

разведки (требуется значительное сгущение разведочных выработок), так и при эксплуатации (неровный характер карстового плотика неизбежно вызывает значительные потери металла).

4. Намечающаяся пространственная связь косых пластов с зонами разломов позволяет предполагать, что многие древние россыпи образовались за счет пород, слагающих днища долин и перекрытых в настоящее время толщей рыхлых наносов значительной мощности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Александров А. И.* Влияние карста на морфологию древних россыпей Урала. В сб. «Материалы по геоморфологии Урала», вып. 2. М., «Недра», 1971.
- Баранников А. Г., Морозов В. Н., Шуб И. З.* Некоторые новые данные о континентальных осадках мезокайнозой на восточном склоне Южного Урала. В сб. «Материалы к первой Уральской конфер. молодых геологов и геофизиков». Свердловск, 1967.
- Высоцкий Н. К.* Месторождения золота Кочкарской системы в Южном Урале. «Тр. Геолкома», т. XIII, № 3, 1900.
- Ленных И. В.* Геоморфология и мезо-кайнозойские отложения бассейна р. Уй на Южном Урале. В сб. «Материалы по геоморфологии Урала», вып. 1. М., Госгеолиздат, 1948.

Свердловский горный  
институт им. В. В. Вахрушева

Поступила в редакцию  
18.XII.1972

### ON «OBLIQUE BEDS» IN ANCIENT GOLD PLACERS AT THE SOUTHERN URAL

A. G. BARANNIKOV

#### Summary

Oblique beds represent a special morphological type of ancient gold placers; they result from gold-bearing alluvium deformation owing to karst subsidence of bedrock. Some data are adduced concerning morphology of ancient (Mesozoic — Palaeogenic) karst topography, lithology and stratigraphy of the auriferous deposits. The author observed a spatial connection of the oblique beds with tectonic shear zones.

УДК 551.4.01

**А. Ф. ГРАЧЕВ, В. И. МИШИН**

### ПОСТРОЕНИЕ КАРТ НОВЕЙШЕЙ ТЕКТониКИ НА ОСНОВЕ ТРЕНД-АНАЛИЗА

**Введение.** Построение карт новейшей тектоники для областей длительного континентального развития является сложной задачей. Это связано с тем, что рельеф исходной поверхности обычно неизвестен; вместе с тем достаточно очевидно, что даже представляя общий характер рельефа, его примерную высоту над уровнем моря, мы не можем учесть изменение высоты по площади.

В ряде случаев, когда новейший тектонический этап отделен незначительным перерывом от предшествующего этапа тектонической активности, как, например, в мезозоидах Северо-Востока СССР, исходный рельеф может иметь значительные колебания относительных отметок. Поэтому принятие в качестве системы отсчета пенеплена или иной поверхности выравнивания, имеющих одинаковую высоту (обычно это

уровень Мирового океана), как это делается при построении карт новейшей тектоники, приводит к сильному искажению величин новейших деформаций.

Авторами предлагается методика построения карт новейшей тектоники на основе тренд-анализа, что дает возможность избежать этих трудностей. Тренд-анализ относится к эмпирическим методам, позволяющим определять и интерпретировать вариации какой-либо переменной (в нашем случае высоты рельефа или глубины дна) в пределах исследуемой территории. Вариации переменной можно связывать с региональными (трендовыми) и локальными геологическими процессами, на которые накладывается «шум», связанный с ошибками как в методике отбора исходных данных, так и в их определении.

Выдвинутая авторами гипотеза заключается в том, что карта региональной составляющей, построенная по высотным отметкам, рассматривается как аналог исходной поверхности, существовавшей до начала деформации. Карта, построенная по отклонениям наблюдаемых данных от поверхности тренда (карта остатков), отождествляется с картой амплитуд деформаций исходной поверхности. Для решения поставленной задачи предлагается использовать неполиномиальные модели тренд-анализа.

**Исходная модель.** Как известно, общая линейная модель поверхности тренда (Крамбейн, Грейбилл, 1969) определяется следующим уравнением регрессии:

$$Z(x, y) = \hat{b}_0 + \sum \hat{b}_i f_i(x, y),$$

где  $Z(x, y)$  — функция координат, описывающая трендовую поверхность,  $f_i(x, y)$  — класс функции координат, определяющий рассматриваемую модель,  $\hat{b}_i$  — оценки регрессионных коэффициентов, которые обычно находятся методом наименьших квадратов.

Отличительной особенностью используемого в данной работе метода (Miesch, Соппо, 1968) является то, что в уравнение поверхности тренда включались только такие функции из  $\{f_i(x, y)\}$ , для которых соответствующие им оценки коэффициентов регрессии  $b_i$  значимо отличаются от нуля. Исключение и введение функций  $f_i(x, y)$  в уравнение регрессии осуществляется пошаговой регрессионной процедурой (Stepwise regression), являющейся модификацией метода Гаусса, при этом на каждом шаге исключается или вводится только одна функция.

Для проверки гипотезы  $H_0: \hat{b}_i^k = 0$  на  $k$ -шаге при заданном уровне значимости  $\alpha$  (мы принимали  $\alpha = 0,05$ )<sup>1</sup> используется тот факт, что в условиях справедливости  $H_0$ , величина  $(\hat{b}_i^k)^2 / \hat{\sigma}_{b_i^k}^2$ , где  $\hat{\sigma}_{b_i^k}^2$  — оценка дисперсии  $\hat{b}_i^k$ , распределена как  $F_1, m$ ,  $\alpha$  ( $m$  — число степени свободы, равное разнице между числом точек опробования и числом функций  $f_i(x, y)$ , включенных на  $k$ -шаге в уравнение регрессии). Введение на  $k$ -шаге некоторой  $f_i(x, y)$  приводит к пересчету всех регрессионных коэффициентов. Если они оказываются близкими к нулю, гипотеза  $H_0$  принимается и соответствующие функции исключаются из уравнения.

Преимущество данного подхода состоит в том, что из уравнения поверхности тренда исключены те  $f_i(x, y)$ , которые не вносят статистически значимый вклад в изменчивость исследуемой переменной. Это приводит к тому, что уменьшается как количество членов, входящих в уравнение, так и искажение, вносимое локальной составляющей при вычислении поверхности тренда, а найденные регрессионные коэффициенты более стабильны и меньше зависят от свойств выборки или ошибок исходных данных.

<sup>1</sup> Выбор уровня значимости, как и класса функций, определяется задачами, поставленными в каждом конкретном случае.

В рассматриваемой неполиномиальной модели выбор функций, включаемых в уравнение поверхности тренда, связан с системой отсчета *ху*. Это приводит к получению нескольких различных карт в зависимости от переноса начала координат или изменения масштаба системы координат. Следует отметить, что при высокой степени приближения поверхности тренда к наблюдаемым данным различия между соответствующими картами остатков могут быть большими. Это обстоятельство подчеркивает эмпирическую природу тренд-анализа и указывает, что карту остатков в таких случаях трудно интерпретировать без привлечения других геологических данных.

**Методика работы и результаты.** Прделанная работа включала два основных этапа. 1. Построение регрессионной поверхности или поверхности тренда, учитывающей изменение высотных отметок в пределах всей изучаемой территории. Карта поверхности тренда рассматривается как аналог поверхности, свободный от тех или иных аномалий, связанных с тектоническими процессами, т. е. как исходная поверхность или система отсчета. 2. Выявление локальной компоненты или карты остатков тренда как разницы между картой тренда и исходными данными. Такая карта является математической моделью структуры исследуемой территории. Для ее преобразования в реальную карту деформаций земной поверхности необходимо введение коэффициентов пропорциональности на основе тех участков, где амплитуда деформации, например прогибания, известна по данным бурения или может быть получена иными независимыми методами. Подобрал соответствующий коэффициент перехода и изучив его вариации (дисперсию) по площади, можно построить карту новейших движений земной коры.

На карте остатков тренда достаточно легко выделяются зоны разрывных нарушений. Кроме понятного случая значительных перепадов величин отклонений, разломы выделяются по отклонениям одного знака, образующим линейно вытянутую зону на фоне отклонений другого знака. Проверка показала хорошее совпадение разрывных нарушений, установленных по геологическим данным и выявленных описанным путем.

Положение о том, что карта трендовой поверхности может рассматриваться как исходная поверхность, было проверено на примере Байкальской рифтовой зоны, в частности юго-западного Прибайкалья, где имеются данные глубокого бурения, хорошо изучен разрез коррелятных кайнозойских отложений и изменение их мощностей по площади. Оказалось, что отметки трендовой поверхности близки к современным высотам межвпадинных перемычек (1200—1400 м), на которых хорошо сохранилась древняя кора ветвирования. Таким образом, положение исходной поверхности выравнивания в юго-западном Прибайкалье определяется высотами межвпадинных перемычек. Вычисленные амплитуды новейших деформаций в 1,5—2 раза меньше показанных на картах новейшей тектоники, составленных ранее для этой территории. Примером карты, построенной по данной методике, может служить карта новейшей тектоники Момского материкового рифта (Грачев, 1973).

Предлагаемая методика открывает большие перспективы при изучении новейшей тектоники дна морей, где батиметрические данные, как правило, не позволяют делать какие-либо определенные выводы.

Рассмотрим результаты применения данного метода на примере анализа современной структуры дна моря Лаптевых. На основе 360 отметок глубин были построены карты поверхности тренда (рис. 1) и карты отклонений трендовой поверхности от реальной в двух вариантах (рис. 2, 3): в первом случае (машинная обработка) учитывалось 20% изменчивости, а во втором — 100%. На карте поверхности тренда (рис. 1) видно, что рисунок изолиний подчиняется двум направлениям: северо-восточному, идущему от Усть-Хатангского прогиба, и северо-западному, проходящему от Усть-Ленского прогиба. Оба направления как

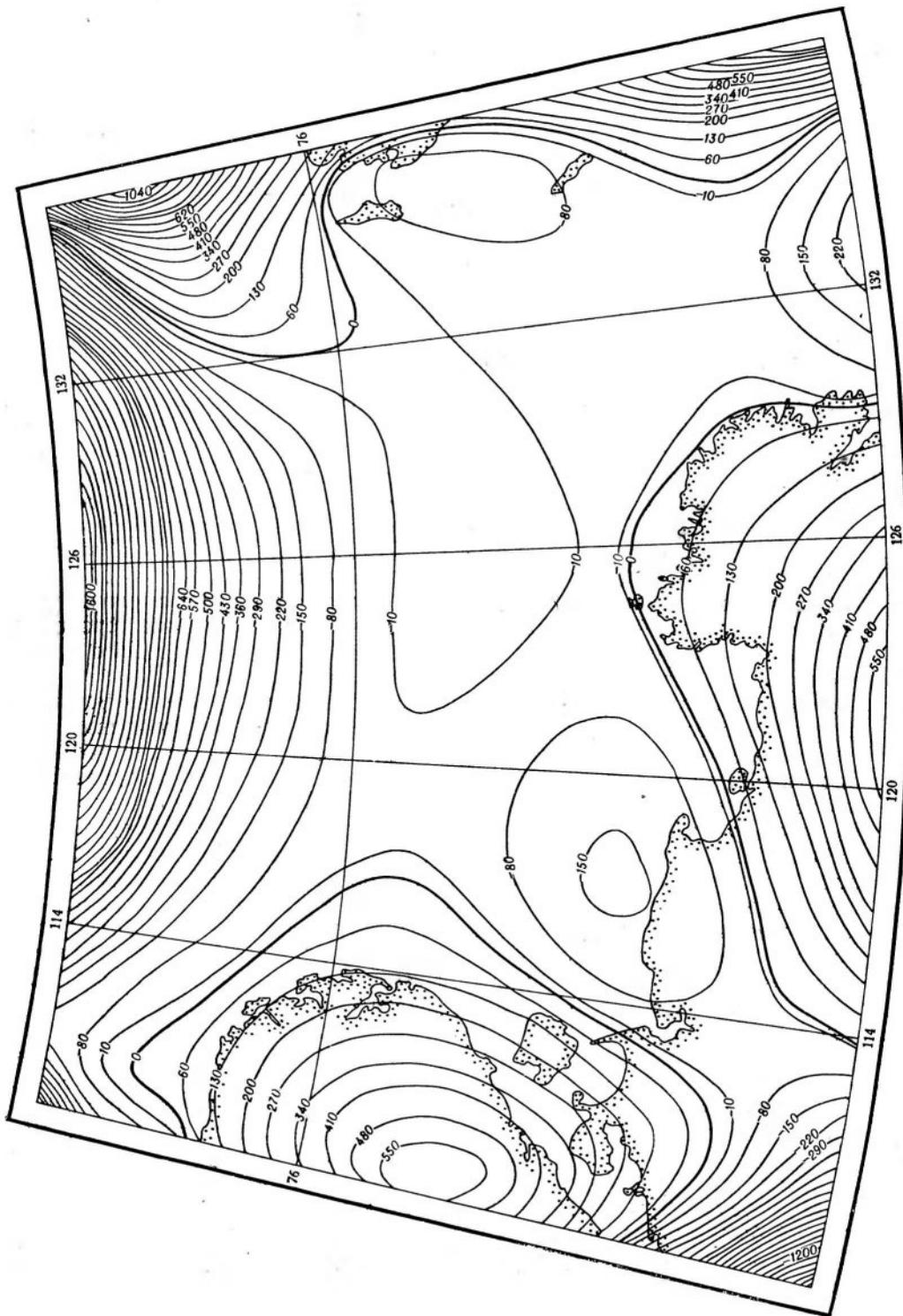


Рис. 1. Карта поверхности дна глубина для моря Лаптевых

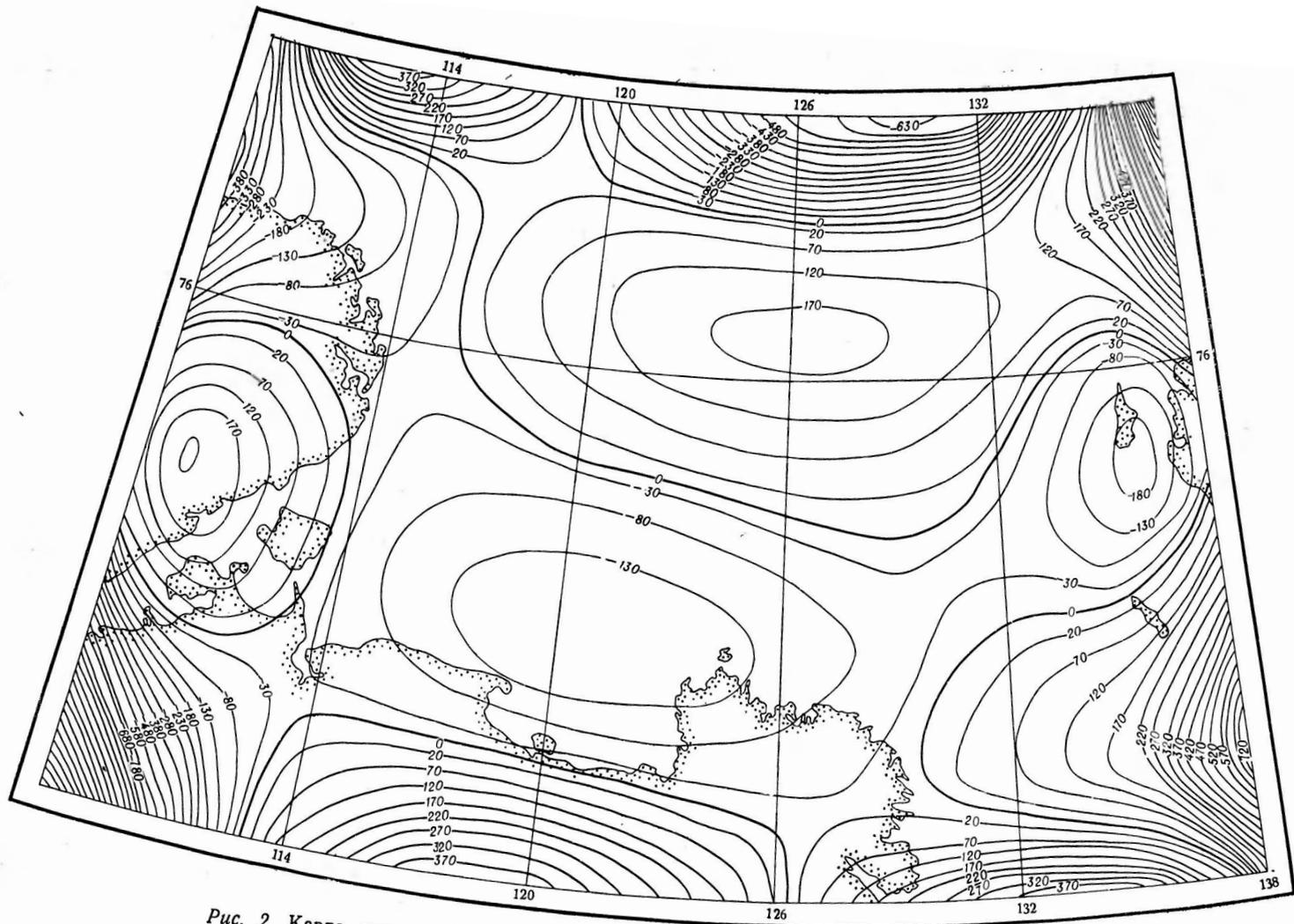


Рис. 2. Карта отклонений поверхности тренда от реальной поверхности дна моря Лаптевых (20% изменчивости, построена с помощью ЭВМ)

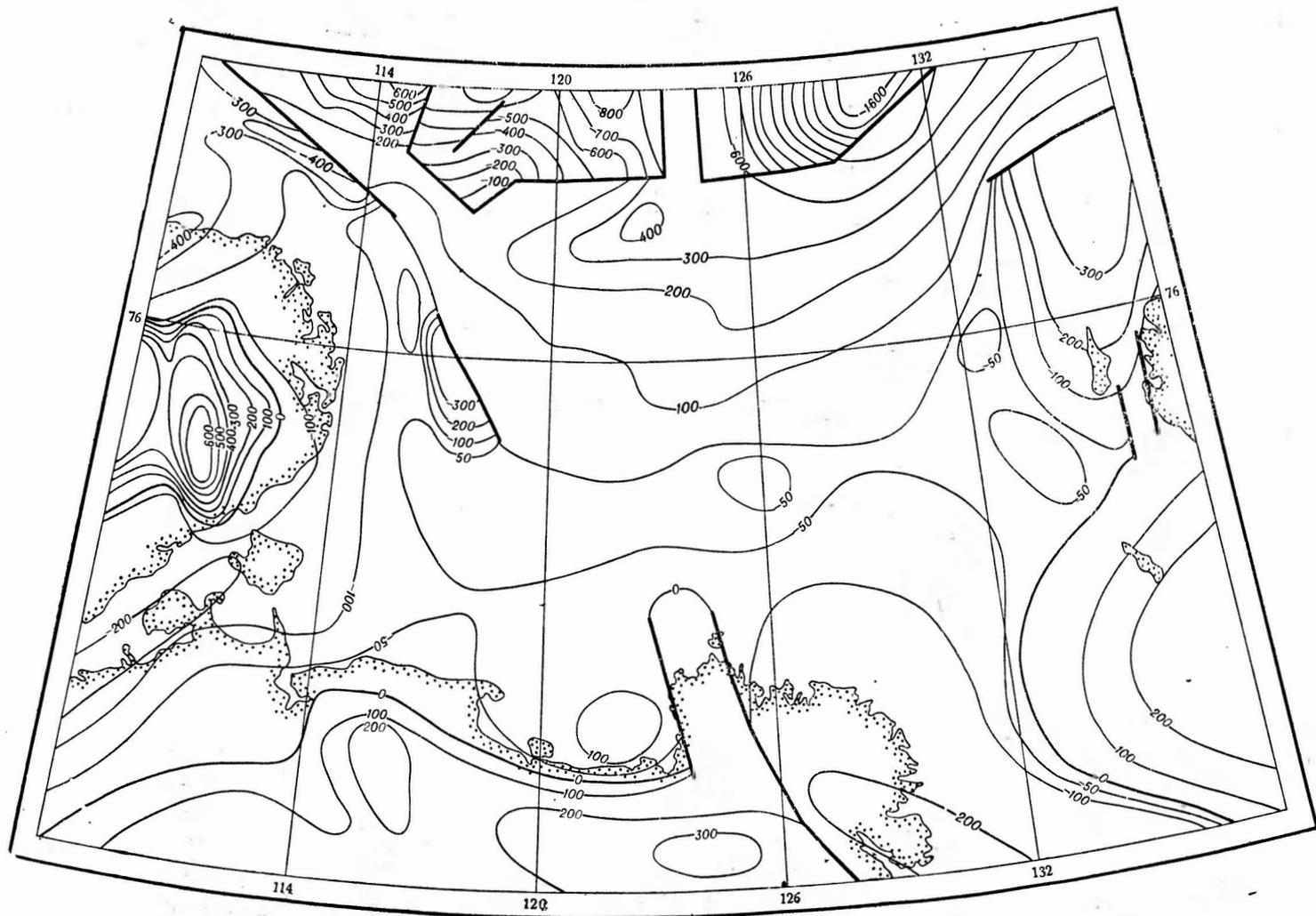


Рис. 3. Карта отклонений поверхности тренда от реальной поверхности дна моря Лаптевых  
 (100% — величина отклонения, достигая нуля). Жирные линии — разрывные нарушения

бы делят Лаптевоморскую впадину на четыре сегмента. Эти две структурные линии, достаточно ясно вырисовывающиеся на карте тренда, находят подтверждение в розе простираний разломов в чехле Сибирской платформы восточнее  $105^{\circ}$  в. д. (между  $68$  и  $72^{\circ}$  с. ш.) (Межвилк, Мурзина, 1972).

Карта тренда позволяет выявлять основные плановые закономерности структуры шельфа, но больший интерес имеет карта отклонений поверхности тренда от реальной поверхности дна моря Лаптевых (рис. 2), которая, выявляя локальную компоненту, может рассматриваться в качестве основы для структурного районирования.

Сопоставление этой карты с известными главнейшими элементами новейшей структуры шельфа моря Лаптевых, приведенными, например, на схеме в недавней работе Ю. Е. Погребницкого и др. (1971), показывает, что эти элементы хорошо выделяются. Так, в виде положительных отклонений вырисовываются Восточно-Лаптевское, Усть-Янское, Южно-Лаптевское поднятия, и в виде отрицательных — Усть-Ленский, Западно-Лаптевский, Бельковский прогибы.

В северной части карты четко читается структура материкового склона, для которого к западу от  $120^{\circ}$  в. д. по смене отрицательных нарушений положительными можно предположить существование зоны нарушений.

Та же карта отклонений, построенная вручную и учитывающая 100% изменчивости, изображает структуру детальнее (рис. 3). Более четко выделяются уже отмеченные главнейшие элементы новейшей тектоники дна моря Лаптевых и выявляются новые, весьма существенные детали.

Наиболее важной для нас является зона материкового склона, где в районе  $78^{\circ}$  с. ш. и  $124^{\circ}$  в. д. на фоне значительных отрицательных отклонений вырисовывается узкая зона положительных отклонений, совпадающая с ранее выделенным по геофизическим данным «погребенным» продолжением хр. Гаккеля. Зона положительных отклонений образует изгиб в юго-западном направлении.

Сопоставление данной карты с картой остаточных аномалий силы тяжести показывает хорошее соответствие, причем в пределах шельфа соотношение между знаком аномалий и отклонениями на карте остатков тренда прямое, а в пределах прилегающей суши — обратное. Таким образом, это сопоставление, а также совпадение отклонений с известными главнейшими элементами новейшей структуры дна показывает, что отклонения трендовой поверхности отражают новейшие структурные формы, ибо они установлены только на основе данных по рельефу дна. Такой подход открывает новые возможности для изучения новейшей тектоники шельфовых морей.

**Заключение.** Проверка предлагаемой методики построения карт новейшей тектоники на примере двух различных областей (горной системы хребта Черского и шельфового моря Лаптевых) показала, что не только основные особенности структуры, но и ее детали выявляются с достаточной полнотой. Особенно хорошо выявляются зоны разрывных нарушений. Эта методика позволяет избежать неопределенности, связанной с установлением системы отсчета новейших деформаций земной коры, и дает более реальные величины амплитуд новейших деформаций. Основное преимущество использования тренд-анализа в обсуждаемых целях заключается в возможности построения карт новейшей тектоники для плохо изученных территорий, особенно мелководной зоны шельфа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Грачев А. Ф. Момский материковый рифт (Северо-Восток СССР). В сб. «Геофизические методы разведки в Арктике», вып. 8, 1973.  
Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. М., «Мир», 1969.

Межвилк А. А., Мурзина Т. А. Разломы Сибирской платформы. В сб. «Геология и перспективы нефтегазоносности Советской Арктики», ротапринт НИИГА, Л., 1972.

Погребницкий Ю. Е., Виноградов В. А., Захаров В. В., Зацепин Е. Н. Складчатые системы и платформенные чехлы Арктического шельфа Средней Сибири. В кн. «Геология моря», вып. 1, ротапринт НИИГА, Л., 1971.

Miesch A. T., Connor J. J. Stepwise regression and nonpolynomial models in trend analysis. Kansas Geol. Survey Computer Contr., 27, 1968.

Географический факультет  
Ленинградского университета,  
Всесоюзный геологический институт (ВСЕГЕИ)

Поступила в редакцию  
8.V.1973

---

## NEOTECTONIC MAP CONSTRUCTION BASED ON TREND ANALYSIS

A. F. GRATCHEV, V. I. MISHIN

### Summary

Technique of neotectonic map construction is proposed which allows to exclude the uncertainty resulting from the count system; it is based on nonpolynomial trend-analysis model. Examples of the maps are given which were constructed according the method with the usage of computers.

---

УДК 551.4(517.3)

В. Т. ГРИГОРОВ

## ПОВЕРХНОСТИ ВЫРАВНИВАНИЯ ВОСТОЧНОЙ МОНГОЛИИ

Территория Восточной Монголии, характеризующаяся преобладанием возвышенных пустынных равнин и плоскогорий, начиная с конца палеозоя испытывает устойчивое поднятие и является ярким примером областей континентального тектонического развития. По Э. М. Мурзаеву (1952), территория Восточной Монголии делится на три физико-географических района: Хэнтэйскую горную страну, область приподнятых равнин и Гобийский район.

Впервые на поверхности выравнивания Монголии обратили внимание американские геологи Ч. Берки и Ф. Моррис (Berkey, Morris 1924a, б). Ими достаточно аргументированно выделены три поверхности выравнивания: хангайский пенеплен доюрского возраста, монгольский пенеплен послеюрского возраста и гобийская равнина позднеэоценового возраста.

Косвенные указания на наличие поверхностей выравнивания имеются в работах ряда советских исследователей Монголии. О поверхностях выравнивания, отражающих стадии устойчивой денудации, писал И. А. Ефремов (1954а), который отмечал на юге Монголии мощные (до 60 м) коры латеритного выветривания, сформированные на палеозойских и условно юрских отложениях. Наличие денудационной поверхности выравнивания, образованной на месте горной области в конце палеозоя, установили И. П. Герасимов (1952), В. Г. Васильев и др. (1959). Е. И. Селиванов (1963) для смежной территории Монгольского Алтая