

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

А.Н. Павлов

«ПЕСОЧНЫЕ ЧАСЫ» РЕК

A.N. Pavlov

«SANDGLASS» OF THE RIVERS

По меткому выражению А.В. Волина, подобно радиоактивному распаду нет силы, могущей остановить работу проточной воды, энергия которой космически связана с солнечной системой [1]. В статье показана возможность получения абсолютных временных датировок на основе данных по эрозионно-аккумулятивной деятельности рек.

Ключевые слова: модули эрозии и аккумуляции, абсолютное время, Мзымта, Псоу, Колхидская низменность, дельта Нила, реки Карельского перешейка.

According to the apt expression of A.V. Volin, There is no such force similar to the radioactive decay that can stop the work of the running water and being with energy cosmically connected with the solar system [1]. The possibility of receipt of the absolute definitions of the time of accumulation of alluvial deposits on the base of the erosion-accumulation activity of the rivers is considered in the article.

Key words: modulus of erosion and accumulation, absolute time, Mzymta, Psou, Colchis Lowland, delta of the Nile, rivers of Karelian Isthmus.

Текут, текут песчинки

В угоду бытию...

Юргис Балтушайтис

Количественно эрозионная деятельность реки обычно оценивается через модуль эрозии ($M_э$). Он представляет собой массовое отношение твёрдого стока к единице площади в единицу времени, служит показателем интенсивности эрозии. Используется при сопоставлении эрозионной деятельности различных речных бассейнов. Однако для всякой реки характерен не только процесс эрозии, но и процесс аккумуляции. Его удобно характеризовать тоже как модуль, выразив через отношение массы аллювиальных отложений (W) к площади соответствующего водосборного бассейна (S):

$$M_A = W/S \text{ [т/км}^2\text{]}. \quad (1)$$

Масса аллювиальных отложений, являющаяся продуктом эрозионно-аккумулятивной деятельности реки за конкретный период её развития, рассчитывается по объёму этих отложений и их средней объемной массе [5, 6]. Объём аллювия оценивается по данным буровых или геофизических работ и по занимаемой им площади. Наиболее достоверные значения M_A должны получаться для аллювиальных отложений пойменных террас, так как их объём и объёмную массу относительно просто определить. Значения же M_A для более древних аллювиальных отложений, сохранившихся частично (1, 2, 3 и т.п. террасы), можно оценить лишь весьма приблизительно, поскольку в этом случае при вычислении придется обращаться к палеогеографическим построениям.

Особенностью модуля аккумулятивной деятельности любой реки являются заниженные его значения, что связано с невозможностью полного учёта всех масс аллювия, явившихся продуктом разрушения данного водосборного бассейна. Всякая река при впадении в море, в озеро или в другую реку образует дельту или конус выноса, иногда эстуарий, где происходит наиболее интенсивное накопление речных отложений. Интенсивность этого накопления регулируется не только скоростью аккумуляции, но и скоростью течения реки вблизи дельты, глубиной, размером волнения и другими гидрологическими факторами. Подводная часть этих отложений, находящаяся за пределами устья, обычно не учитывается.

Расчёт модуля аккумулятивной деятельности реки можно показать на примере р. Мзымты. Это самая крупная река на Черноморском побережье Кавказа (ЧПК) России. Она активно эродирует рельеф, главным образом в своих верховьях и отчасти в среднем течении. В низовьях же происходит интенсивное накопление аллювия, вследствие чего здесь образовалась обширная аккумулятивная равнина. Площадь бассейна Мзымты составляет 885 км², а площадь аккумулятивной пойменной равнины — около 18 км² (с учётом примыкающей части Имеретинской низменности, рис. 1, 2).

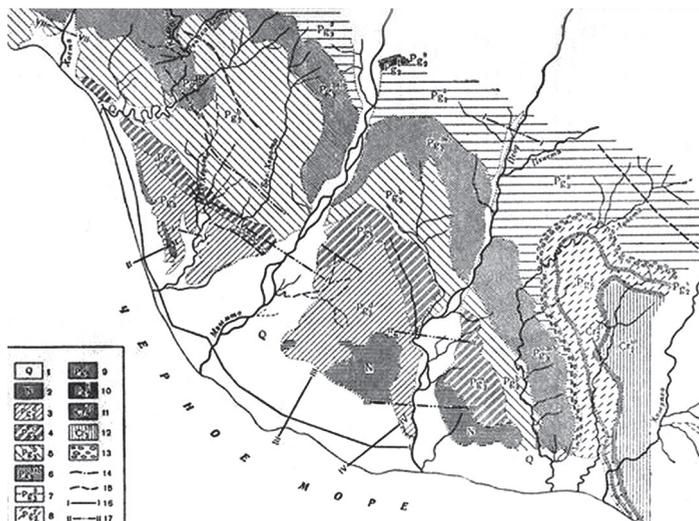


Рис. 1. Геологическая схема Адлерской низменности [7] (дана без пояснения условных обозначений)

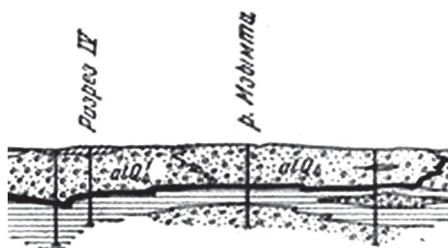


Рис. 2. Геологический разрез четвертичных отложений в низовьях р. Мзымты (по рис. 1)

Скважины, пробуренные на этой равнине до глубины 40 м, не вскрыли всю толщу аллювия. Однако электроразведочный профиль ВЭЗ, пересекающий долину р. Мзымты в 5,8 км от её устья, показал мощность аллювиальных отложений 70 м.

Известно, что крупные реки ЧПК имеют переуглублённые долины (вероятно, даже тектонического заложения), иногда достигающие глубин 100 м. Именно с ними связаны проявления глубинных вод Мацестинского типа, установленные не только в долине р. Мацесты, но и в долине Хосты. Эти факты, хотя и косвенно, подтверждают промеры в устьевой части Мзымты. В лоции Чёрного моря зафиксированы случаи, когда при измерении глубин на этом участке по корме судна и по носу разница составляла 50 м. Это говорит о наличии в затопленной части устья почти отвесных обрывов, а скорее всего, ущелья типа каньона. Кроме того, рыбаки хорошо знакомы с таким явлением, когда промысловая рыба *Mullus* (барбулька) в огромных количествах скапливалась на участке Адлерского рыбзавода, непосредственно перед устьем р. Мзымты, с северо-западной стороны, и почти не встречалась ни в Гантиади, ни в Гаграх. *Mullus* — донная рыба, живёт в прибрежной полосе, питается донными беспозвоночными. И то обстоятельство, что косяки её не могут преодолеть устье р. Мзымты, свидетельствует о больших глубинах в устье и резких уступах дна. В связи с такими фактами мощность аллювиальных наносов в конусе выноса Мзымты можно принять порядка 80 м. При объёмной массе 2 т/м^3 [7] $M_A \approx 2900 \text{ тыс.т/км}^2$.

Величины M_A и $M_э$ связаны между собой временем (T). Через отношение этих величин можно подойти к использованию эрозионно-аккумулятивной *деятельности* реки в качестве «*песочных часов*». Сток наносов (взвешенных и влекомых), характеризуемый величиной $M_э$, является лишь сравнительно небольшой частью всех продуктов водной эрозии. Проведённые Г.В. Лопатиным [4] подсчёты показали, что в равнинных областях Европейской территории Советского Союза сток наносов составляет только 3–4 % от всего количества продуктов водной эрозии, в горных же районах (Урал, Северный Кавказ) он увеличивается до 8–20 %. Конечно, эти соотношения необходимо корректировать, учитывая индивидуальные особенности рек. Но в случаях, когда такой возможности нет,



приходится расчётные числа выбирать с известной долей интуиции. Принимая, что величина $M_{\text{э}}$ характеризует только *измеренный* твёрдый сток, то есть что $M_{\text{э}}$ — твёрдый сток, потерянный для процесса аккумуляции, можно составить уравнение

$$T = M_{\text{л}} \cdot n / M_{\text{э}} (100 - n), \quad (2)$$

где n — доля $M_{\text{э}}$ от всего общего количества продуктов водной эрозии, %.

Для р. Мзымты модуль $M_{\text{э}}$ (по *взвешенным* наносам) составляет около 110 т/км² в год. Принимая во внимание оценки А.В. Волина [1], что для полугорных и горных рек доля *влекомых* наносов от *взвешенных* достигает 20 %, эту величину $M_{\text{э}}$ можно увеличить до 132 т/км² в год.

Таким образом, при $M_{\text{л}} \approx 2900$ тыс.т/км² и $n \approx 20$ % величина $T \approx 5400$ лет. Это означает, что аллювиальная равнина в низовьях р. Мзымты образовалась в течение последних 5400 лет.

Известно, что уменьшение числа расчётных параметров уменьшает ошибку получаемых оценок. Сегодня появилась возможность это сделать, по крайней мере, для приведённого примера. В интернете можно найти работу Ш. Джоашвили [3], в которой сток наносов приведён не только в модулях, но и просто в объёмах. Очевидно, что при этом мы избегаем привлечения двух параметров — объёмной массы и площади бассейна. Последняя на точность оценок хотя и не влияет (сокращается при модульном выражении аккумуляции и эрозии), но всё равно упрощает поиски базовых параметров (иногда существенно отличающихся в разных источниках).

По Мзымте объём аккумулятивной равнины по принятым параметрам площади и мощности аллювиальных отложений составляет $1440 \cdot 10^6$ м³, а сток наносов в работе Ш. Джоашвили, [3] показан цифрой $158 \cdot 10^3$ м³/год. Разделив первое число на второе (с учетом, как и ранее, $n = 20$ %), получим $T \approx 9000$ лет. Первая и вторая датировки отличаются почти в два раз. Но это не должно нас смущать, поскольку методы натуральных измерений твёрдого стока рек ещё далеки от совершенства. *Здесь важен порядок цифр.*

Подобная оценка возраста (по «песочным часам» реки) была сделана мной и для **р. Псоу**. Объём современных аллювиальных отложений — $2612,4 \cdot 10^6$ м³, сток наносов по Джоашвили [3] — $90,8 \cdot 10^3$ м³/год. Коэффициент n по-прежнему остаётся равным 20 %. Тогда $T \approx 7000$ лет.

Из истории геологического развития Черноморского побережья Кавказа в антропогене известно, что эрозионный врез речных долин этого района соответствует новоэвксинскому базису эрозии (новоэвксинской регрессии Чёрного моря), который датируется *концом атлантического периода*. При этом надо понимать, что новоэвксинский базис (как и всякий другой) возник не вдруг, а имел определённую протяжённость. С учётом этого обстоятельства полученные возрастные оценки укладываются в десятичный интервал, который соответствует временной датировке атлантического периода 6000—5000 лет до новой эры (при этом следует учитывать, что мы живём в 2000 г. после Р.Х., — так что эти цифры возрастают).

Рассмотрим более масштабный пример из этого же региона — **Колхидскую низменность** [2]. Она представляет собой огромную аллювиальную равнину, занимающую

впадину синклинального типа. Мощность аллювиальных отложений, заполняющих её, достигает 700 м. К сожалению, не удалось найти данные о занимаемой ею площади. Однако ориентировочные оценки о её размерах существуют. Низменность протягивается от р. Ингури на севере до устья р. Чохори на юге на 100–120 км (данные по разным источникам отличаются). О средней ширине можно судить по физико-географической карте (рис. 3) — где-то около 40 км. Принимая среднюю мощность аллювия в 300 м, нетрудно получить ориентировочный объём отложений — $12 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$.

В соответствии с современными представлениями о вдольбереговом потоке наносов, основная масса твёрдого материала, формирующая низменность, поступала из рек Чохори, Риони, Кодори и Ингури. По данным Джоашвили [3] сегодня он составляет около $11 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ (данные по р. Ингури взяты до зарегулирования плотиной Ингури-ГЭС). При оценке времени заполнения первичной впадины Колхиды аллювиальными отложениями этих рек (T), резонно сохранить прежнее значение $n = 20 \%$. Простой расчёт даёт цифру $T \approx 25\,000$ лет.

Эта дата соответствует самому концу плейстоцена (почти накануне наступления голоценовой эпохи). Видимо, наиболее активное заполнение Колхидского прогиба происходило именно с этого «момента».

Таким образом, есть все основания полагать, что «песочные часы рек», по крайней мере, на Черноморском побережье Кавказа «работают» достаточно надёжно.

Существует надёжный фактурный материал по крупнейшей реке мира — Нилу. Для нашей темы она хороша ещё и тем, что её конус выноса (знаменитая дельта Нила) изучен достаточно хорошо (рис. 4).



Рис. 3. Фрагмент физико-географической карты Грузии с Колхидской низменностью



Рис. 4. Снимок дельты Нила из космоса

Считается, что дельта Нила возникла на месте морской бухты, которая постепенно заполнялась речными наносами. Её площадь по современным оценкам составляет

$24 \cdot 10^3$ км², а глубина осадков достигает 10^3 м. В сравнении с колоссальными размерами дельты этот слой довольно тонок и для наших вычислений можно пренебречь его утоньшением к границам. В устье измерен твёрдый сток — $62 \cdot 10^6$ м³/год. Нил относится к равнинным рекам. Потому величину n при вычислениях возраста следует принять 4 % (по Лопатину [4]). В итоге получим $T \approx 16000$ лет. Это чуть больше нижней границы голоцена.

Похоже, что канун голоцена являлся для рек Земли решающим временем начала их формирования.

Подобный расчёт интересно сделать для бассейнов некоторых рек Карельского перешейка, где климатические, геоморфологические и гидрологические условия иные, чем в рассмотренных примерах.

Северная половина Карельского перешейка представляет собой денудационно-аккумулятивную равнину с выступающими на поверхность кристаллическими породами «сельгами», озами и моренными грядами, разделенными глубокими ложбинами. Южная половина перешейка является террасированной равниной с останцами ледникового и водно-ледникового происхождения. Здесь располагается наиболее возвышенный район — Центральное плато Карельского перешейка. Террасированная равнина несколькими ступенями спускается к Финскому заливу и Ладожскому озеру. Она осложнена древними долинами, прорезающими её в направлении СЗ–ЮВ. В этом же направлении в основном ориентированы все формы рельефа перешейка. Гидрографическая сеть Карельского перешейка своеобразна. Она представлена небольшими реками либо короткими протоками, соединяющими многочисленные озера.

Долины рек и проток приурочены к днищам древних долин и межсельговых понижений. Направление течения водных потоков (СЗ или ЮВ) лишь местами усложняется появлением боковых протоков. Некоторое нарушение в общий линейный план речных потоков вносят реки, берущие начало с Центрального плато. Эта возвышенность также служит основным водоразделом для рек, стекающих в Финский залив и Ладожское озеро.

Как пример рассмотрены две типичные реки Карельского перешейка, впадающие в Финский залив: р. Гороховка и р. Сестра. Первая вытекает из озера Александровского и от истоков до гидропоста в пос. Токареве имеет протяженность 23 км. Вторая берет начало из болот на склонах Центрального плато и имеет протяженность от истоков до гидропоста в пос. Белоостров 72 км.

Строение долин рек Гороховки и Сестры аналогично строению многочисленных речных долин перешейка. Они унаследовали древние долины водно-ледниковых потоков. Форма их корытообразная, с пологим слабоогнутым дном. Из современных речных террас развита лишь одна — пойменная.

Используя данные гидрологических ежегодников, результаты бурения и средне-масштабные карты четвертичных отложений, по формуле (2) был рассчитан абсолютный возраст современных аллювиальных отложений этих рек. Результаты расчёта сведены в таблицу. Значения величины $n = 4$ % по-прежнему взяты по Г.В. Лопатину [4].

Расчет абсолютного возраста современных аллювиальных отложений рек Гороховки и Сестры

Река	Площадь бассейна, км ²	Объём соврем. аллюв. отлож., м ³	Масса аллюв. отлож., т	M_3 , т/км ² год	M_{Δ} , т/км ²	T , годы
Гороховка Пост. Токарево	270	$440 \cdot 10^6$	$88 \cdot 10^7$	54,5	$3,3 \cdot 10^6$	2500
Сестра Пост. Белоостров	374	$90 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^7$	4,6	$4,8 \cdot 10^5$	4300

Полученный возраст хорошо согласуется с временным интервалом, который определён геологическим прошлым Балтийского моря. Установлено, что современные черты Балтийское море приобрело приблизительно 5000 лет назад, что создало базис эрозии впадающих в него рек.

Выводы

1. «Песочные часы» рек позволяют оценивать абсолютный возраст аллювиальных накоплений не только в дельтах, но и в структурных прогибах (синклиналиях), заполненных речными отложениями.
2. Полученные датировки являются достаточно надёжными.
3. Трудность их получения в основном связана с установлением массы современного аллювия и оценкой величины твёрдого стока рек.
4. Коэффициент n , который необходим при вычислениях, базируется на оценках Г.В. Лопатина [4]. Несмотря на их давность, они дают хорошие результаты.

Литература

1. *Волин А.В.* Твердый сток и сток эрозии // Изв. АН СССР, сер. «Геогр. и геоф.», т. X, 1946.
2. *Гвоздецкий Н.А.* Колхидская низменность // Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1969—1978.
3. *Джоашвили Ш.* Реки Чёрного моря. Европейское агенство по охране окружающей среды, 2005. — 58 с.
4. *Лопатин Г.В.* Эрозия и сток наносов // Природа, 1950, № 7.
5. *Павлов А.Н.* Опыт грубой оценки энтропии речного бассейна // Учёные записки РГГМУ, 2013, № 27, с. 45—54.
6. *Поляков Б.В.* Характеристика интенсивности эрозии по данным о стоке наносов рек Европейской территории СССР // Труды Первого совещания по регулированию стока, 1946.
7. *Романика Л.И., Павлов А.Н.* Режим грунтовых вод Адлерской низменности. — М.: Наука, 1964.