

Здесь $V'_n - V'_a$ — разность измеренных амплитуд колебаний изображений штриха по передней и задней рейкам, выраженная в баллах.

Таким образом, используя (2) и (3) и задаваясь значениями полуразностей измеренных амплитуд по передней и задней рейкам от 0 до 2 с шагом 0,2 — в формуле (2) и (3), а также расстояниями от нивелира до рейки (d) от 20 до 60 м через 5 м, построены номограммы (рис. 2, 3) для вычисления поправки в превышения за влияние нивелирной рефракции.

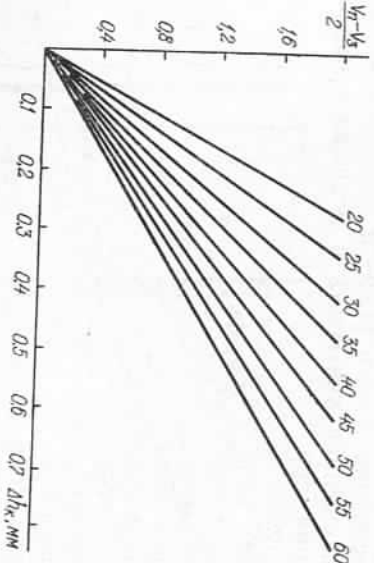


Рис. 2. Номограмма для определения поправки за рефракцию по амплитуде колебаний изображений штриха на полный биссектор.

Для определения поправки Δh_k необходимо вычислить разность измеренных амплитуд в условных единицах или в баллах. Далее переместиться до нужной длины линии и по перпендикуляру к оси Δh_k отсчитать значение поправки за рефракцию в мм.

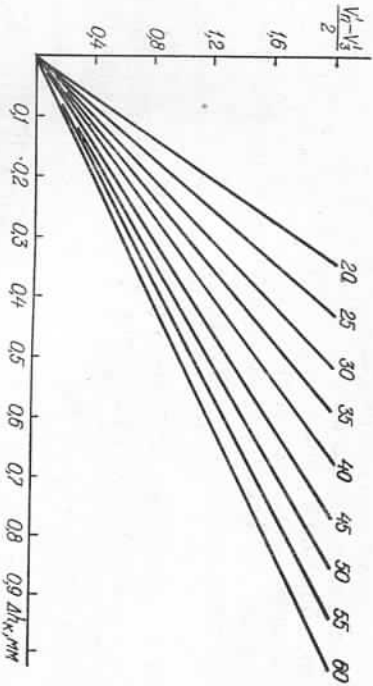


Рис. 3. Номограмма для определения поправки за рефракцию по амплитуде колебаний штриха в четырехбалльной системе.

Предложенные номограммы сокращают время вычислительных работ и применяются в полевых условиях для определения и введения в измеренные превышения поправок за рефракцию методом фиксации амплитуды колебаний изображений штриха на полный биссектор и по четырехбалльной системе.

Список литературы: 1. Джужман Б. И., Паалис П. В., Стацишин И. И. Метод определения нивелирной рефракции. — Геодэзия, картография и аэрофотограмметрия, 1979, вып. 30, с. 66—69. 2. Паалис П. В. Проблемы высокоточного нивелирования. — Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. — 124 с. 3. Паалис П. В. Учет рефракции на результаты нивелирования I и II классов по колебаниям изображений. — Геодэзия, картография и аэрофотограмметрия, 1978, вып. 28, с. 96—100. 4. Стацишин И. И. Работы и исследование методов учета нивелирной рефракции в турбулентной атмосфере. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Львов, 1983. — 24 с.

Статья поступила в редакцию 20.04.85

УДК 551.24:528.48

Э. М. ЕВСЕЕВА, В. В. КИРИЧУК, Е. Б. ГРАФОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ И АКТИВНЫЕ ГЛУБИННЫЕ СТРУКТУРЫ

Вертикальные смещения земной поверхности представляются собой суммарное действие ряда факторов, проявляющихся в суточных движениях различного порядка, которые В. Белоголов связывает с «многочастотностью» процесса дифференциации материала Земли: «Каждый порядок движений имеет свою глубину происхождения, а на поверхности они суммируются и как бы интерферируют друг с другом» [2, с. 17].

Одной из возможных количественных характеристик вертикальных движений поверхности, как известно, являются скорости современных вертикальных движений земной поверхности (СВДЗП). Очевидно, если рассматривать поле скоростей СВДЗП на достаточно обширной территории как реализацию двумерного случайного процесса на плоскости, то представляет интерес исследовать взаимосвязь статистик этого поля с геоморфоструктурами территории, различными по масштабу и глубине заложения.

Исходной информацией для таких исследований послужила «Карта скоростей СВДЗК Восточной Европы» [8], на основе которой простейшим интерполированием были определены значения скоростей, отнесенных к центрам одноградусных трапеций, в области, ограниченной $40^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ$ и $10^\circ \leq \lambda \leq 50^\circ$. Полученное табулированное поле скоростей СВДЗП в дальнейшем было подвергнуто сглаживанию с помощью усреднения, и для каждого из вариантов сглаженных полей по известным формулам [5] вычислены статистические средние, дисперсии, стандарты. При этом усреднение выполнялось двояким образом: последовательное вычисление значений скорости СВДЗП для центров трапеций 2×2 и 4×4 , 8×8 путем усреднения исходных одноградусных трапеций при размерах окрестности скользящего 3×3 , 5×5 , 7×7 , 9×9 *.

* Последний метод усреднения использован в работе Рябоштан Ю. С. и др. «К методике применения данных о современных движениях земной коры для изучения глубинного строения регионов (на примере Донбасса)», представленной на 10-м Междугосударственном совещании по современным движениям земной коры на геодинамических полигонах СССР.

Поведение этих статистик в зависимости от степени сглаженности исходного поля представлено в виде графиков на рис. 1. Анализ графиков позволяет сделать выводы о наличии геоморфоструктур размером $\sim 300 \times 300$ км и 700×700 км, вызывающих изменение статистической структуры поля скоростей СВДЗП. Для детального исследования были построены карты скоростей СВДЗП по всем вариантам сглаживания исходного поля.

Пронализировав полученные варианты карт. Следует отметить, что два типа усреднения при небольших радиусах качественно существенно не отличаются: усреднение по площадкам $2 \times 2^\circ$

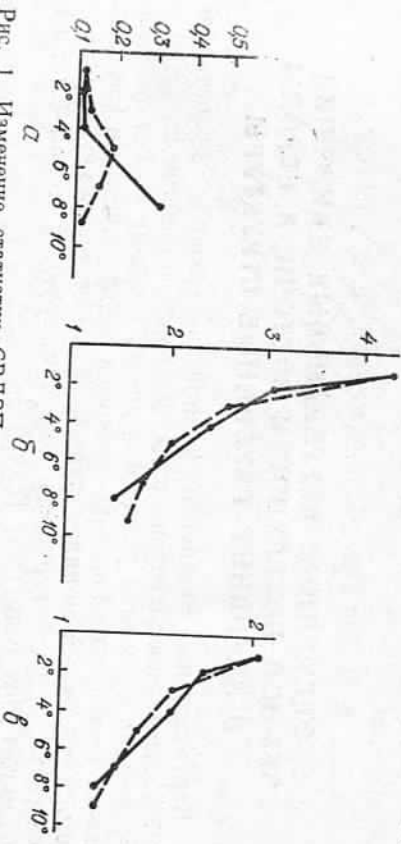


Рис. 1. Изменение статистик СВДЗП в зависимости от порядка осреднения: а) дисперсия — б) стандарта — в) статистической средней — г) дисперсия — б) стандарта — в).

полностью соответствует усреднению по выделяющимся структурам $3 \times 3^\circ$. При увеличении размеров площадок и окрестности скопления полного качественного соответствия не наблюдается, хотя общая тенденция изменения поля СВДЗП сохраняется. Для дальнейшего рассмотрения выберем два варианта в соответствии с установленными изменениями статистик исходного поля. Первый представлял собой усредненное поле СВДЗП по двух- и трехградусным площадкам, второй — по восьми- и девятиградусным. Остановимся на последнем варианте усредненной карты.

В геоморфологическом плане изучаемая территория представлена двумя текстурами [7]: равнинно-платформенной (Восточно-Европейская платформа, ВЕП) и орогенной (Средиземноморский складчатый пояс; на карте: Карпато-Балканский регион и Кавказ) (рис. 2).

В западной и южной частях ВЕП наблюдаются положительные скорости движения $+2$ мм/год, северо-восточная часть платформы опускается со скоростью -2 , -3 мм/год. В орогенной области положительные движения испытывают Балканы и Кавказ: $+1$ и $+2$ мм/год, отрицательные (-1 мм/год) — регион, охватывающий Карпаты и Венгерскую впадину.

Описанная картина СВДЗП платформенной части исследуемой территории качественно согласуется со структурными элементами Русской платформы, сформировавшимися на байкальском этапе

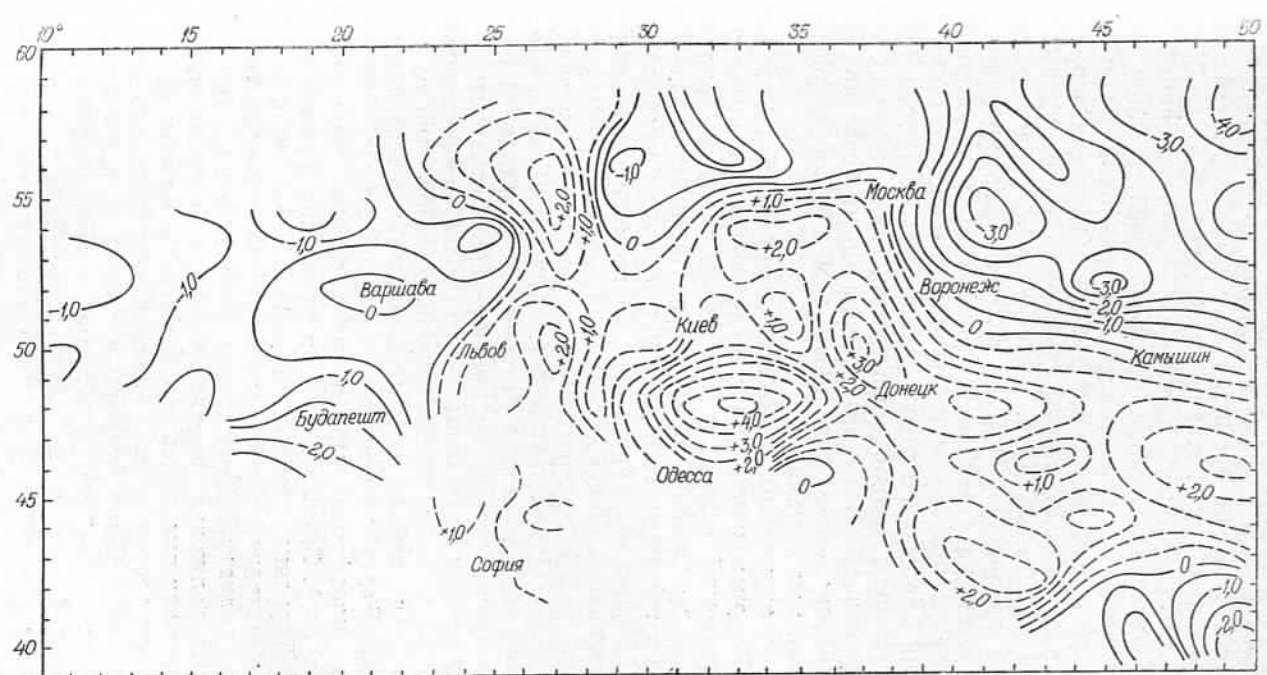


Рис. 2. Схематическая карта скоростей СВДЗП, осредненных по площадкам $8 \times 8^\circ$: 1 — изолинии отрицательных скоростей, мм/год, 2 — изолинии положительных скоростей, мм/год. — 1, - - - 2.

развития [4] (1000... 800 млн. лет). Область с отрицательными движениями отделяется от области с положительными движениями Пачелмским (Рязано-Саратовским) прогибом — грабенообразной депрессией, возникшей в рифейское время (~ 800 млн. лет). Этой депрессии соответствует изолиния нулевых скоростей СВДЗП. Область отрицательных движений приурочена к Волго-Уральскому шиту (антеклизе), представляющему собой массивный гетерогенный тектонический элемент, раздробленный сложной системой разномасштабных и разновозрастных разломов на отдельные своды, разделенные между собой грабенообразными депрессиями. С этим регионом связаны также очень сложные мозаичные грави-тационные и магнитные поля, которые тоже свидетельствуют о значительной раздробленности в процессе формирования платформенных структур глубинными разломами и о насыщенности этих разломов магмой преимущественно основного состава. Такой тектонический процесс, по представлению В. Белоусова [2], приводит к опусканию земной поверхности. Следовательно, отрицательные скорости движений этого блока могут быть обусловлены тектоническим процессом, связанным с медленной дифференциацией глубинного материала.

Область положительных движений приурочена к Сарматскому (Украинско-Воронежскому) шиту, отделенному от области отрицательных движений Карпат и Венгерской впадины Приднепровским прогибом, проходящим примерно по линии Варшава—Одесса, которая на нашей карте соответствует изолинии нулевых скоростей СВДЗП. Указанная территория по геоморфологическим данным [7] испытывала общее сводовое поднятие, причем движения ее окранных частей считаются унаследованными от доплатформенного развития. Период активности этих движений чрезвычайно велик и охватывает несколько тектонических этапов. В новейшее время эти движения также сохраняли свою активность.

Область к западу от Москвы — это зона линейных дислокаций (Московская синеклиза), представляющая собой один из важнейших тектонических элементов ВЕП, возникший в рифейское время и отделившийся Балтийский шит от Русской плиты. Эта область вступила в платформенный этап развития еще в архее (~ 1000 млн. лет). Здесь произошло отмирание прежних унаследованных дифференцированных движений и возникли новые неогот сводового поднятия. Интенсивные унаследованные дифференцированные движения проявлялись сравнительно недолго и с течением времени сменились сводовым воздыманием платформ. Что касается орогенного пояса на западе и юге изучаемой территории, то собственно Балканы и Кавказ на рассматриваемой варианте карты имеют положительные движения, присутствующие во всем поясе опускается. Венгерская впадина, занимающая значительную площадь западного участка карты, является частью Паннонского массива, который с недавнего геологического времени опускается, сменяя положительные движения предыдущих геологических цик-

лов на опускание по молодым разломам [1]. Учитывая, что складчатая дуга Карпат окаймляет блок Паннонского массива и является «вложенной» между приподнятыми блоками кристаллического фундамента [3], естественно предположить, что на рассматриваемом варианте осреднения образовались движения именно Паннонского массива.

Таким образом, описанный вариант карты СВДЗП отражает движения структур, сформировавшихся в основном в древнее геологическое время ~ 800—1000 млн. лет.

На следующих по порядку усреднений ($7 \times 7^\circ$, $5 \times 5^\circ$, $4 \times 4^\circ$) картах СВДЗП при общем сохранении характера движений всей территории проявилась большая детализация структур. Здесь изолированными областями выделялись Украинский шит со скоростью движений $+2,5$ мм/год и Кавказ $+2,0$ мм/год.

Наиболее интересные по детализации усреднения $2 \times 2^\circ$ и $3 \times 3^\circ$ хорошо согласуются между собой и проявились на графиках изменения статистик поля СВДЗП, представленные на рис. 3. На этих вариантах карт выявились изолированные по контурам изолиний скоростей СПДЗП области размерами 300×300 км, которые можно отождествить с отдельными элементами ВЕП и орогенного пояса. На ВЕП хорошо выделяются области с положительными движениями: Украинский шит ($v = +3,0$ мм/год), Воронежский массив ($v = +2,0$ мм/год), Волго-Подольская плита ($v = +2,0$ мм/год), Мазурско-Белорусская антеклиза ($v = +1,5$ мм/год) — и с отрицательными: Татарский, Жигулевско-Пугачевский, Котельничский своды Волго-Уральского массива ($v = -3,0$ мм/год), Валдайско-Крестовский прогиб ($v = -1,0$ мм/год).

В орогенном поясе: восточное окончание Скифской плиты ($v = +2,0$ мм/год), антиклинорий Главного Кавказского хребта ($v = +1,0$ мм/год), Куринская впадина ($v = -2,0$ мм/год), отдельные части Венгерской впадины с $v = -1,0$ мм/год.

Сравнивая эти карты с картой рельефа поверхности Мохо [9], можно сделать вывод, что вертикальные движения изучаемой территории не связаны с изостатическим выравниванием. Исключением могли бы составить некоторые участки ВЕП: Украинский шит, Днепровско-Донецкий грабен, Воронежский массив, где глубины до Мохо, «корни гор», не соответствуют видимому рельефу дневной поверхности и связаны, по мнению геологов, с древними торными сооружениями, которые к настоящему времени уже сгнивали. Поэтому естественно было бы предположить, что в положительных движениях этих участков проявляются также и изостатическое выравнивание. Но по некоторым оценкам [6] участки такого типа могут находиться в равновесии.

Таким образом, скорости современных вертикальных движений упомянутых выше структур могут быть вызваны тектоническими процессами, связанными с глубинной дифференциацией вещества. Процессы эти чрезвычайно сложны и многообразны, поэтому дать однозначный ответ о конкретных причинах вертикальных движений выделенных элементов не представляется возмож-

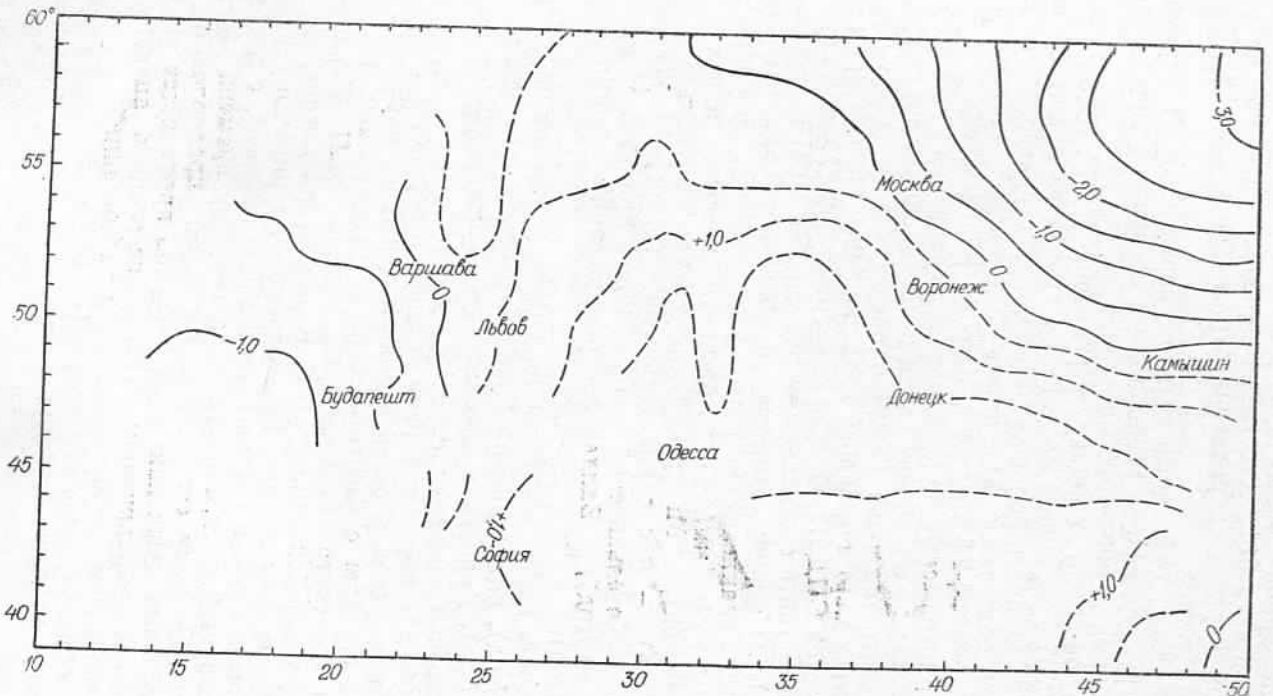


Рис. 3. Схематическая карта скоростей СВДЗП, осредненных по площадкам $2 \times 2^\circ$:
 1 — изолинии отрицательных скоростей, мм/год, 2 — изолинии положительных скоростей, мм/год. — 1, - - - - 2.

ным. На настоящем этапе исследований можно сделать только общий вывод о том, что меньший порядок осреднения исходной информации о скоростях СВДЗП приводит к большей детализации структур менее глубокого заложения, скорости вертикальных движений которых представляют уже сумму многих процессов, происходящих на разных глубинах и имеющих разное по времени начало.

Главный вывод выполненных исследований состоит в том, что изменение статистической структуры поля СВДЗП в зависимости от степени сглаживания является индикатором масштабовности простирания и глубины заложения геоморфоструктур, ответственных за современные движения земной поверхности.

Список литературы: 1. Артемьев М. Е. Изостатические аномалии силы тяжести и некоторые вопросы их геологического истолкования. — М.: Наука, 1966. — 137 с. 2. Велюсов В. В. Основы геотектоники. — М.: Недра, 1975. — 247 с. 3. Бондарчук В. Г. Тектоника Кавказа. — К.: Изд-во АН УССР, 1962. — 233 с. 4. Борисов А. А. Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. — М.: Недра, 1967. — 301 с. 5. Вейцель Е. С. Теория верооятностей. — М.: Наука, 1972. — 576 с. 6. Голмидра Г. Я. Об изостатическом равновесии земной коры Украинского щита. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1972, № 10, с. 44—55. 7. Мещеряков Ю. А. Рельеф и современная геодинамика. — М.: Наука, 1981. — 277 с. 8. Карта скоростей современных движений земной коры Восточной Европы. — В кн.: Современные движения земной коры. Тарту, 1973, № 5, с. 18—25. 9. Чекунов А. В. Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР. — К.: Наук. думка, 1972. — 176 с.

Статья поступила в редколлегию 30. 12. 84

УДК 551.24:528.2/3

В. В. КИРИЧУК, А. А. ТАДЕЕВ

ОБ ОДНОЙ МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Определение инвариантных характеристик деформации земной коры осуществляется в настоящее время на основе гипотезы кучино-однородного деформирования изучаемой области [1, 4], при этом остается открытым вопрос выделения внутри этой области однородно-деформированных регионов. Поэтому целесообразно предварительно выделить внутри ее регионы с однородным характером деформации, а затем уже вычислить деформации в пределах каждого региона. Поставленную задачу решают обычно путем привлечения геолого-геоморфологической и тектонической информации. Однако такой подход ввиду неоднозначности этой информации субъективен, обеспечивает лишь качественные характеристики регионов и не дает возможности четко установить их границы. Вероятностно-статистические методы, основанные на представлении поля смещений точек земной поверхности как реализации некоторого случайного процесса, позволяют в определенной степени избежать указанных недостатков.