб за десятки тысяч лет составляет 1,5—6 мм/год. Мелкие реки северного склона Копетдага над антиклиналями за два года врезались со скоростью 100—150 мм/год (Курбанов и др., 1969).

Чтобы определить, насколько получаемые величины скорости характерны для всего рассматриваемого периода в тысячи — десятки тысяч лет, т. е. стационарен ли процесс врезания рек в пределах этого периода, составлены графики зависимости между современной высотой расположения археологических памятников над урезами рек и их возрастом. График для Афгано-Таджикской депрессии (рис. 1, А), характеризующейся высокой и неравномерной тектонической активностью (Никонов, 1970а, б, 1971), составлен главным образом по стоянкам открытого типа, залегающим на аллювиальных террасах в ненарушенном положении, на поверхности или в погребенном состоянии. Отбирались более надежно определенные по высоте и возрасту стоянки или отдельные находки, а при наличии нескольких памятников или нескольких культурных слоев в одном месте использовались наиболее низко расположенные. Возрастные определения, основанные большей частью на типологии каменного инвентаря, заимствованы у археологов А. П. Окладникова (1958) и В. А. Ранова (Ранов, 1968; Ранов, Коробкова, 1971; Никонов, Ранов, 1971); отдельные стоянки имеют радиоуглеродные датировки (см. табл. 1).

Анализ графика позволяет сделать два определенных вывода: 1) между высотой расположения памятника и его возрастом существует прямая (в пределах доступной точности исследования) зависимость; 2) памятники предгорий и гор располагаются в общем выше над урезом реки (более крутая линия на графике), чем однообразные памятники на равнине, что вполне подтверждает представление о большей интенсивности тектонических и эрозийных процессов в горах. Разброс точек объясняется в данном случае не столько неточностью исходных данных, сколько значительной дифференциацией территории по тектонической активности и рельефу (Никонов, 1970а, б).

Интересно, что относительные высоты ряда палеолитических памятников Копетдага, Узбекистана и Прииссыккуля с более точно известной высотой расположения близки к полученным для Афгано-Таджикской депрессии, но в целом несколько меньше.

Чтобы более строго определить установленную зависимость для гор Средней Азии, на график (рис. 1, Б) нанесены только памятники (культурные слои), находящиеся в аллювии или непосредственно над ним, т. е. практически ему синхронные, к тому же надежные по возрастной принадлежности. И в этом случае при малом количестве точек указанная выше прямая зависимость между высотой памятника и его возрастом сохраняется.

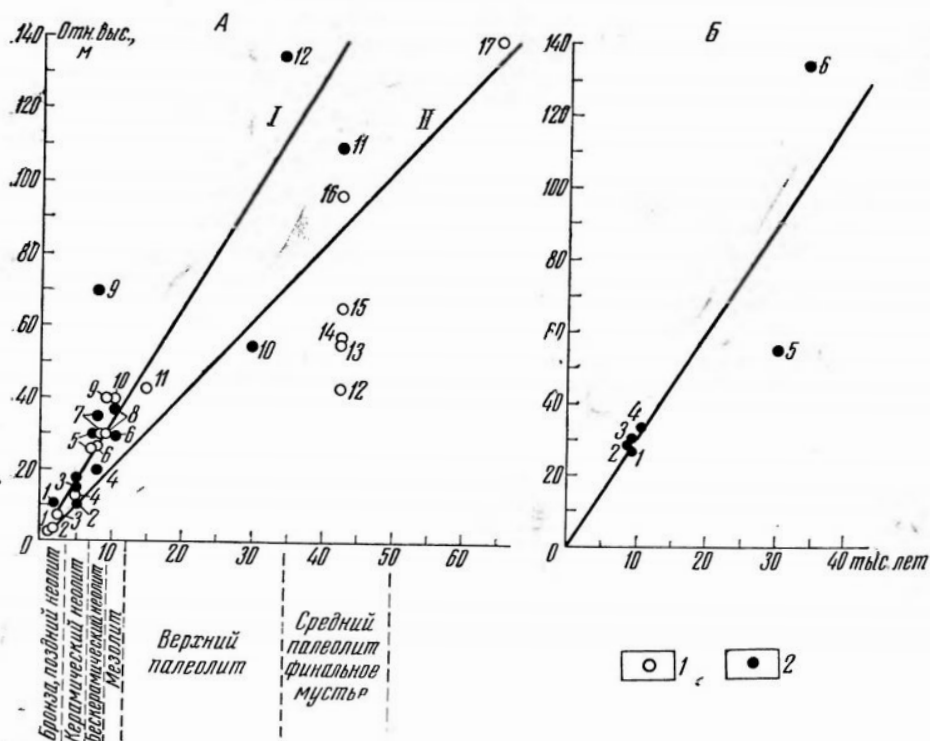


Рис. 1. Зависимость высоты расположения археологических находок (относительно урезов современных рек) от их возраста в Афгано-Таджикской депрессии

- A — стоянки на равнине и в горах, возраст которых определен по археологическим данным и C^{14} . I — отдельные находки и стоянки в пределах равнины и низких предгорий (обозначены пустыми кружками). 1 — близ устья р. Кундуз; 2 — р. Пяндж у пос. Файзабад-Кала; 3 — у слияния рек Пяндж и Вахш; 4 — близ устья р. Кундуз; 5—7 — у слияния рек Пяндж и Вахш; 8 — у г. Ташкур-ган на р. Хульм; 9 — низовья р. Яхсу выше г. Куляба; 10 — Пяндж у пос. Файзабад-Кала; 11 — Вахш у Джилкулской переправы; 12, 13 — левый берег Амударьи ниже устья Вахша; 14 — Вахш у мыса Ак-Джар; 15 — Вахш у возвышенности Кара-Бура; 16 — левый берег Амударьи ниже устья Вахша; 17 — правый берег Вахша, Кухи-Пиёз.
- II — стоянки в предгорьях и горах (обозначены залитыми кружками). 1 — левый берег р. Пяндж выше устья р. Кокчи; 2 — предгорья Гиссарского хребта у кишлака Ходжи; 3 — р. Пяндж близ устья р. Кокчи; 4 — р. Яхсу при выходе из хр. Кугитек; 5, 6 — р. Вахш у кишлака Туткаул; 7 — верхнее течение р. Кафирниган; 8 — р. Мачайдарья у кишлака Катта-курбан; 9 — р. Кокча у кишлака Акли-Маймай; 10 — р. Яхсу у кишлака Шугноу; 11 — предгорья Гиссарского хребта у кишлака Симиганч; 12 — р. Хульм, пещера Кара-Камар.
- Б — стоянки в горах, тесно связанные с аллювием и датированные по C^{14} или археологически. I — северные предгорья Туркестанского хребта, стоянка Ак-Тангы; 2 — предгорья хр. Фаранд, р. Балхаб, стоянка Хазар-Сум; 3 — Вахшский хребет, р. Вахш, стоянка Туткаул; 4 — Ферганский хр., р. Карасу, грот Ташкумур; 5 — предгорья Дарвазского хребта, р. Яхсу, стоянка Шугноу; 6 — предгорья хр. Фаранд, р. Хульм, пещера Кара-Камар.

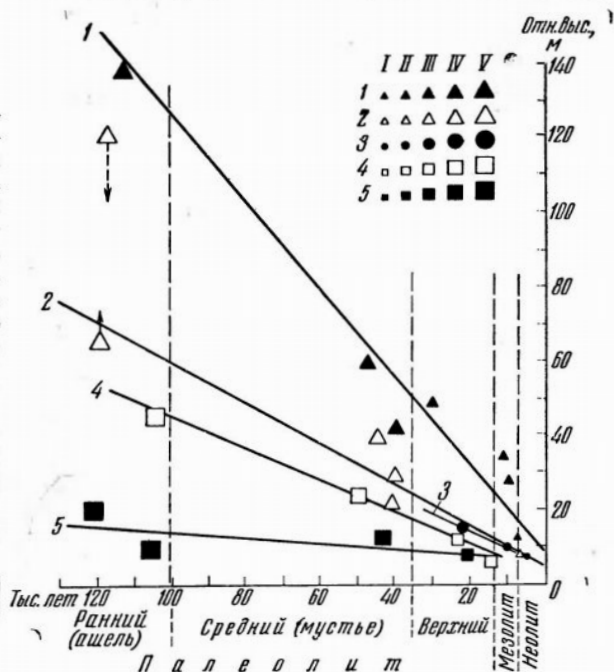
Составленные аналогичным образом, правда менее точно датированные, графики для рек Кавказа и нагорья Северной Монголии (рис. 2) демонстрируют аналогичную прямую связь между высотой приречных памятников и их возрастом. В сущности, рассматриваемые графики в первом приближении можно считать графиками врезания рек. Все это позволяет считать, что на протяжении последних тысяч — десятков тысяч лет процесс врезания горных рек Средней Азии, Кавказа и Монголии происходил сравнительно равномерно. Этим не отрицается, однако, су-

ществование мелких колебаний скорости врезания (и даже смены эрозии аккумуляцией) под влиянием эндо- и экзогенных факторов.

Равнинные реки. Предлагаемая методика расчета скорости врезания рек применима и к равнинным рекам. При этом, однако, возникают дополнительные трудности, связанные с более низким положением стоянок, наличием мощных аккумулятивных толщ аллювия, резкими изменениями объема стока в позднем плейстоцене, чередованием фаз эрозии и аккумуляции в результате колебаний уровня моря и озер, перестроек речной сети в связи с оледенением и др. Представляется, что более показателен

Рис. 2. Графики связи относительной высоты расположения и возраста приречных стоянок каменного века (графики врезания рек). Составлены по материалам А. П. Окладникова, В. А. Ранова, А. А. Никонова, С. Л. Троицкого (Средняя Азия, Монголия), В. П. Любина, В. М. Муратова (Кавказ), А. Г. Медоева (Казахстан), И. К. Ивановой, П. И. Борисовского (Русская равнина)

I — неолит; II — мезолит; III — верхний палеолит; IV — средний палеолит (мустье); V — ранний палеолит (ашель). 1 — Средняя Азия, предгорья и низогорья; 2 — Кавказ, низко- и среднегорье; 3 — нагорье Северной Монголии; 4 — Русская платформа, Приднестровская и Среднерусская возвышенности; 5 — Туранская платформа, Прибалхашская равнина Казахстана



тельные данные могут быть получены для равнинных рек вне области последнего оледенения и вдали от позднелейстоценовых морских бассейнов.

Ниже приведены примеры подсчета скорости врезания некоторых таких рек в равнинно-платформенных областях. Б. В. Нуждин (1968), используя археологические данные и радиоуглеродные определения, оценил скорость врезания Волги близ Рыбинска в 0,5—0,6 мм/год. Такая же средняя скорость (0,5—0,7 мм/год) получается для р. Белой, если принимать, согласно Ю. М. Васильеву (1967), возраст ее второй надпойменной террасы (20—23 м) в 21—30 тыс. лет и высоту паводка в 4—5 м.

На Днестре И. К. Ивановой (1969) изучена позднемустьевская стоянка Молодова I, расположенная на относительной высоте 15—20 м в суглинках, фациально связанных с аллювием второй террасы. Учитывая прежнее нахождение стоянки на высокой пойме и принимая ее возраст около 50 тыс. лет (более 40—45 тыс. лет по C^{14}), скорость врезания реки за этот период можно оценить в 0,15—0,35 мм/год.

В верховьях р. Сейм известны позднелейстоценовые стоянки, верхняя из которых (раннемадленская) связана со второй надпойменной террасой (6 м отн. выс.), а нижняя (среднемадленская) — с первой надпойменной, высотой 3 м, террасой (Борисовский, 1965). Скорость врезания верховьев р. Сейм оказывается равной 0,1—0,4 мм/год.

Итак, на Русской равнине скорость врезания рек вдали от морских бассейнов и края последнего ледникового покрова составляет 0,1—0,7 мм/год.

Можно привести также два примера для Туранской платформы. Скорость врезания Амударьи в среднем течении оценивается в $0,5 \text{ мм/год}$ на основании того, что головные сооружения древних арыков (3000—4000 лет назад) находятся ныне на высоте 2 м над уровнем современных паводков. Меньшие величины скорости врезания ($0,05—0,2 \text{ мм/год}$) получаются для мелких рек Прибалхашья, где по данным А. Г. Медоева (1970), памятники ашеля, мустье и верхнего палеолита залегают на вторых террасах высотой 5—15—20 м.

Нанесенные на график (рис. 2) данные о возрасте и относительной высоте нахождения археологических памятников равнин также демонстрируют прямую зависимость этих показателей. Из сопоставления данных, суммированных на графике (рис. 2) и в табл. 3, следует вывод о том, что в последние тысячи — десятки тысяч лет скорость врезания рек в равнинных платформенных областях ($0,05—0,7 \text{ мм/год}$) в несколько раз (максимально — на порядок) меньше, чем в областях современного активного горообразования ($0,5—7,0 \text{ мм/год}$). Конечно, в каждом конкретном случае скорость врезания реки зависит от ее водности, режима твердого и жидкого стока, состава подстилающих пород и других факторов, что заставляет рассматривать приведенные значения как сильно усредненные.

В заключение подчеркнем методические трудности использования полученных величин при расчетах денудации и палеогеоморфологических реконструкциях.

Сопоставление полученных средних значений скорости глубинной эрозии рек с интенсивностью площадной денудации в пределах разных структур по опубликованным данным (Волин, 1946; Лопатин, 1949; Иверонова, 1965, 1969; Воскресенский, 1968; Бондарев, 1970; Габриелян, 1971; Кузнецов, 1972) показывает (табл. 3), что в целом скорость врезания рек за последние тысячи — десятки тысяч лет превышает скорость текущей (за годы — столетия) площадной денудации на 0,5—2 порядка. Этот вывод пока можно формулировать лишь в общем виде, ибо точное количественное сопоставление площадной и глубинной эрозии требует специального рассмотрения с учетом многих природных факторов и особенностей методики расчета.

Полученные величины скорости врезания рек за последние тысячелетия — десятки тысячелетий не могут быть безоговорочно использованы для определения средней скорости и глубины врезания рек за четвертичный период или новейший этап развития в целом, без учета смены циклов эрозии и аккумуляции и палеогеографических изменений. Методически неправильно сравнивать величины, характеризующие процессы за различные по продолжительности периоды времени, ибо при этом могут оказаться сравниваемыми различные по интенсивности и даже направленности процессы, т. е. разные геоморфологические этапы.

Автор благодарен Н. И. Маккавееву, Н. С. Благоволу, В. А. Растворовой, В. А. Ранову, В. М. Муратову за ознакомление со статьей и ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарев Л. Г. Интенсивность денудации в предгорьях западной части северного склона Терской Ала-Тоо. — В кн.: Физическая география Прииссыкулья. Фрунзе, «Илим», 1970.
- Борисковский П. И. Палеолитические стоянки на территории Курска. — Матер. сессии, посвященной итогам археологических и этнографических исследований 1964 г. в СССР. Баку, 1965.
- Васильев Ю. М. Новые данные о возрасте второй надпойменной террасы Волги. — Бюл. КИЧП, № 34, 1967.
- Волин А. В. Твердый сток и скорость эрозии. — Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1946, т. X, № 5.
- Воскресенский С. С. Соотношение тектонических поднятий и денудационного среза. Геоморфологические и гидрологические исследования. Изд-во МГУ, 1968.

- Габриелян Г. К. Интенсивность денудации на Кавказе.— Геоморфология, 1971, № 1.
- Иванова И. К. Геоморфология и палеогеография Приднестровья в палеолите.— В кн.: Природа и развитие первобытного общества на территории Европейской части СССР. М., «Наука», 1969.
- Иверонова М. И. Твердый сток и скорость эрозии.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1965, № 4.
- Иверонова М. И. Опыт количественного анализа процессов современной денудации.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1969, № 2.
- Костенко Н. П., Ранов В. А., Макарова Н. В. К вопросу об использовании археологических данных в целях стратиграфии четвертичных отложений.— Бюл. Комис. по изучен. четвертичн. периода, № 36. М., 1969.
- Кузнецов Н. Т. К познанию денудации на примере гор Центральной Монголии.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1972, № 1.
- Курбанов М. К., Горелов С. К., Челпанов С. С. Изучение деформаций земной коры на Ашхабадском геофизическом полигоне.— Проблемы современных движений земной коры. М., 1969.
- Лис Д. М. Современные движения на Среднем Востоке.— В кн.: Живая тектоника. М., Изд-во иностр. лит., 1957.
- Лопатин Г. В. Эрозия и сток наносов в Европейской части СССР и Северном Кавказе.— Изв. Всес. геогр. о-ва, 1949, № 5.
- Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Некоторые особенности дна долин больших рек, связанные с периодическими изменениями нормы стока.— Вопр. географии, 1970, сб. 79.
- Медоев А. Г. Ареалы палеолитических культур Сары-Арка. По следам древних культур Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1970.
- Никонов А. А. Дифференцированный анализ четвертичной тектоники Афгано-Таджикской депрессии.— Геотектоника, 1970а, № 1.
- Никонов А. А. Молодое складкообразование в центральной части Афгано-Таджикской депрессии.— В кн.: Изучение современных движений земной коры на стационарных геофизических полигонах. Ашхабад, 1970б.
- Никонов А. А. О современных вертикальных движениях земной коры в сейсмоактивных районах Средней Азии.— Изв. АН СССР. Сер. физика Земли, 1971, № 6.
- Никонов А. А., Ранов В. А. К характеристике средне-верхнеплейстоценовых отложений р. Яхсу в свете новых данных.— Докл. АН ТаджССР, 1971, т. XIV, № 12.
- Нуждин Б. В. Глубинная эрозия в верховье Волги.— Природа, 1968, № 5.
- Окладников А. П. Исследования памятников каменного века Таджикистана.— Матер. и исследования по археологии, 1958, № 66.
- Окладников А. П., Троицкий С. Л. К изучению четвертичных отложений и палеолита Монголии.— Бюл. КИЧП, 1967, № 33.
- Ранов В. А. Изучение каменного века Средней Азии за двадцать лет (1945—1965).— Материальная культура Таджикистана, вып. 1. Душанбе, 1968.
- Ранов В. А., Коробкова Г. Ф. Туткаул — многослойное поселение гиссарской культуры в Южном Таджикистане.— Сов. археология, 1971, 2.
- Ранцман Е. Я. Геоморфология Иссыккульской котловины и ее горного обрамления. М., 1959.
- Ранцман Е. Я. К методике морфоструктурного анализа Тянь-Шаня.— Вопр. географии, 1968, сб. 74.
- Растворова В. А., Щербакова Е. М. Поднятие Центрального Кавказа за поздне- и послеледниковое время.— Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Рыжков О. А. Новейшие и современные тектонические движения в Фергане.— Тр. Комис. по изучен. четвертичн. периода, XIII, 1957.
- Финько Е. А. Некоторые закономерности проявления современных вертикальных движений земной коры в Таджикистане.— В кн.: Изучение современных движений земной коры на стационарных геофизических полигонах. Ашхабад, 1970.
- Финько Е. А., Ранцман Е. Я., Богданова Н. М. Продольное профилирование террас горных рек как метод выявления тектонической активности структур при гидротехническом строительстве в горах Средней Азии.— Вопр. географии, 1968, сб. 74.
- Чердынцев В. В. Абсолютная геохронология плейстоцена.— Тр. XV сес. Комис. по опред. абсолютного возраста геологических формаций. М., «Наука», 1970.
- Шульц В. Л. Реки Средней Азии. Л., Гидрометиздат, 1965.

Институт физики Земли
им. О. Ю. Шмидта АН СССР

Поступила в редакцию
12.III.1971

THE DEFINING OF THE RATE OF RIVER CUTTINGDOWN

A. A. NIKONOV

Summary

The best way to define the rate of cuttingdown is to do it for the periods of thousands and tens of thousands of years, using the structure and morphology of terraces and their absolute age (by archaeological and radio carbon datings). There is a certain dependence between the age of archaeological sites and the height at which they are situated in river valleys.

In the most active morphostructural area — mountain regions of Soviet Central Asia — the mean rates of river cuttingdown for the last 3.000—50.000 years make up from 1 to 3 mm per year and in some places from 4 to 7 mm. These values are much greater than the values of rates of cuttingdown in plain rivers for the same time. They should not be definitely propagated for a longer period because of the irregular and reverse character of the tectonic movements and river — bed processes.
