

# С какой скоростью врезаются реки?

А. А. Никонов

Кандидат географических наук  
Институт физики Земли АН СССР  
Москва

В течение геологического времени реки постепенно врезаются в свое ложе. В этом убеждает нас характерное почти для всех рек и для большей части их протяжения строение долин с лестницами террас и высоко поднятыми аллювиальными отложениями. Гораздо труднее ответить на вопрос, с какой скоростью реки врезаются. Попробуем выяснить это для рек средней величины<sup>1</sup>, не нарушенных инженерными сооружениями. Ни в учебниках и руководствах на этот вопрос мы ответа не найдем. В лучшем случае в нескольких специальных статьях последнего времени можно встретить факты углубления дна отдельной реки на каком-либо участке за определенные годы. Это, однако, будит сведения о временном углублении дна на данном участке в результате смещения вниз по течению плесов и перекатов. Гидрологи могут зафиксировать и другие изменения глубины дна и уровня воды в течение лет и десятилетий. Подобные явления, обычно периодического характера, связаны с чисто гидрологическими и климатическими причинами (например, колебания водности от сезонных до внутри- и многовековых циклов) и не характеризуют геологическую деятельность речных систем.

Можно подойти к вопросу иначе, с геоморфологической точки зрения. Геологи и геоморфологи в отдельных случаях пытались определить скорость врезания рек, исходя из возраста долин или их отдельных частей. Действительно, зная высоту поверхности приводораздельной ча-

сти долины Волги (около 300 м) и ее примерный возраст (около 30 млн лет), казалось бы несложно рассчитать скорость врезания реки — 0,001 мм/год.

Аналогично, например, принимая относительную высоту олигоценовой поверхности на Памире в 5000—6000 м над дном долин и современную высоту днищ долин в метрах, получают скорость врезания рек за время с олигоцена около 0,15—0,20 мм/год.

Однако эта простота подсчета и точность величин лишь кажущиеся. Даже если не говорить о неточности определений возраста и высоты исходных поверхностей, полученные величины могут рассматриваться лишь как грубо осредненные, отличные от реальных значений. Ведь известно, что практически во всех речных системах этапы врезания чередовались с этапами аккумуляции. Последние выражались в накоплении аллювиальных толщ на отдельных террасах или даже полном погребении долин. Поэтому методически правильным было бы выделять элементарные этапы врезания. Эти этапы фиксируются в речных долинах отдельными террасами или комплексами террас.

Следовательно, задача определения реальной скорости врезания рек состоит в том, чтобы оценить (с необходимой точностью), во-первых, долю эрозионного углубления в высоте конкретной террасы или комплекса террас, а во-вторых, абсолютный возраст этого врезания.

До последнего времени задача эта была практически невыполнима хотя бы из-за неопределенности возрастных оценок речных форм и отложений. Ныне, в связи с появлением серийных радиоуглеродных оп-

ределений возраста и накоплением по ряду райсов археологических данных, положение меняется.

Как бы это ни казалось на первый взгляд странным, именно археология может стать первой помощницей в данном случае. Особенно, когда речь идет об издавна густо заселенных районах, таких, например, как Кавказ, Средняя Азия, южные районы Русской равнины.

Археологам давно известно, что поселения человека каменного века обычно располагались по берегам рек. Замечена была и другая особенность приречных поселений: чем древнее памятник, тем выше над современной рекой он находится. А что если попытаться изобразить это графически?

Начнем со Средней Азии и рассмотрим, как врезаются реки в горных районах. Для построения графика связи высоты нахождения и возраста археологических памятников Средней Азии (рис. 1, А) мы сначала ограничились теми стоянками, возраст и высота которых достоверно известны, а сами они залегают в аллювии или непосредственно на нем. Последнее обстоятельство, подтверждая представление археологов о том, что древние люди основывали в этих случаях свои поселения у самой воды (конечно, как правило, выше паводковых вод) и последовательно перемещались все ниже, по мере врезания рек, дает основание считать, что полученная кривая отражает врезание рек за рассматриваемый период времени. В таком случае расчет скорости врезания не представляет затруднений. При этом, однако, необходимо принимать во внимание высоту паводка, вычитая ее из современной высоты нахождения стоянки.

В качестве примера приведем расчет скорости врезания Вахша в среднем течении, выше Нурекского гидроузла, где советским археологом В. А. Рановым раскопана и подробно изучена стоянка Туткаул.

Стоянка располагается на левом берегу Вахша в начале Пулисангинского ущелья, у кишлака Туткаул, на террасе высотой 30—32 м, перекрытой отложениями конуса выноса. В пролювиальной толще на террасе

<sup>1</sup> Среднегодовой расход воды таких рек составляет десятки — сотни м<sup>3</sup>/сек.

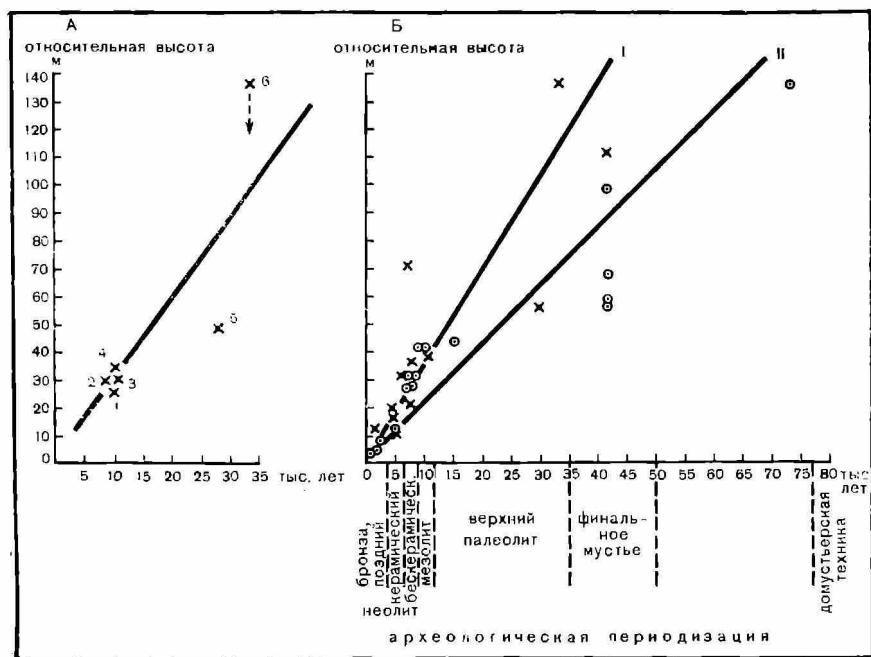


Рис. 1. Графики связи относительной высоты расположения археологических приречных стоянок Средней Азии с их возрастом. А — стоянки в горах (отмечены крестиком), связанные с аллювием, возраст определен по  $^{14}\text{C}$  или — по археологическим данным. 1 — навес Ак-Таньги, северные предгорья Туркестанского хребта; 2 — стоянка Хазар-Сум на р. Балтаб в предгорьях хребта Фаранд в Северном Афганистане; 3 — стоянка Туткаул в долине р. Вахш, Вахшский хребет; 4 — грот Ташкумыр на р. Карасу (приток р. Нарын), Ферганский хребет; 5 — стоянка Шугноу на р. Яксу в предгорьях Дарвазского хребта; 6 — пещера Кара-Камар в долине р. Хульм, предгорья хребта Фаранд в Северном Афганистане. Б — стоянки в пределах Афгано-Таджикской депрессии (область интенсивного новейшего складкообразования); в горах и предгорьях (крестики); на равнине и в низких предгорьях (кружочки). Скорости врезания рек: в горах (I) и на равнине (II). В пределах Средней Азии, при общей высокой скорости врезания рек, на равнине интенсивность эрозии заметно меньше, чем в горах.

раскопками В. А. Ранова вскрыто несколько культурных слоев неолита (гиссарская культура, нижний слой датирован в  $7785 \pm 130$ ) и подстилающий мезолитический слой, включенный в пойменный аллювий упомянутой террасы Вахша. Зная современную высоту мезолитического слоя над рекой (30 м) и примерную высоту паводка р. Вахш на данном участке (5 м), можно рассчитать скорость врезания реки за последние 10—11 тыс. лет. Она составляет 2,3—2,5 мм/год.

Аналогичные расчеты показывают, что и в других, отраженных на графике 1, А пунктах, скорость врезания рек составляет обычно 1—3 мм/год.

Случаи, подобные приведенному, далеко не исчерпывают возможностей использования археологического метода датирования глубины врезания рек даже применительно к югу Средней Азии. В большинстве местонахождений археологические стоянки располагаются на террасах так, что говорить об основании поселения непосредственно у воды трудно, например, когда культурный слой залегает в покровной толще или орудия лежат на поверхности террасы. По геологическим, геоморфологическим и археологическим признакам нередко можно заключить, что люди заселяли площадку данной террасы в то время, когда река протекала непосредственно под

уступом (в частном случае заселенная терраса была тогда первой надпойменной). Сохраняется ли при этом общая зависимость высоты нахождения стоянок (высот террас) от их возраста?

График 1, Б, составленный по материалам Афгано-Таджикской депрессии (бассейн рек Пянджа и Вахша), позволяет ответить на вопрос положительно. Более того, соответственно сгруппированные точки показывают, что памятники гор и предгорий в общем располагаются над урезом рек выше, чем однообразные памятники на равнине, что вполне соответствует представлению о большей интенсивности тектонических и эрозионных процессов в горах.

Отсюда можно заключить, что и памятники, не связанные непосредственно с аллювием, в ряде случаев пригодны для определения возраста террас и скорости врезания рек.

В качестве примера приведем расчет скорости врезания р. Яксу севернее г. Куляба, где известна серия стоянок гиссарской неолитической культуры, относимой В. А. Рановым к 6—8 тысячелетию. Однообразные стоянки располагаются вблизи крутых уступов террас высотой 20, 40 и 70 м; на более низких террасах, в частности на 10—15-метровой обширной террасе, стоянки отсутствуют. Это позволяет считать, что последняя из названных террас была в то время пойменной (тугайной) и за истекшее время река врезалась примерно на 10 м, которые отделяют ныне площадку этой террасы от поверхности современной поймы. В этом случае скорость врезания реки составляет 1,3—1,6 мм/год, что согласуется с другими данными. Так, в устье р. Кызылсу, в центральной части Афгано-Таджикской депрессии, скорость врезания за последние 3 тыс. лет получилась 0,8—1,0 мм/год, а в предгорьях Дарваза, в верховьях р. Яксу, за последние приблизительно 30 тыс. лет — 1,7 мм/год.

Само собой разумеется, что врезание рек над растущими складками или воздымающимися блоками более интенсивны. Американский геолог Д. М. Лис приводит интересный

пример врезания канала над растущей антиклиналью в Месопотамии<sup>1</sup>. За 1700 лет канал врезался на 3,6 м, т. е. скорость врезания над антиклиналью составила 2,1 мм/год. Аналогичный случай имеет место в Ферганской впадине, где примерно за 3 тыс. лет канал над антиклиналью углубился на 12 м, т. е. ежегодно врезался примерно на 4 мм/год. По отдельным измерениям на р. Нарын в Ферганском хребте и в бассейне р. Пяндж скорость врезания над активными разрывами повышается до 4—7 мм/год.

До сих пор мы рассматривали скорости врезания рек, удаленных от основного базиса эрозии. Реки Иссык-кульской котловины могут быть примером, когда скорость врезания рек связана с колебаниями уровня озера, вызванными главным образом климатическими причинами. Так, если, используя данные советских палеогеографов З. В. Алашинской и Л. Г. Бондарева, рассчитать скорость понижения уровня Иссык-Куля и соответствующего врезания устьевых частей впадающих в него рек, то за 500 лет она составит 20 мм/год, за 150 лет — 80 мм/год, за последние 53 года — 5,5 мм/год.

В то же время скорость врезания рек за 35—50 тыс. лет (возраст финального мутьея, орудия которого найдены на террасе высотой 100—110 м) оценивается здесь в 2—3 мм/год, а за 26 тыс. лет (со времени трансгрессии Иссык-Куля, сопоставляемого с последним горным оледенением) — примерно в 1,0—1,2 мм/год. Последние из полученных значений, как видно, более характерны для рек Средней Азии. Для горных рек Кавказа, где памятники ашельской культуры располагаются не ниже 120 м, а мутьерские — 30—40 м, скорость врезания составляет 0,5—1,0 мм/год.

Итак, мы выяснили, какова скорость врезания рек в областях активного горообразования. А как ведут себя равнинные реки?

Данные о точном возрасте террас равнинных рек немногочисленны, и расчет скорости их врезания за-

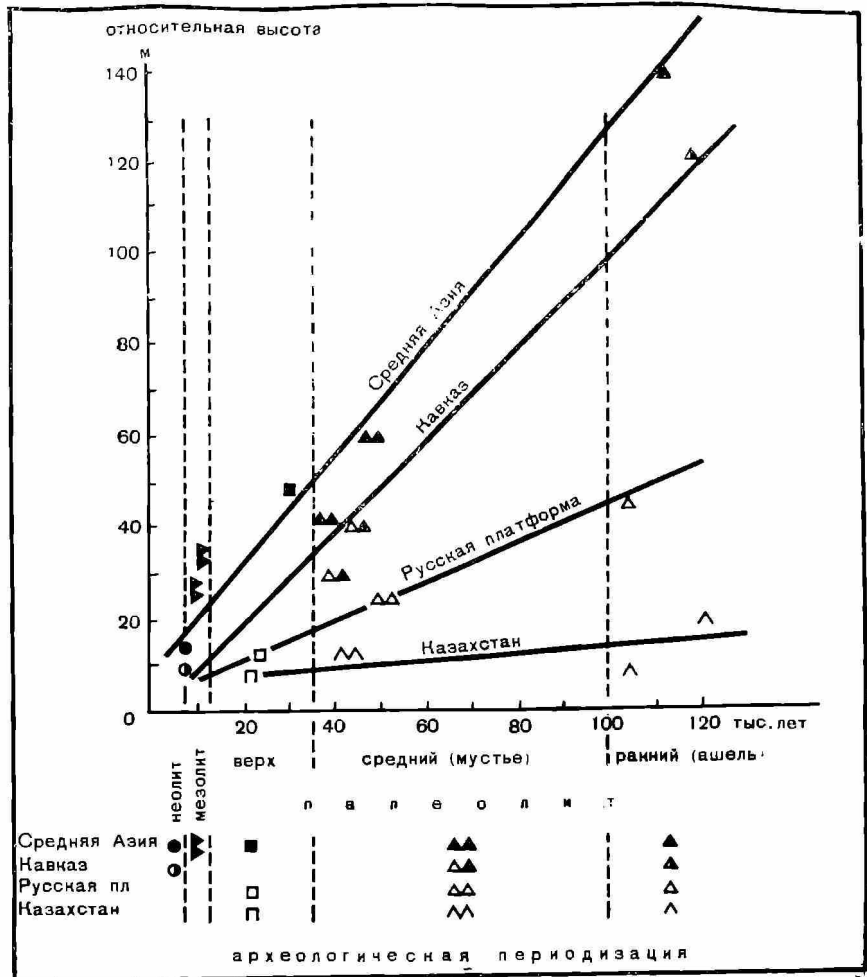


Рис. 2. График сопоставления скорости врезания рек в различных районах: предгорьях и низкогорьях Средней Азии, низко- и среднегорьях Кавказа, на Русской платформе (Приднестровье), в Казахском мелкосопочнике (Прибалташской равнине). Значки разной формы соответствуют стоянкам отдельных подразделений каменного века, интенсивность заливки значков увеличивается от равнинных областей к горным. Отчетливо видно, что в районах современного горообразования (Кавказ, Средняя Азия) эрозионная деятельность рек интенсивнее, чем в равнинных платформенных районах (Русская равнина, Казахский мелкосопочник).

труднен из-за частого чередования фаз эрозии и аккумуляции, в том числе в результате колебания уровня морей или одновременности (в геологическом времени) эрозии и аккумуляции. Тем не менее некоторыми сравнительными данными мы располагаем.

Так, например, скорость врезания р. Амударьи в нижнем течении оценивается примерно в 0,5 мм/год на основании того, что головные сооружения древних арыков (3—4 тыс. лет назад) находятся ныне на высоте 2 м над уровнем современных паводков.

Близкие значения скорости вреза получают для рек Русской равнины. Возраст II надпойменной террасы р. Белой высотой 20—23 м, по данным геолога Ю. М. Васильева, оценивается в 21—30 тыс. лет. Считая глубину вреза равной высоте террасы минус высота паводка (3—4 м), получим среднюю скорость врезания 0,5—0,7 мм/год. Такую же (0,4—0,7 мм/год) скорость врезания получил геоморфолог Б. В. Нуждин для Верхней Волги<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См. сб. «Живая тектоника», ИЛ, 1957.

<sup>1</sup> «Природа», 1968, № 5, стр. 90—91.

Скорости врезания рек за последние тысячи — десятки тысяч лет.

Равнинные реки на платформах			Горные реки в областях горообразования	
равнины	рек	скорости врезания рек, мм/год	области горообразования	скорости врезания рек мм/год
Русская	Волга (верховье) Белая Днестр	0,4 — 0,7 0,5 — 0,7 0,15 — 0,35	Кавказ	0,5 — 1,0
Туранская	реки Прибалхашья Амударья в среднем течении	0,05 — 0,2 0,5	Средняя Азия	1,0 — 3,0 (местами до 4,0 — 7,0)

Несколько менее определенно можно оценить скорость врезания реки Клязьмы в районе известной верхнепалеолитической стоянки Сунгирь<sup>1</sup>. По расчетам В. И. Громова уровень Пра-Клязьмы во время обитания на ее берегу палеолитических людей был на 25—30 м выше современного. Возраст стоянки по последним радиоуглеродным определениям — 22 тыс. 500±600 лет считается минимально возможным, более реальным временем обитания стоянки признается конец миклулинского межледникового — начало калининского оледенения, т. е. примерно 60—40 тыс. лет. Отсюда скорость врезания р. Клязьмы может быть принята с большой вероятностью 0,4—0,75 мм в год, но никак не более 1,1—1,3 мм в год.

На Днестре изученная советским специалистом по палеолиту И. К. Ивановой позднемустье́рская стоянка Молодова I располагается ныне на относительной высоте 15—20 м в суглинках, фашиально связанных с аллювием II террасы. Учитывая, что стоянка располагалась на высокой пойме, и принимая ее возраст около 50 тыс. лет (более 40—45 тыс. лет по <sup>14</sup>C), скорость врезания реки за этот период можно оценить в 0,15—0,35 мм/год.

Еще меньшие величины скорости вреза (0,05—0,2 мм/год) получаются для рек Прибалхашья (Казахский мелкосопочник), где, по данным археолога А. Г. Медоева, памятники ашея, мустье и верхнего палеолита залегают на вторых террасах высотой 5—15—20 м.

В низовьях равнинных рек, где их врезание и аккумуляция контролировались преимущественно колебаниями уровня водоприемного бассейна, скорости могли быть значительно больше.

В целях систематизации археологических данных по разным территориям нами составлен в качестве опыта график относительной высоты нахождения и возраста археологических стоянок Русской равнины (Приднепровье), Казахстана (Прибалхашье), Кавказа и Средней Азии с использованием данных советских

ученых И. К. Ивановой, А. Г. Медоева, В. П. Любина, В. М. Муратова, В. А. Ранова и др. Мы старались отобрать надежно определенные по высоте нахождения и возрасту стоянки. В каждой возрастной группе отбирались открытые приречные стоянки, преимущественно наиболее низко расположенные над руслом и связанные с аллювием соответствующего возраста; в ряде случаев нахождение стоянок во время их основания на высоких пойменных или первых надпойменных террасах устанавливается вполне надежно. Отобранные таким образом стоянки должны по их современному положению в долинах отражать картину последовательного врезания рек. Проведенные по полученным точкам прямые можно в первом приближении рассматривать как графики врезания рек.

На рис. 2 хорошо видно, что в каждом из рассматриваемых районов относительные высоты расположения стоянок закономерно снижаются по мере уменьшения их возраста. Не менее отчетливо выявляется более интенсивное врезание рек (более крутой наклон графика врезания рек) в областях современного горообразования по сравнению с равнинными, платформенными.

Рассчитанные значения скорости врезания равнинных и горных рек сведены в таблицу. Как видим, они на порядок больше значений, при-

веденных в начале статьи и полученных для всего времени формирования долин по геоморфологическим данным.

Из таблицы также хорошо видно, что в последние тысячи — десятки тысяч лет скорость врезания рек в областях современного горообразования (0,5—7,0 мм/год) примерно на половину порядка — порядок больше, чем в равнинных платформенных областях (0,05—0,7 мм/год). Подобное же соотношение устанавливается в интенсивности площадной денудации в горах Средней Азии и Кавказа (0,1—1,0 мм/год), с одной стороны, и на Русской равнине (0,03—0,09 мм/год), с другой.

В каждом конкретном случае, конечно, скорость врезания реки зависит от ее водности, режима твердого и жидкого стока, состава подстилающих пород и других факторов, что заставляет рассматривать приведенные значения лишь как сильно усредненные.

В заключение подчеркнем, что полученные величины характеризуют скорости врезания рек средней водности лишь за тысячи — десятки тысяч лет. Их нельзя безоговорочно распространять на более длительный период ввиду известного (но редко учитываемого) явления неравномерности и смены знака тектонических движений и эрозионных процессов.

УДК 551.482.2; 551.311.21

<sup>1</sup> «Природа», 1971, № 5, стр. 30—39.