

## МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.4 : 551.24

ЗОЛОТАРЕВ А. Г.

## К МЕТОДИКЕ СОСТАВЛЕНИЯ НЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ КАРТ

В настоящей статье рассмотрен новый методический прием: составление карт амплитуд вертикальных движений за отдельные фазы неотектонического этапа по высотным интервалам между разновозрастными поверхностями выравнивания.

Суть этого приема и результаты первой попытки его применения были кратко описаны нами ранее [1]. В последние годы он получил дальнейшее развитие в связи с составлением серии неотектонических карт юга Восточной Сибири. В результате накопился определенный опыт по его использованию и появились некоторые научные результаты, которые будут изложены ниже.

Новейшие тектонические движения во времени протекают прерывисто: периоды активизации сменяются относительным покоем. Таким образом, речь в дальнейшем пойдет о составлении карт, отражающих результаты неотектонических процессов за ту или иную фазу активизации. Главным объектом неотектонических карт являются амплитуды вертикальных движений, изображаемые посредством изолиний. В соответствии с этим новый подход посвящен в основном расчетам амплитуд вертикальных движений.

Как известно, фазы активизации неотектонических движений вызывают в областях поднятий расчленение рельефа, в районах опусканий — аккумуляцию осадков. Чередующиеся с ними периоды относительного покоя стимулируют формирование поверхностей выравнивания различного возраста [2], которые, по нашему мнению, являются эффективным средством для определения амплитуд вертикальных движений отдельных фаз новейшего этапа.

Рассмотрим возможности этого средства вначале на простом и наиболее распространенном в природе примере, когда участок земной коры имеет тенденцию к поднятиям (рис. 1, I, II, III, IV). На рисунке изображен конкретный случай развития рельефа в кайнозой, характерный для территории Байкало-Патомского нагорья [1]. В этом регионе в течение новейшего времени имели место две фазы активизации, разделенные периодом относительного покоя. Продолжительный относительный покой предшествовал также началу неотектонического этапа. Двум периодам покоя в рельефе соответствуют две разновозрастные поверхности выравнивания, которые в дальнейшем будут именоваться древней и молодой; две фазы активизации представлены расчлененным преимущественно водораздельным рельефом и современными долинами. Фрагменты древней поверхности выравнивания имеют определенные превышения над соседними фрагментами молодой поверхности, которые в последующем будут называться высотными интервалами. В них содержится информация об амплитудах поднятий первой фазы.

Раскрытие сущности этой информации начнем с решения вопроса о том, как связаны высотные интервалы с развитием экзогенных процессов рельефообразования. Для этого обратимся к рис. 1, V — абстрагированному, обобщающему профилю рельефа, изображенного на рис. 1, III. Любой высотный интервал, например  $B_1$ , — это одновременно пре-

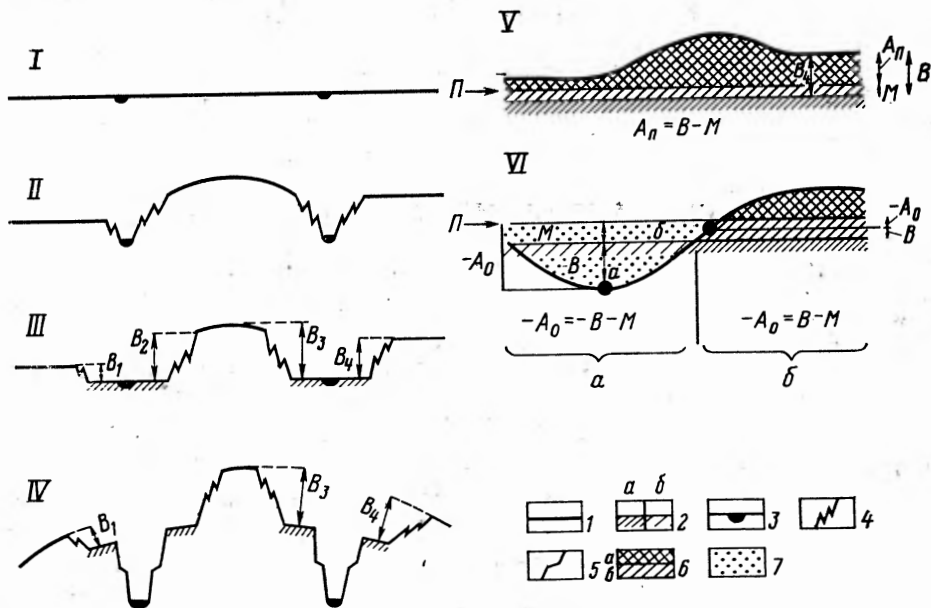


Рис. 1. Схемы к расчетам амплитуд вертикальных движений одной фазы активизации неотектонического этапа

Стадии развития рельефа в новейшее время на примере Байкало-Патомского нагорья: I — выравнивание — относительный тектонический покой (поздний мел — палеоцен); II — эрозионное расчленение — первая фаза активизации (эоцен — олигоцен); III — придолинное выравнивание — относительный покой (неоген); IV — эрозионное врезание — вторая фаза активизации (поздний плиоцен — четвертичный период). Схемы и формулы расчетов амплитуд вертикальных движений первой фазы активизации: V — при поднятиях; VI — при опусканиях:  $a$  — вариант при больших амплитудах опусканий,  $b$  — вариант при малых амплитудах опусканий, не выходящих за пределы величины  $M$ . 1 — древняя поверхность выравнивания (поздний мел — палеоцен); 2 — молодая поверхность выравнивания (неоген);  $a$  — денудационные участки,  $b$  — аккумулятивные участки; 3 — русла крупных рек; 4 — расчлененный рельеф первой фазы активизации; 5 — террасированные склоны долин второй фазы активизации; 6 — поля высотных интервалов между поверхностями выравнивания:  $a$  — поле амплитуд неотектонических поднятий первой фазы активизации;  $b$  — поле глубин эрозионных врезов, соответствующих величине понижения уровня Мирового океана за первую фазу активизации и последующий период относительного покоя; 7 — полость депрессии первой фазы неотектонической активизации. Буквенные обозначения:  $B, B_1, \dots, B_6$  — высотные интервалы между поверхностями выравнивания;  $A_n$  — амплитуды неотектонических поднятий;  $A_0$  — амплитуды неотектонических опусканий;  $M$  — величина понижения уровня Мирового океана за первую фазу активизации и последующий период относительного покоя;  $P$  — первоначальный (до новейший) высотный уровень древней поверхности выравнивания, относительно которого произошла ее деформация неотектоническими движениями первой фазы

дельно возможная глубина эрозионных врезов в древнюю поверхность выравнивания, которые реально имели место или могли произойти за первую фазу активизации и последующий период относительного тектонического покоя. Базисным уровнем для этих врезов является поверхность, проведенная через все фрагменты молодой поверхности выравнивания. В дальнейшем они будут именоваться суммарными врезами, поскольку глубины рассматриваемых врезов (рис. 1, V), которым соответствуют высотные интервалы между поверхностями выравнивания ( $B$ ), представляют собой сумму двух составляющих. Первая из них — это глубины эрозионных врезов, компенсировавших в рельефе амплитуды вертикальных тектонических поднятий за первую фазу активизации ( $A_n$ ) и поэтому количественно равные им. Вполне очевидно, что там, где вдоль долин происходит формирование молодой поверхности выравнивания, данная компенсация должна была осуществиться. Правда, в районах верховьев притоков, у которых активизация глубинной эрозии распространяется регрессивным путем, идеальной компенсации может и не быть, так как в этих случаях глубина врезов в направлении к

верховьям водотоков будет несколько уменьшаться. Вторая составляющая представляет собой глубину эрозионных врезов, которые произошли за изучаемую фазу активизации и последующий период относительного тектонического покоя в результате понижения за это время уровня Мирового океана ( $M$ ) как общего базиса эрозии. Благодаря работам ряда исследователей [3—8] можно считать установленным, что с начала кайнозоя четко проявилась тенденция к понижению уровня Мирового океана. Понижение за неотектонический этап исчисляется первыми сотнями метров, и не учитывать этот факт при расчетах амплитуд вертикальных новейших движений и неотектоническом картографировании нельзя [9, 10]. Надо полагать, что глубина врезов второй составляющей в тех местах, где происходит формирование вдоль долин молодой поверхности выравнивания, будет близка, а практически равна величине снижения уровня океана, так как глубинная эрозия к моменту появления новой поверхности выравнивания и в процессе ее дальнейшего развития должна компенсировать величину этого снижения. Во всяком случае данное допущение правомерно для окраинных районов континентов — в пределах равнин и периферии примыкающих горных сооружений.

Произведенный анализ суммарных врезов позволяет сделать вывод о том, что эквивалентные им в количественном отношении высотные интервалы ( $B$ ) в свою очередь представляют собой сумму двух составляющих — амплитуд поднятий ( $A_n$ ) и величины понижения уровня Мирового океана ( $M$ ). Отсюда легко вывести несложную формулу для определения амплитуд поднятий:

$$A_n = B - M \quad (1)$$

Амплитуды поднятий ( $A_n$ ) имеют, естественно, положительный знак; высотные интервалы ( $B$ ) — тот же знак, поскольку при поднятиях древняя поверхность выравнивания располагается всегда выше молодой.

В принципе посредством подобной же формулы определяются амплитуды опусканий ( $A_o$ ). Это хорошо иллюстрируется рис. 1, VI и поэтому не требует особых комментариев. В данном случае амплитуды опусканий ( $A_o$ ) будут со знаком минус. Высотные же интервалы ( $B$ ) могут иметь как положительный, так и отрицательный знаки: при небольших амплитудах опусканий, не выходящих за пределы величины понижения уровня океана ( $M$ ), знаки будут положительными (рис. 1, VI—б), так как в этом случае древняя поверхность выравнивания все еще располагается выше молодой; если же амплитуды опусканий выходят за эти пределы, то древняя поверхность выравнивания займет положение ниже молодой и знаки высотных интервалов будут отрицательными (рис. 1, VI—а). В результате формула для расчета амплитуд опускания приобретает следующий вид:

$$-A_o = \pm B - M. \quad (2)$$

Обобщая методику вычислений, рассмотренную для двух частных случаев — поднятий (1) и опусканий (2), нетрудно вывести окончательную формулу расчета амплитуд вертикальных движений любого знака для одной фазы неотектонической активизации:

$$\pm A = \pm B - M, \quad (3)$$

где  $A$  — амплитуда вертикальных движений с плюсом при поднятиях и минусом при опусканиях;  $B$  — высотный интервал с плюсом при положении древней поверхности выше молодой и минусом при обратном условии;  $M$  — величина понижения уровня Мирового океана за изучаемую фазу новейшего этапа и последующий период относительного тектонического покоя. Во всех случаях расчеты производятся в метрах.

Некоторые неотектонические депрессии не компенсированы осадками. Вследствие этого аккумулятивные участки молодых поверхностей выравнивания в них занимают более низкое положение по сравнению с денудационными в соседних районах поднятий; поэтому результаты

расчетов амплитуд опусканий в таких местах оказываются несколько заниженными.

Высотные интервалы между разновозрастными поверхностями выравнивания обладают одной очень важной особенностью. Они неизменны во времени как своеобразные морфометрические «окаменелости». Это постоянство сохраняется несмотря на последующие неотектонические движения любого характера и интенсивности. Действительно (рис. 1, IV), при последующих движениях деформироваться будут в одинаковой степени фрагменты как древней, так и молодой поверхностей, что не нарушит их положения относительно друг друга. Поэтому надежность высотных интервалов как реперов для определения амплитуд вертикальных движений не вызывает сомнений.

Фрагменты поверхностей выравнивания, встречающиеся в экспонированном виде, бывают не только кайнозойского возраста, но и мезозойского — до триаса включительно. В погребенном состоянии обнаружены участки еще более древних поверхностей. Однако в большом количестве сохранились фрагменты поверхностей выравнивания лишь новейшего времени и предшествующего позднемиоценового — раннепалеогенового периода относительного покоя. Это ограничивает возможности использования указанного приема временными рамками неотектонического этапа. Рабочий процесс составления карты включает пять этапов. Их рассмотрение будет произведено на примере Байкало-Патомского нагорья, в пределах которого новейший этап ознаменовался двумя фазами активизации. Разберем в этом примере последовательность составления карты для первой фазы.

Задачей первого этапа является составление картосхемы (рис. 2, I) фрагментов двух поверхностей выравнивания — древней и молодой, возраст которых должен быть обоснован геологически. На ее основе в течение следующего этапа выполняется картосхема абсолютных высот данных фрагментов.

Первые два этапа играют роль подготовительных для третьего, цель которого заключается в составлении карты деформаций древней поверхности выравнивания относительно молодой неотектоническими движениями первой фазы активизации. Карта отражает совокупность всех высотных интервалов между данными поверхностями. Она содержит два условных знака: цифры, обозначающие величины высотных интервалов между соседними фрагментами разновозрастных поверхностей выравнивания, и изолинии деформаций, которые проводятся на основании этих цифр как исходных данных. Высотные интервалы определяются на основании второй картосхемы путем вычитания из абс. высот фрагментов древней поверхности выравнивания абс. высот, расположенных поблизости фрагментов молодой поверхности. При составлении таких карт для территории Восточной Сибири изолинии деформаций проводились через 100 м. В принципе их сечение должно определяться масштабом составляемых карт, детальностью работ и назначением результатов исследований.

Цель четвертого этапа — составление карты амплитуд вертикальных движений за изучаемую фазу активизации. Она выполняется на основании предыдущей карты путем внесения поправки за снижение уровня Мирового океана, которая по своему значению является величиной  $M$  в формуле (3).

Проблема учета изменений уровня моря при определении амплитуд новейших движений рассмотрена нами в специальной работе [9], из которой позаимствуем лишь положение о том, что превышение уровня Мирового океана в какой-либо момент неотектонического этапа над его современным положением можно с некоторой долей условности определить расчетным путем или графически по материалам О. К. Леонтьева [5] или В. А. Шлейникова [7].

В качестве примера названных исходных данных на рис. 2, IV приведена интегральная кривая изменения уровня Мирового океана за последние 100 млн. лет по В. А. Шлейникову. Произведем с ее помощью

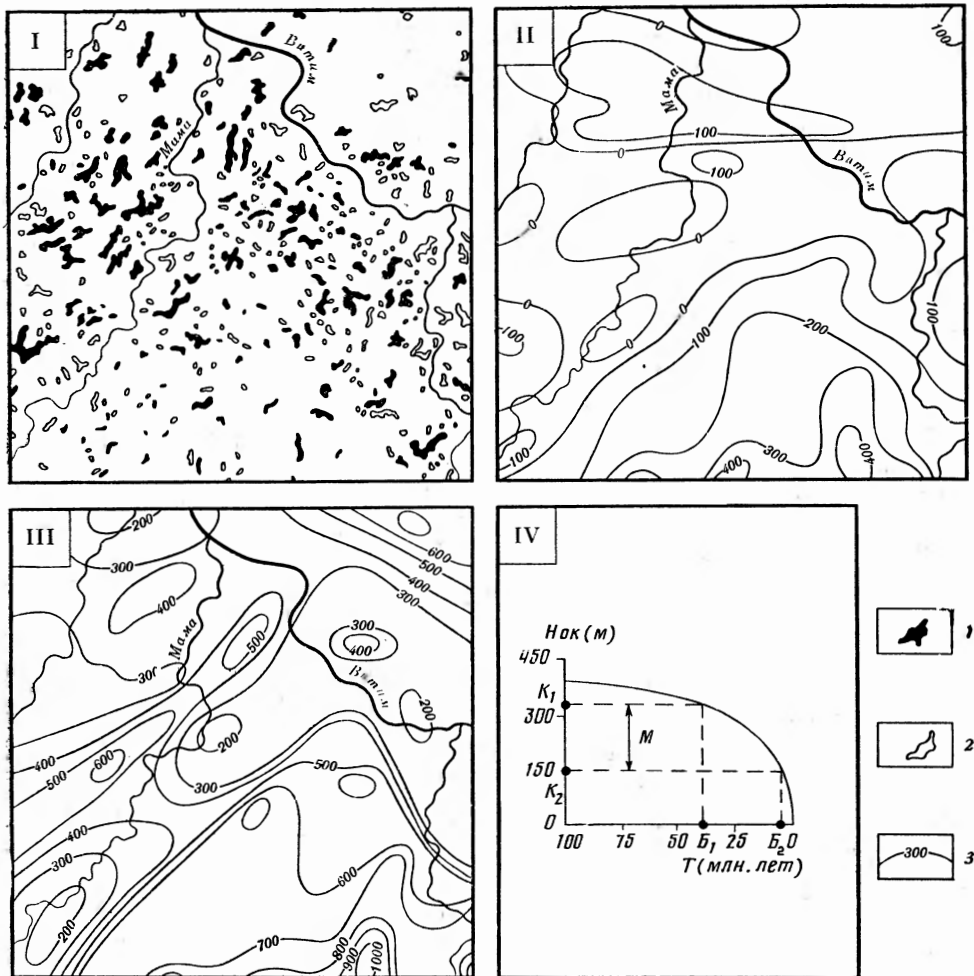


Рис. 2. Картосхемы центральной части Байкало-Патомского нагорья (по А. Г. Золотареву)

I — фрагменты поверхностей выравнивания, II — амплитуды вертикальных движений первой фазы неотектонического этапа, III — амплитуды вертикальных движений за две фазы неотектонического этапа, IV — интегральная кривая изменения уровня Мирового океана за последние 10 млн. лет, по В. А. Шлейникову [7], и принцип расчета величины  $M$ . 1 — фрагменты древней поверхности выравнивания (поздний мел — палеоцен); 2 — фрагменты молодой поверхности выравнивания (неоген); 3 — изолинии амплитуд вертикальных неотектонических движений и их значения в метрах. Буквенные обозначения:  $B_1$ ,  $B_2$  — отметки на оси времени начала первой и второй фаз новейшей активизации;  $K_1$ ,  $K_2$  — превышения поверхности Мирового океана, которые имели место в начале первой и второй фаз, над его современным уровнем;  $M$  — величина понижения уровня Мирового океана за первую фазу активизации и последующий период относительного покоя

расчет величины  $M$ . Уточним сперва задачу: необходимо определить понижение уровня океана за первую фазу активизации и последующий период относительного тектонического покоя, т. е. за отрезок геологического времени между началом первой фазы и началом второй. На Байкало-Патомском нагорье данные фазы начинались с эоцена — около 40 млн. и позднего плиоцена — около 4 млн. лет назад. Исходя из этого, на оси абсцисс графика В. А. Шлейникова (рис. 2, IV) наносим точки  $B_1$  и  $B_2$ , соответствующие установленным временным границам. Затем графическим путем на оси ординат найдем и обозначим точками  $K_1$  и  $K_2$  превышения поверхности Мирового океана, которые имели место в начале фаз — первой ( $B_1$ ) и второй ( $B_2$ ) над его современным уровнем.

Разница между этими превышениями (отрезок на оси ординат  $K_1K_2$ ) и есть искомая величина  $M$ , которая в данном примере составляет 230 м.

Сложность представляет определение поправки  $M$  в случае, если поверхности выравнивания формировались в плейстоцене, когда снижение уровня Мирового океана было осложнено частыми гляциоэвстатическими колебаниями обоих знаков с амплитудами более 100 м. В этом случае для расчетов поправки необходимо привлечь дополнительные графические материалы, содержащиеся в работах [8, 11—13].

Полученная поправка  $M$  вычитается последовательно из значений каждой изолинии деформации древней поверхности выравнивания относительно молодой, в результате чего карта деформаций трансформируется в карту амплитуд вертикальных движений. На рис. 2, II представлен генерализованный фрагмент одной из таких карт.

Пятый этап заключается в сборе и нанесении на предыдущую карту дополнительных неотектонических данных в виде разрывных нарушений, осадков, вулканогенных образований и др. К сожалению, возможности получения перечисленных материалов для отдельных фаз новейшей активизации очень ограничены.

Изолинии амплитуд вертикальных движений представляют собой хороший источник информации для различных исследований. Посмотрим, например, что дает в этом отношении картосхема, изображенная на рис. 2, II. Во-первых, на ней четко выражены морфологические элементы поднятий и опусканий, что может служить основой для построения палеоструктурной картосхемы. Во-вторых, выделяются типы деформаций: преобладают пластические, но на севере имеет место дизъюнктив или флексура широтного простираия. Особенно хорошую информацию можно получить для целей сравнительного анализа. Например, сопоставим данную картосхему с картосхемой амплитуд вертикальных движений той же территории за две фазы новейшего этапа (рис. 2, III); вторая картосхема составлена также с учетом изменений уровня Мирового океана [9]. Такое сопоставление позволяет сделать ряд интересных выводов, касающихся неотектонического режима второй фазы и его изменений по сравнению с первой. Нетрудно видеть, что тектоническая активность второй фазы больше, чем первой; значительнее амплитуды вертикальных движений, чаще встречаются флексуобразные или дизъюнктивоподобные нарушения, больше амплитуды вертикальных подвижек вдоль их предполагаемых сместителей. Во вторую фазу изменяется структурный план: исчезают элементы широтного простираия, господствующими становятся северо-восточное и северо-западное направления. Юго-восточная часть территории развивается в структурном плане, унаследованном от первой фазы; план северо-западной части изменяется полностью. Последний вывод дает основание предполагать изменения в направлениях тектонических сил, которые могли произойти во вторую фазу.

Таким образом, результаты даже небольшого сравнительного анализа, проведенного в историческом аспекте, представляют ценный научный материал, в частности для изучения направленности развития тектоносферы, рельефа, а вместе с тем, надо полагать, и природных территориальных комплексов в целом. При этом вполне очевидна прикладная значимость данных материалов в связи с изучением условий образования, сохранения и перестроения месторождений многих видов полезных ископаемых — нефти, газа, бокситов, россыпей полезных минералов и др. Рассматриваемые карты, следовательно, могут иметь важное значение при структурно-тектонических, палеогеографических, геоморфологических и физико-географических исследованиях.

Изложенные материалы не претендуют на завершенность. Они публикуются в форме постановки вопроса и рассмотрения результатов первых попыток его решения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Золотарев А. Г. Рельеф и новейшая структура Байкало-Патомского нагорья. Новосибирск: Наука, 1974. 119 с.
2. Тимофеев Д. А. Поверхности выравнивания суши. М.: Наука, 1979. 216 с.
3. Марков К. К. Палеогеография. М.: Изд-во МГУ, 1960. 266 с.
4. Марков К. К., Величко А. А. Четвертичный период. Т. III. М.: Недра, 1967. 389 с.
5. Леонтьев О. К. Об изменениях уровня Мирового океана в мезозое — кайнозое. — Океанология. Т. X, вып. 2, 1970, с. 276.
6. Николаев Н. И. Эвстазия, изостазия и вопросы неотектоники. — Вестн. МГУ. Геология, № 1, 1972, с. 6.
7. Шлейников В. А. Изменение уровня мирового океана в мезокайнозое. — В кн.: Коллебания уровня Мирового океана и некоторые вопросы морской геоморфологии. М.: Наука, 1975, с. 45.
8. Клиге Р. К. Уровень океана в геологическом прошлом. М.: Наука, 1980. 110 с.
9. Золотарев А. Г. Опыт расчета суммарных амплитуд неотектонических движений в связи с изменениями уровня Мирового океана. — Геоморфология, 1979, № 2, с. 38.
10. Леонтьев О. К. О поправке за изменения уровня Мирового океана к расчетам суммарных амплитуд неотектонических движений земной поверхности. — Геоморфология, 1980, № 3, с. 76.
11. Цейнер Ф. Плейстоцен. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. 502 с.
12. Шлейников В. А. Изменение уровня Мирового океана в плейстоцене. — В кн.: Коллебания уровня Мирового океана и некоторые вопросы морской геоморфологии. М.: Наука, 1975, с. 50.
13. Каплин П. А. Изменения уровня Мирового океана в плейстоцене по данным определений абсолютного возраста древних береговых линий. — В кн.: Проблемы палеогеографии. М.: Наука, 1976, с. 95.

Иркутский государственный университет

Поступила в редакцию  
23.XI.1981

## ON METHODS OF NEOTECTONIC MAPS COMPILATION

ZOLOTAREV A. G.

### Summary

A new technique is introduced which is aimed to tectonic maps compilation showing vertical movements amplitudes during separate neotectonic phases. The maps are based on measurements of height differences between planation surfaces of different age, the results being corrected according to the World Ocean level changes.