

О. И. ЮРКЕВИЧ

## КАРТА НАПРЯЖЕНИЙ ЗАКАРПАТЬЯ

Согласно карте сейсмического районирования территории СССР Закарпатье относится к семибалльной сейсмической зоне; эпицентры землетрясений располагаются по всей территории Закарпатья. Все сильные землетрясения приурочены к Пьенинскому глубинному разлому, кроме двух землетрясений в Антоновке 1936 г. с  $I=6-7$  баллов и двух землетрясений в Берегове в 1931 г. с  $I=8$  баллов и в 1965 г. с  $I=6-7$  баллов [2, 4, 5].

На картах сейсмической активности, построенных по макро-сейсмическим и инструментальным данным, выделяются две зоны повышенной сейсмической активности: Берегово—Мукачево—Ужгородская и Тячево—Сигетская. Последняя приурочена к юго-восточному концу Пьенинского глубинного разлома и по силе и частоте землетрясений является самой опасной зоной советской части Пьенинского разлома. Вторая же зона Берегово—Мукачево—Ужгородская ответственна за сильные землетрясения в Берегово и Антоновке [4, 5].

Основная проблема сейсмологии — прогноз землетрясений. Исходя из того что землетрясения, медленные движения земной коры, деформации, наклоны поверхности Земли являются проявлением механических свойств среды, изменения их служат основными прогностическими признаками сильных землетрясений.

Землетрясения и медленные движения поверхности Земли обусловлены напряженным состоянием земной коры. Нарастивание напряжений, их вариации от места к месту и во времени сопровождаются изменениями деформаций и наклонов поверхности Земли, а после достижения границы прочности — землетрясениями. Таким образом, процесс подготовки землетрясений можно проследить по ходу современных вертикальных движений во времени. В Закарпатье повторное нивелирование проводилось с 1882 г. и по настоящее время, что дало возможность построить карты современных вертикальных движений за разные периоды времени [6]. Построенные карты основаны на про-

фильных наблюдениях вертикальных движений и являются их обобщением.

Для сопоставления современных вертикальных движений земной коры с отдельными землетрясениями Закарпатья использованы профили [1, 6, 7] (рис. 1):

Направление

I.1. Страбычево—Колчино—Чинадиево— Пасика—Свалява—Воловец—	1882—1888 — 1924—1928
I.2. Батево—Варкасово—Страбычево	1888—1954, 1888—1964
I.3. Батево—Мукачево—Свалява—Скотар- ское—Лавочное	1888—1954, 1888—1964 1888—1962—1964, 1933—1937— 1961—1963
I.4. Пасика—Чоп	1888 — 1926—1927 1888—1954, 1888—1964
I.5. Батево—Варкасово, Колчино—Чина- диево—Свалява—Поляна	1926—1927—1954 1926—1927—1964
II.1. Батево—Берегово—Вилок—Виногра- дово—Хуст—Деловое—Рахов	1882—1886—1965—1968
II.2. Батево—Ботрадь—Берегово—Беня— Вилок—Виноградово—Рокосово— Хуст—Салдабаш—Тячево—Тересва— Солотвино—М. Бычков— В. Бычков— Луги—Деловое—Рахов	1924—1928—1954—1966
II.3. Ботрадь—Вилок—Виноградово— Хуст—Салдабаш—Буштина—Тячево— Тересва—Солотвино—М. Бычков	1924—1928—1965—1966
II.4. Ботрадь—Виноградово—Рокосово— Хуст—Буштина—Тячево—Тересва— Солотвино—В. Бычков	1924—1928—1965—1968

Как видим из приведенных выше данных и рис. 1, профили I.5 протягиваются в направлении от юго-запада на северо-восток, а профили II.4 представляют южную часть Закарпатья. Профили повторного нивелирования I.5 и II.4 построены за промежутки времени от 39 до 86 лет.

На карту профилей повторного нивелирования Закарпатья нанесены координаты сильных закарпатских землетрясений [3]. Ниже приведено сопоставление сильных землетрясений по скоростям современных вертикальных движений земной коры Закарпатья:

Место	Год	Балльность	Годы нивелирования
Чоп	1895	6	1888—1926—1927 1888—1954, 1888—1964
Свалява	1908	7	1882—1888—1924—1928 1888—1962—1964
Страбычево	1924	6	1888—1954, 1888—1926—1928 1888—1924—1928
Тересва	1926	7	1924—1928—1954—1966 1924—1928—1965—1966 1924—1928—1965—1968
Берегово	1931	6	1882—1886—1965—1968 1924—1928—1954—1966
Берегово	1965	7	1882—1888—1935—1968 1924—1928—1954—1966
Буштина	1967	6	1924—1928—1965—1968

Исходя из приведенных данных, корреляцию современных вертикальных движений с отдельными землетрясениями проводить трудно. Можно только указать, что на профилях I.1—I.5 накладываются эпицентры землетрясений в Чопе в 1895 г. с  $I=6$  баллов и в Сваляве в 1908 г. с интенсивностью  $I=7$  баллов. На профилях II.4 накладываются эпицентры землетрясений в Страбычево в 1924 г. с  $I=6$  баллов, в Тересве в 1926 г. с  $I=7$  баллов, в Берегово в 1931 и 1965 гг. с интенсивностью 6

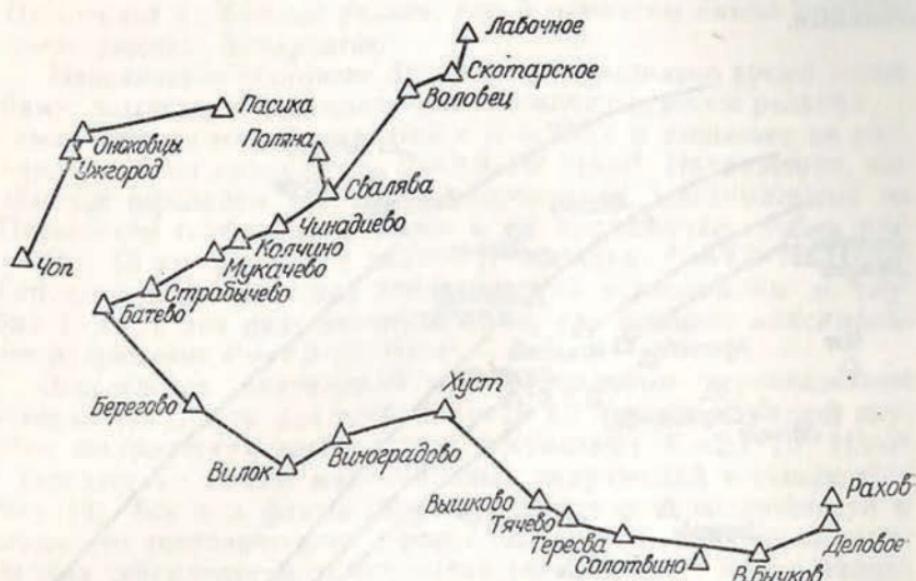


Рис. 1. Профили повторного нивелирования Закарпатья.

и 7 баллов соответственно и в Буштыне в 1967 г. с  $I=6$  баллов. Промежутки времени между повторными нивелировками достигают 86 лет.

Наблюдаемые современные вертикальные движения не дают однозначной корреляции между величинами медленных движений и энергий землетрясений вследствие недостаточно полного материала наблюдений современных вертикальных движений земной коры и частоты их повторения. В этом случае данные повторного нивелирования можно использовать для построения карты напряжений, применяя математическое моделирование [7].

Исходя из данных профильных наблюдений современных вертикальных движений земной коры, построена карта современных движений земной коры Карпато-Балканского региона, которая стала основой для построения карты напряжений Закарпатья.

Определения напряженности земной коры по профилям позволяют избежать слишком большой детальности, которая зачастую маскирует общий ход кривой, но вместе с тем являются предварительными для оценки сейсмической опасности.

Первая модель напряженного состояния земной коры упругая. Ее можно сопоставлять с проявлениями сейсмичности, так как в уравнениях упругой зависимости деформаций и напряжений время не учитывается. Законам мгновенности подчиняется высвобождение напряжений при землетрясениях. Теоретическое исследование при определении внутренних напряжений основано на установлении связи между вертикальными и горизонтальными перемещениями поверхности Земли и внутренними напряжениями.

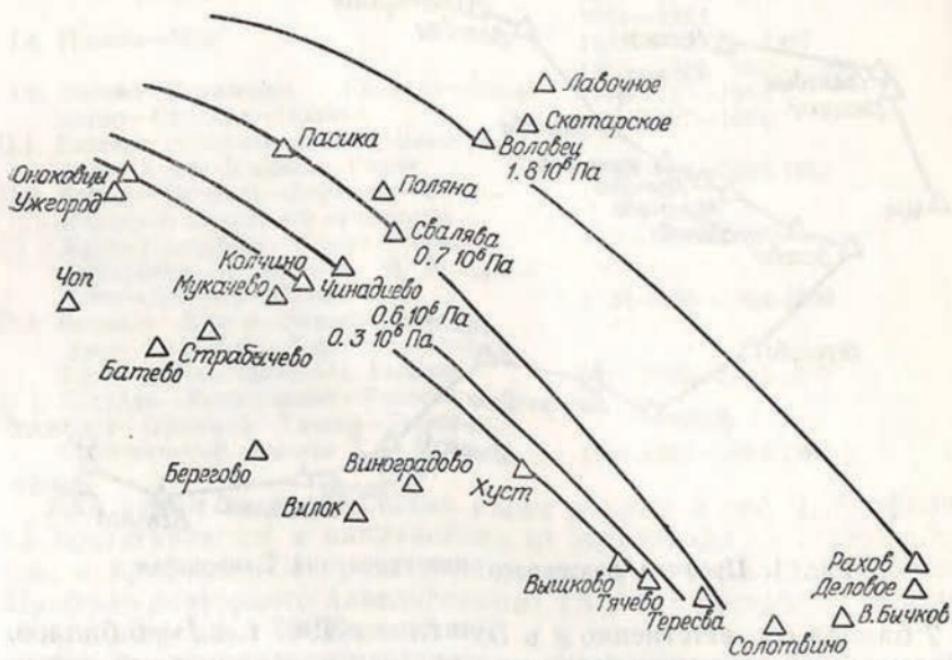


Рис. 2. Карта напряжений Закарпатья.

Медленные движения исходны для решения обратной задачи и оценки количественных величин напряжений земной коры. Таким образом, устанавливается двойная зависимость между движениями поверхности Земли и напряжениями земной коры с одной стороны и напряжениями и сейсмичностью — с другой. Это приводит к совершенно новому решению проблемы об использовании современных вертикальных движений земной коры для прогноза землетрясений — не простым сопоставлением экспериментальных данных наблюдений, а на основе определений общей причины медленных движений и землетрясений.

Земная кора моделируется плоскопараллельным пластом, верхняя граница которого свободна от напряжений, на нижней границе действуют перемещения, наиболее отвечающие природным условиям. Перемещения на нижней границе пласти опре-

деляются путем решения обратной задачи, исходя из современных вертикальных перемещений поверхности Земли [8].

Исходя из данных наблюдений современных вертикальных движений земной коры, определены значения внутренних напряжений (рис. 2).

На карте напряжений Закарпатья четко выделяется зона положительных нормальных напряжений, протягивающаяся по области поднятия. Зона высоких напряжений перекрывает Пьенинский глубинный разлом, где и отмечены самые сильные землетрясения Закарпатья.

Напряженное состояние Закарпатья определено тремя способами: подсчитаны напряжения, обусловленные весом рельефа, — самая высокая гора Закарпатья с  $H=206,1$  м вызывает на глубине  $h=38$  км напряжения  $P=3,9 \cdot 10^7$  Н/см<sup>2</sup>. Напряжения, вызванные перепадом границы Мохоровичича, максимальные на Пьенинском глубинном разломе и на промежутке глубин  $h=-33\dots 55$  км достигают значений порядка  $P=7,3 \cdot 10^7$  Н/см<sup>2</sup>. Гипоцентры закарпатских землетрясений расположены до глубин 15 км, в два раза меньше глубин, для которых максимальное напряжение  $P=7,3 \cdot 10^7$  Н/см<sup>2</sup>.

Определения напряжений по вертикальным перемещениям поверхности Земли для глубин  $h=10$  км (преобладающей глубине закарпатских гипоцентров) составляют  $P=2,1 \cdot 10^6$  Н/см<sup>2</sup> и передвигают линию максимальных напряжений к северо-востоку [9]. Все эти факты свидетельствуют о неоднородности и сложности тектонического строения Карпат, о причинной зависимости сейсмичности от тектоники региона [10]. Карта напряженного состояния земной коры объединяет влияние внутреннего тектонического состояния региона проявления вертикальных движений земной коры и сейсмичности.

1. Гофштейн И. Д., Сомов В. И. Современные тектонические движения на территории Советских Карпат // Геофизический сб. 1966. Вып. 18. С. 29—33.
2. Евсеев С. В., Сагалова Е. А., Сагалова Р. М. Западная Украина. Монография сейсмического районирования СССР. М., 1968.
3. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М., 1977.
4. Пронишин Р. С., Пустовитенко Б. Г. Некоторые аспекты сейсмического климата и погоды в Закарпатье // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 10. С. 74—81.
5. Сейсмическое районирование территории СССР. М., 1980.
6. Собакарь Г. Т., Сомов В. И., Кузнецова В. Г. Современная динамика и структура земной коры Карпат и прилегающих территорий. К., 1975.
7. Сомов В. И., Рахимова И. Ш. Современные движения земной коры Карпато-Балканского региона и сопредельных сртруктур. К., 1983.
8. Юркевич О. И. Повільні деформації поверхні Землі. К., 1963.
9. Юркевич О. И. О напряженном состоянии земной коры Карпатского региона, обусловленном неровностями рельефа границы Мохоровичича. Методы определения сейсмической опасности. Кишинев, 1984.
10. Юркевич О. И. Современные вертикальные движения земной коры и сейсмичность Закарпатья // Геофизический сб. 1980. № 5. С. 55—64.