

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.4

Н. В. ЧИГАРЕВ

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ АНАЛИЗА
ТЕРРАСОВЫХ РЯДОВ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В статье предлагается новый методический прием анализа террасовых рядов, разработанный на основе изучения строения долин рек хребта Кетмень (Северный Тянь-Шань).

Предлагаемый метод позволяет для горных долин рек производить увязывание террас на поперечных профилях, сопоставлять террасовые спектры долин рек с различной водностью потока, а в конечном результате уточнять данные по распределению амплитуд тектонических поднятий земной коры в плейстоцене.

Проведение анализа на конкретном фактическом материале позволило более детально представить тектоническую историю развития хребта Кетмень на протяжении средне-верхнетерцичного времени и голоцена.

Давно было подмечено, что изучение морфометрических особенностей речных террас можно использовать при решении многих научных задач — геоморфологических, тектонических, палеоклиматологических и др.

Попытки анализа речных террас и выявления закономерностей их расположения встречаются в работах Б. А. Федоровича (1929), А. И. Москвитина (1933), Л. А. Варданяца (1933), Л. А. Рагозина (1945), Н. И. Николаева (1950) и многих других. Н. И. Кригер в 1936 г. предложил метод «анализа террасовых рядов», развитый им в последующих работах (1948; 1951; 1953; 1957; 1963). Интересные исследования по террасовым рядам были проведены С. В. Лютцау (1956, 1959), который значительно расширил геоморфологический смысл понятия «террасовый ряд», что позволило более полно изучать морфометрические характеристики речных террас.

В настоящее время в отечественной литературе развитие идей, связанных с террасовыми рядами, идет в двух направлениях: 1) по пути поиска математических закономерностей образования террасовых рядов (Кригер, 1963; Миндель, 1965, 1967); 2) по пути непосредственного использования морфометрического анализа террасовых рядов для изучения связей террас с положением речных долин в определенных структурных, литологических, тектонических и климатических условиях, а также с историей формирования рельефа (Лютцау, 1959).

В предлагаемой статье рассматривается один из морфометрических показателей террасовых рядов, а именно относительные превышения одной террасы над другой. Это сделано с целью восстановления на основе их анализа истории вертикальных тектонических движений земной коры в плейстоцене.

В основу работы положен фактический материал, собранный сотрудниками геологической группы Комплексной сейсмологической экспедиции Института физики АН СССР на протяжении 1966—1967 гг.

Говорить о зависимости между величиной относительного превышения речной террасы и интенсивностью проявления восходящих тектонических движений, обусловивших формирование данного превышения, можно, лишь исключив другие естественные причины, отражающиеся на величине относительного превышения одной террасы над другой. В качестве таких естественных причин, кроме тектонических, могут выступать различия в геологических, гидрологических и палеоклиматических условиях.

Поэтому, во избежание возможных ошибок был выбран относительно небольшой район, единый в структурном отношении, с одинаковыми по всей своей площади климатическими условиями, с более или менее однородным литологическим строением. В качестве такого района был исследован северный склон хребта Кетмень (рис. 1), входящий в систему хребтов северного Тянь-Шаня. Выбор района оказался тем более удачным, что реки, пересекающие северный склон хребта Кетмень, характеризуются приблизительно одинаковой водностью. Реки текут параллельно друг другу на расстоянии 50—70 км, благодаря чему морфометрические данные оказались равномерно распределенными по всей изучаемой территории.

В нижнем своем течении, уже в пределах Илийской впадины, долины всех исследуемых рек вложены в ранчетвертичную аккумулятивную равнину, на основании чего возраст террас определяется как среднечетвертичный — голоценовый.

Во избежание путаницы уже в полевых условиях отбирались данные лишь по четко выраженным террасам, прослеживающимся на протяжении всей долины, — «цикловым» террасам (С. С. Шульц, 1940).

Повсеместное развитие лишь трех цикловых террас, их гипсометрическое положение, а также немногочисленные находки фауны, известные для этого района, позволяет предположительно датировать время формирования I надпойменной террасы голоценом, II надпойменной террасы позднечетвертичным и III надпойменной террасы среднечетвертичным временем. Более древние террасы нами не изучались в связи с их плохой сохранностью и сравнительно небольшим распространением.

При изучении террас за основу был принят графический способ анализа террасовых рядов, применяемый в работах Н. И. Кригера (1948) и С. В. Лютцау (1956).

Этот способ заключается в построении графиков, на которых по оси абсцисс откладывается порядковый номер террасы, а по оси ординат — одна из ее морфометрических характеристик. Подобные графики позволяли выделять крупные этапы в развитии речной долины — более крупные, нежели стадии образования одной террасы, вносить поправки при сопоставлении террас различных рек, подсчитывать величи-

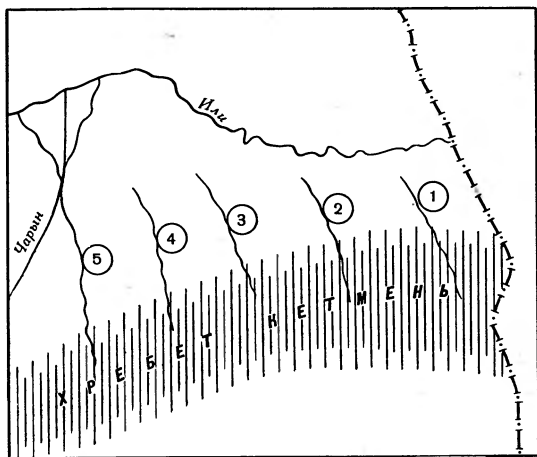


Рис. 1. Орогидрографическая схема района
1 — р. Кольджат-Сай; 2 — р. Большая Кетмень; 3 — р. Дардамты; 4 — р. Гол-Сай; 5 — р. Темерлик

ну эрозионного вреза за определенные промежутки времени, а также выявлять относительную во времени интенсивность врезания.

Однако использование в анализе террасовых рядов абсолютной единицы измерения — метра — не всегда позволяет выявлять общие закономерности развития речной сети того или иного района. Получаемые при этом графики характеризуют, как правило, одну долину, а в горных областях иногда и часть долины. Последнее связано с очень большими изменениями морфометрических показателей террасового ряда. В результате неизбежно возникают трудности при сопоставлении террасовых рядов долин с различной водностью потока, а для горных рек, где высоты террас сильно изменяются на продольном профиле, — даже отдельных участков одной и той же долины.

Арифметическое осреднение морфометрических данных на продольном профиле также не дает нужного результата при увязывании террас, так как получаемый при этом «средний» террасовый ряд часто оказывается просто средним по местоположению и не отвечает всей долине в целом.

Кроме того, вполне понятно, что выявляемая таким образом величина врезания, которая в значительной мере зависит от тектонического воздымания территории, совсем не обязательно должна совпадать с амплитудой этого поднятия. На тектонические процессы накладываются целый ряд менее значительных факторов, которые сильно влияют на величину врезания. В то же время выявление связей между амплитудой тектонического поднятия и величиной эрозионного вреза весьма желательно.

Чтобы получить возможность более надежно сопоставлять речные террасы на продольном профиле в пределах одной реки и многих рек с различной водностью потока, а также для того, чтобы полученные результаты по истории врезания речной сети использовать для восстановления истории тектонического поднятия, мы в своей работе обратились к процентам. Это имеет свои удобства, так как выражение частей величин в процентах позволяет быстро сравнивать величины частей числа со всем числом и между собой; в то же время они обладают достаточной степенью точности.

При анализе террасовых рядов долин рек хребта Кетмень нами для всех изучаемых долин последовательно были проделаны следующие операции:

1. Выбор серии поперечных профилей речных террас, в среднем удаленных друг от друга на 2—3 км.

2. Вычисление относительного превышения одной террасы над другой в метрах — получение морфометрических характеристик террасового ряда.

3. Пересчет относительного превышения одной террасы над другой в проценты от величины общего вреза реки. За общий врез реки при этом принималась высота над урезом самой верхней надпойменной террасы, включенной в террасовый ряд. В рассматриваемом случае это III надпойменная терраса.

4. Арифметическое осреднение процентного выражения террасового ряда в пределах одной долины — получение средних процентных характеристик для каждого террасового вреза.

5. Построение графиков, иллюстрирующих величину врезания каждой реки за среднечетвертичную, позднечетвертичную и голоценовую эпохи, выраженную в процентах к общему врезу. На этих графиках по горизонтальной оси через равные расстояния откладывается порядковый номер террасы (чем дальше от нуля, тем моложе терраса), а по вертикальной оси отсчитывается относительное превышение одной террасы над другой в процентах.

Подобный анализ террасовых рядов был проделан для пяти рек северного склона хребта Кетмень: Кольджат-Сай, Большая Кетмень, Дардамты, Гол-Сай и Темерлик.

На основании проделанной работы удалось получить некоторые выводы.

1. В пределах горных долин, каковыми являются реки северного склона хребта Кетмень, возможно использование процентной характеристики превышений для увязывания террас на продольном профиле речных долин. Это возможно благодаря тому, что относительное превышение одной террасы над другой, выраженное в процентах, остается довольно стабильной величиной на протяжении почти всей долины. В то же время относительные превышения каждой террасы, выраженные в метрах, изменяются очень сильно. Приведем для доказательства характеристику нескольких поперечных профилей речных террас по долине реки Большая Кетмень (таблица). Как видно из таблицы, откло-

Таблица

Террасовые ряды относительных превышений для долины р. Большая Кетмень

Ряды превышений для различных поперечных профилей	Номера поперечников				Осредненные ряды превышений
	1	2	3	4	
Превышение III террасы над II	32 м	22 м	12 м	8 м	27 м
	53%	45%	53%	44%	49%
Превышение II террасы над I	18 м	17 м	6 м	7 м	12 м
	30%	37%	27%	39%	33%
Превышение I террасы над урезом реки	10 м	9 м	4 м	3 м	65 м
	17%	18%	18%	16%	18%

нение процентных характеристик превышений для отдельных поперечников от их среднего значения для долины в целом обычно не превышает 6%, а для I надпойменной террасы — 1—2%. В то же время это отклонение, выраженное в метрах, очень велико и составляет 10—14 м для III надпойменной террасы и 3—4 м для I надпойменной террасы.

Если рассматривать разность наибольших и наименьших значений превышений каждой террасы, выраженных в процентах от общего веза, то она составит не более 8—10% у всех исследованных рек, в то время как та же самая величина, выраженная в метрах, достигает 24.

2. С помощью осредненной процентной характеристики превышений можно сопоставлять и террасовые ряды соседних долин, иногда существенно отличающихся по водности. При этом следует учитывать то обстоятельство, что нельзя ожидать хороших результатов от сопоставления рек, находящихся на значительном удалении друг от друга и приуроченных к различным тектоническим структурам. В таких случаях необходимо попытаться использовать террасовые ряды расположенных между ними долин, если таковые имеются на изучаемой территории. Трудности, возникающие при увязывании террас рек с различной водностью потока, исключаются сами собой в результате пересчета относительного превышения одной террасы над другой в проценты. Это можно показать на следующем примере.

Предположим, что мы имеем две долины с одинаковой историей тектонического развития, но различной водностью потока (рис. 2). Допустим, что в результате этого в современном рельефе долина А по своей глубине и другим морфометрическим показателям приблизительно в два раза больше долины В. Допустим, что относительные превышения одной террасы над другой будут иметь следующие величины (снизу вверх): в долине А I нт—10 м, II—20 м, III—20 м, а в долине В соответственно 5, 10 и 10 м. Если в том и в другом случае выразить эти ве-

личины в процентах от величины общего вреза рек (в одном случае это 50, а в другом — 25 м), то в обеих долинах превышение одноименных террас будет одинаковым и составит: у I террасы — 20%, а у II и III — по 40%. Этот довольно просто выполняемый в полевых условиях прием позволяет иметь дополнительный критерий для сопоставления террас различных по водности рек, что особенно важно в тех районах, где данные о возрасте террас отсутствуют.

3. Полученные в результате анализа террасовых рядов графики, построенные с использованием осредненной процентной характеристики

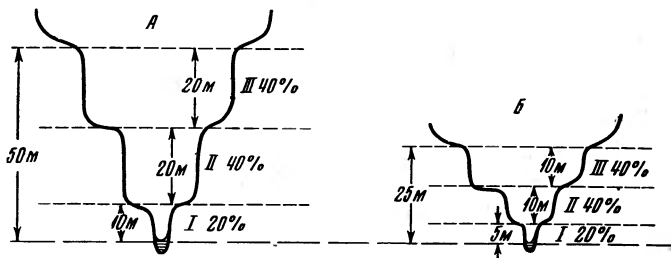


Рис. 2. Схема сопоставления террас у рек с различной водностью по их относительным превышениям друг над другом, выраженным в процентах

Река А по водности в два раза больше реки Б

превышений, позволяют судить о распределении во времени амплитуд тектонического поднятия при прочих равных условиях (климате, геологическом строении, гидрологических характеристиках рек и т. д.).

Зная определенную иным путем суммарную амплитуду воздымания территории, например за весь четвертичный период, можно, пользуясь подобным графиком, определить амплитуду поднятия для разных отделов этого периода с учетом закономерностей развития территории.

Рассмотрим данное положение несколько подробнее. Замена относительного превышения, выраженного в метрах, процентами несколько изменила физический смысл графиков. Отражая, с одной стороны, распределение амплитуд врезания по отделам четвертичного периода, графики не указывают на его конкретную величину, хотя ее можно всегда получить, зная суммарную амплитуду. С другой стороны, они отражают в какой-то степени картину распределения амплитуд воздымания по отдельным эпохам четвертичного периода, также не давая представления об абсолютной величине этих амплитуд. Как известно, суммарную величину тектонического поднятия за весь четвертичный период определять сравнительно легко, и для многих районов СССР такие оценки имеются, что позволяет вычислить в этих районах и амплитуду поднятия для разных отделов четвертичного периода.

В случае одинаковой суммарной амплитуды тектонического поднятия всех частей изученной неотектонической структуры различия в форме графиков рядов провышений можно объяснить лишь различиями в распределении воздымания во времени. Иными словами, эти различия говорят о том, что за разные отделы четвертичного периода отдельные части структуры были подняты на разную высоту, хотя общее поднятие за четвертичное время было везде одинаковым. Если же поднятие произошло с перекосом и одна часть тектонической структуры за весь четвертичный период приподнята гораздо больше, чем другая, то в этом случае следует при помощи графиков рядов превышений получить абсолютные значения амплитуд поднятия в метрах для каждого этапа четвертичного времени и, если потребуется, построить на основании

этих данных график или диаграмму, отражающие распределение амплитуд поднятия за отделы четвертичного периода.

Так, в рассматриваемом случае западная часть хребта Кетмень за изучаемый отрезок времени была приподнята приблизительно на 100 м, в то время как восточная всего лишь на 40—50 м. Эти величины были нами получены при комплексном изучении всех геолого-геоморфологи-

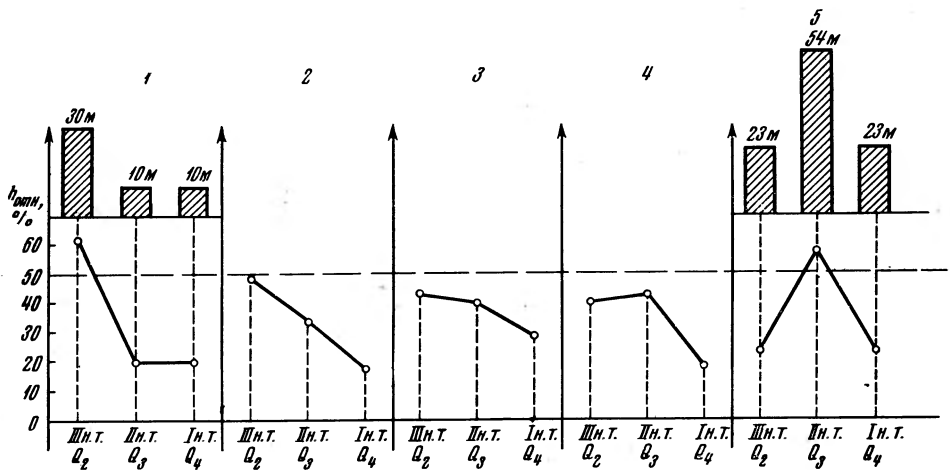


Рис. 3. Графики рядов превышений, выраженных в процентах к общему врезу (внизу), и диаграммы амплитуд поднятия в метрах (вверху) для рек хребта Кетмень I, II, III — номера террас; Q₂, Q₃, Q₄ — возраст террас; 1, 2, 3 и т. д. номера рек на рис. 1

ческих данных (гипсометрического положения поверхностей выравнивания, мощности отложений, сохранности различных элементов рельефа, угла наклона поверхности конусов выноса и многих других).

Используя графики рядов превышения, получим абсолютные значения амплитуд поднятия и сравним их, представив результаты в виде столбчатых диаграмм. Диаграммы, отражающие величину поднятия в метрах, построены лишь для двух крайних точек хребта Кетмень, на востоке для долины р. Кольджат-Сай, а на западе для долины р. Темерлик (рис. 3). Сравнивая эти диаграммы с соответствующими графиками на том же рис. 3, легко убедиться в необходимости проведения подобной операции.

Получается, что в среднечетвертичное время скорости воздымания западной и восточной частей хребта Кетмень были приблизительно одинаковы и их амплитуды составили соответственно 23 и 30 м. Позднечетвертичное время характеризуется отставанием поднятия восточной части хребта Кетмень от западной на 44 м, т. е. скорость воздымания западной части структуры хребта Кетмень была почти в пять раз больше, чем восточной.

В голоцене эти различия продолжают сохраняться, но значительно уменьшаются. Так, западная часть хребта Кетмень была приподнята приблизительно на 20—25 м, а восточная всего лишь на 10 м. Западная часть хребта Кетмень поднималась в это время со скоростью в два раза большей, чем восточная.

Общая тенденция развития неотектонических движений характеризуется уменьшением различий в скоростях поднятия между восточной и западной частями хребта за позднечетвертичное — голоценовое время.

Таким образом, полученные результаты позволяют детализировать во времени особенности проявления новейших тектонических движений за четвертичный период. Подобная детализация, кроме чисто теоретиче-

ского значения, часто бывает необходима в практических целях, например при сейсмологическом районировании.

Вполне понятно, что предлагаемые приемы обработки морфометрических данных по террасам не являются универсальными. Они могут быть применены лишь для ограниченного числа районов со всеми перечисленными выше условиями. Несмотря на это, нам кажется, что их разумное применение в значительной мере облегчит сопоставление и интерпретацию различных морфометрических данных по речным террасам, а использование подобных графиков позволит более полно изучать распределение амплитуд тектонических движений по отдельным отрезкам четвертичного времени.

ЛИТЕРАТУРА

- Варданянц Л. А. Материалы по геоморфологии Большого Кавказа.—Изв. Гос. геогр. о-ва, 1933, т. 65, вып. 2 и 3.
- Кригер Н. И. О террасах верхнего течения Эльбы и других рек Чехословакии.—Бюл. Комис. по изучению четвертичного периода, 1948, № 13.
- Кригер Н. И. Террасовые ряды, методы их нахождения и перспективы практического использования.—Материалы по инж. геол., вып. 1. Металлургиздат, М., 1951.
- Кригер Н. И. Инженерная сейсмотектоника и вопросы изучения новейших тектонических движений.—Материалы по инж. геол., М., 1953, вып. 4.
- Кригер Н. И. Океанические террасовые ряды.—Тезисы докладов Всесоюзного междудеятельного совещания по изучению четвертичного периода. М., 1957.
- Кригер Н. И. Террасовые ряды, некоторые итоги исследований.—Вопр. географии, сб. 63, 1963.
- Лютцау С. В. К анализу террасовых рядов.—Уч. зап. МГУ, 1956, вып. 182.
- Лютцау С. В. Анализ террасовых рядов и террасовых комплексов.—Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд., геогр. наук. МГУ, геогр. ф-т, 1959.
- Москвитин А. И. Террасы реки Белой.—Изв. Гос. геогр. о-ва, 1933, т. 65, вып. 4.
- Миндель И. Г. К вопросу о форме уравнивания террасового ряда.—В сб.: Рельеф Земли и математика. «Мысль», М., 1967.
- Миндель И. Г. Некоторые результаты применения методов математической статистики и математического анализа в инженерной геологии и инженерной геофизике.—Материалы к научно-техн. конф. 1965 г. (Изд. ПНИИ по инж. изысканиям в строительстве). М., 1965.
- Николаев Н. И. Изучение работы прогонных вод. Справочник путешественника и краеведа, т. 2, М., 1950.
- Рагозин Л. А. Террасы среднего течения Катуня.—Вопр. геологии Сибири. Сборник, посвященный академику М. А. Усову, т. 1, 1945.
- Федорович Б. А. К вопросу о террасах в долинах Качи и Алмы в Крыму.—Изв. АН СССР, отд. физ.-мат. наук, 1929, № 3.
- Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас.—Изв. Всес. геогр. о-ва, 1940, т. 72, вып. 6.

Институт физики Земли
АН СССР

Поступила в редакцию
19.XII.1969

SOME WAYS OF ANALYSING TERRACE SEQUENCES AND THEIR PRACTICAL APPLICATION

N. V. CHIGAREV

Summary

The analysis data on terrace sequences and, in particular, per cent characteristics of their heights may be used both for the correlation of terraces of one river and that of the adjacent rivers. Diagrams based on averaged per cent characteristics of relative heights of terraces show the distribution within the Quaternary of the amplitudes of tectonic uplifts, with other conditions being equal (climate, geological structure, hydrological characteristics of rivers, etc.).