

УДК 551.241

В. И. СОМОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ С ПЕРИОДОМ ДО 25—30 ЛЕТ

В опубликованной в 1957 г. работе [16] был сделан вывод «о существенном изъяне метода повторного нивелирования при изучении современных тектонических движений вследствие их микроритмичности». При этом период колебаний для разных территорий оценивался от 4 до 7 лет.

Не раз подвергали критике этот вывод специалисты, занимающиеся изучением современных движений земной коры [1, 10, 12, 15, 18]. Однако, появившиеся в 60-х годах новые работы [3, 5, 7, 9], в которых продолжительность периода колебаний современных вертикальных движений авторы увеличивают до 25—30 лет, заставили нас детально рассмотреть вопрос о реальности выявляемых колебаний в том и другом случае.

В свое время В. Г. Рихтер [16] приводил пять примеров, якобы подтверждающих микроритмичную природу современных движений. Это результаты четырехкратного нивелирования (1888, 1925, 1926 и 1932 гг.) по линии Симосуви—Такасаки в Японии [22] и трехкратного нивелирования (1912, 1928 и 1936—1937 гг.) на Апшеронском полуострове в Азербайджане; различие скоростей современных движений, по данным А. А. Изотова [6], В. Г. Левинсона и Ю. А. Мещерякова [8], по линии Махачкала—Баку; расхождение изобаз поднятия Фенноскандии, построенных разными авторами по данным уровенных наблюдений [17], и, наконец, результаты уровенных наблюдений на побережье Каспийского моря.

Кривые изменения высот нивелирных знаков по линии Симосуви—Такасаки так же, как и на Апшеронском полуострове, не подтвердили ни колебательной природы современных вертикальных движений с высокой частотой ритма, ни того, что многократные нивелирования вследствие микроритмичности дают случайные результаты.

В первом случае убедительным доказательством служит кривая расхождения измеренных превышений 1925 и 1926 гг. Так как изменения высот знаков за один год, то есть скорости движений, достигают 30—45 мм, что намного превышает возможные ошибки измерений, то это заставляет искать причину столь сильных деформаций земной поверхности прежде всего в сейсмической активности указанного района Японии.

К настоящему времени вдоль линии Сумгаит—Баладжары—Баку проведено пять повторных измерений, добавились нивелирования 1949, 1955—1957 и 1962 гг. [11]. Последовательное сопоставление этих измерений действительно указывает на неравномерное опускание земной поверхности, что объясняется техногенным фактором — откачкой нефти на промыслах Апшеронского полуострова.

На графиках скорости вдоль трассы Махачкала—Хурдалан—Баку—Евлах—Самтредия, построенных для интервалов 1913—1914 и 1936,

1936—1949 гг., изменение знака движений земной поверхности отмечается лишь на участке Махачкала—Хурдалан. Согласно исследованиям В. А. Матцковой [14], расхождение результатов трехкратного нивелирования здесь вызвано недостаточной точностью исполнения нивелирования 1-го класса в 1936 г. О некачественном исполнении этих работ свидетельствует невязка полигона Гудермес—Баку—Мцхета—Гудермес (22 см), куда входит и указанная линия. Кроме того, «водное» нивелирование между уровнями установками в пунктах Махачкала и Баку также подтвердило предположение об ошибочности определения превышения при нивелировании 1936 г. на этом участке [18].

Ошибка определения скорости современных движений на участке Махачкала—Хурдалан показали результаты изучения береговой линии новокаспийской трансгрессии в районе ст. Насосная, где для периода 1913—1914 и 1936 гг. поднятие составляло 16,3 мм в год [20].

Теперь остановимся на расхождении карт изолиний равных поднятий Фенноскандии, построенных различными авторами (Виттинг, 1918, 1943; Бикс, 1940; Модель, 1950; Хела, 1953; Бергстен 1954; и др.). К настоящему времени для побережья Балтийского моря составлено 14 карт изобаз. Смещение изолиний равных среднегодовых скоростей к югу или северу на части этих карт, согласно В. Г. Рихтеру, свидетельствует о замедлении или ускорении современных вертикальных движений побережья Балтийского моря.

Кратко изложим результаты последних определений современных вертикальных движений в бассейне Балтийского моря.

На основании выполненных исследований О. В. Якубовский [21] сделал вывод о том, что относительные вертикальные движения в районе Балтийского моря в период с 1889 по 1960 гг. являются линейной функцией времени, а отклонения от установленной закономерности могут быть объяснены неустойчивостью верхних слоев грунта на территории расположения установленного поста и низким качеством наблюдений. По его расчетам длина непрерывного ряда уровенных наблюдений для определения вертикальных движений для Балтийского моря должна быть не менее 60 лет. В рассматриваемом случае среднее квадратическое отклонение значений скорости составляет $\pm 0,3$ мм в год, и дальнейшее увеличение ряда средних годовых определений этого значения не меняет. Аналогичные данные получены и С. В. Победоносцевым в 1971 г. Все же предыдущие исследователи использовали короткие ряды наблюдений. Скорости движений они вычисляли для ограниченных районов моря.

Очень похожи по интенсивности и направленности тектонических движений карты изобаз, составленные в последнее десятилетие Н. Н. Лазаренко (1961), О. В. Якубовским (1965), Д. Р. Росситером (1967) и С. В. Победоносцевым (1971).

Все отклонения в изобазах на картах, составленных ранее для территории Швеции и Финляндии, объясняются несовершенством методики обработки исходных материалов. Первичные превышения (h_i), которые являются превышениями между нулями уровенных постов и определяются по формуле

$$h_i = H_{Bi} - H_{Ai},$$

где H_{Bi} и H_{Ai} — среднегодовые значения уровня моря в пунктах B_i и A_i , имеют большое рассеивание из-за воздействия метеорологических и астрономических факторов. Поэтому судить о характере относительных вертикальных движений земной коры по изменениям h_i можно только с ошибкой, что наблюдаем во всех примерах, приводимых В. Г. Рихтером [16].

О. В. Якубовским [21] разработана методика обработки уровенных наблюдений для исключения влияния атмосферного давления и ветра

и получения чистого хода изменения превышений, вызванного только тектоническими причинами. Как показали исследования, среднее квадратическое отклонение исправленных превышений от прямолинейного хода уменьшилось по сравнению с первичными более чем в два раза. Это сразу же ставит под сомнение все графики, приведенные В. Г. Рихтером в работе [16], из которых якобы видна ритмичность колебаний современных вертикальных движений. При сопоставлении им ходов

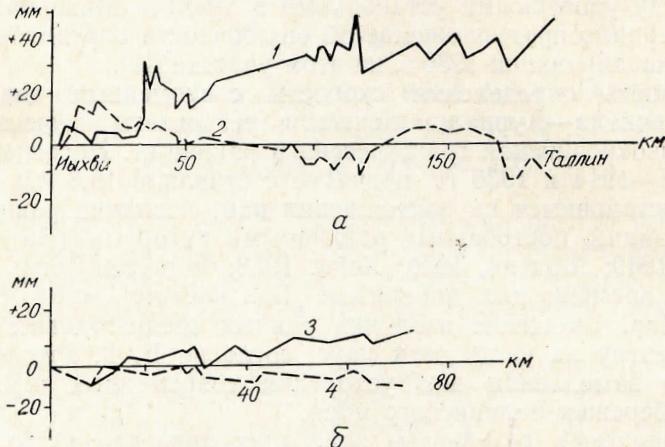


Рис. 1. Кривые смещения геодезических знаков по трассам Иыхви—Таллин (α) и Лелле—Пярну (β) [3, 4].
Годы: 1 — 1934—1948; 2 — 1948—1964; 3 — 1937—1948; 4 — 1948—1961.

уровня по уровенным постам ход в одном из них принимался за истинный гидрологический уровень Каспийского моря, то есть уровень, отражающий только изменение количества воды в акватории в результате действия гидроклиматических факторов, и относительно последнего составлялись графики отклонения хода второго уровня. Автор полагал, что влияние гидрометеорологических факторов в ходе этой кривой исключается. Полученный таким образом график интерпретировался как проявление колебательных движений тектонического характера.

Необходимо также упомянуть, что еще в 1959 г. М. И. Синягина и Л. П. Орленко [18] по методике В. Г. Рихтера исследовали ход разностей средних годовых уровней Махачкала—Куули-Маяк (Краснодарск). Так как распределение отклонений уровня подчинялось нормальному закону и наклон связи этих уравнений оставался постоянным для периода 1901—1955 гг., то был сделан вывод об ошибочности предположения В. Г. Рихтера о колебательном характере вертикальных движений побережья Каспийского моря. Позднее, в 1963 г. этот вывод подтвердил обширным статистическим материалом по 122 уровенным постам мира с периодом наблюдений на них за средним уровнем моря до 150 лет В. А. Матцкова [12].

В 1968 г. Г. А. Желнин [4] на основе двукратного повторного нивелирования по трассам Иыхви—Таллин и Лелле—Пярну подсчитал, что продолжительность полупериода колебаний современных движений составляет $15 \text{ лет} \pm 2 \text{ года}$ (рис. 1).

Резкая изломанность кривой смещений геодезических знаков за первый период может быть объяснена не совсем качественным исполнением нивелирования 1934 г. Так, согласно работе [19], точность нивелирования, проложенного в 1934—1937 гг. по трассе Нарва—Иыхви—Таллин—Лелле—Пярну—Раэ (492,3 км), характеризуется следующими средними квадратическими величинами случайной и систематической ошибок на 1 км хода, мм: $\eta = \pm 1,0$ и $\sigma = \pm 0,20$.

Надо отметить, что и точность третьего нивелирования, исполненного в 1963—1965 гг. ИФА АН ЭССР по методике 2-го класса, не является достаточной для выявления периода колебаний современных вертикальных движений при столь коротком интервале времени.

Это наглядно иллюстрируется вычислением полных ошибок разности нивелирований при их последовательном сопоставлении по обеим рассам. Для примера приведем подсчет полных ошибок по трассе Лелле—Пярну.

Если воспользоваться данными о качестве нивелирований, приведенными в работе [2], то разности нивелирований 1937 и 1948 гг., 1948 и 1961 гг. могут иметь следующие величины средних квадратических ошибок на 1 км хода, $mm:\eta_1-\eta_2 = \pm 0,65$, $\eta_1-\eta_3 = \pm 0,20$, $\eta_2-\eta_3 = \pm 0,70$ и $\eta_3-\eta_1 = \pm 0,30$.

Полная ошибка разности I и II нивелирований в конце хода длиной 90 км составляет $\pm 19 mm$, а II и III — $\pm 27 mm$. Высотное же изменение знаков в конце хода в первом случае равно $+16 mm$, а во втором — $-12 mm$. Таким образом, возможное расхождение обеих кривых вследствие ошибок измерений почти в 1,5 раза превышает реально выявляемое их расхождение (рис. 1, б).

В работе [2] Г. А. Желнин писал, что наиболее вероятным при вычислении скорости по трассе Лелле—Пярну следует считать 24-летний интервал (1937—1961 гг.), согласно последнему годовому движению, если таковое и есть, — минимальное ($0,1 mm$ в год). Поэтому необоснованным является использование в последующих работах [3—5] трасс Лелле—Пярну и Иыхви—Таллин для определения продолжительности периода колебаний современных движений земной коры.

На территории Латвии для доказательства колебательной природы современных движений с периодом до 30 лет используются данные двукратного повторного нивелирования по трассе Рига—Иерики—Гулбене протяженностью в 160 км [7] (рис. 2).

Первое нивелирование по этой трассе выполнялось в 1933—1936 гг. по Инструкции землемерного отдела бывшего Министерства земледелия Латвии способом наведения инструментами с плоско-параллельной пластинкой и инварными штиховыми рейками. Так как данные о качестве этого нивелирования в работах [5, 7, 19] отсутствуют, то, основываясь на сведениях о нивелировании, проложенном в эти годы по другим линиям, согласно современным требованиям оно может быть отнесено ко 2-му классу.

Нивелирование 1947—1948 гг. проводилось по Инструкции 2-го класса способом трех нитей нивелиром «Аэрогеоприбор» с уровнем при трубе и деревянными двухсторонними шашечными рейками. Оно характеризуется следующими значениями ошибок, mm/km : $\eta = \pm 1,63$ и $\sigma = \pm 0,18$.

Третье нивелирование, проложенное в 1964—1969 гг., было выполнено кафедрой геодезии Латвийской сельскохозяйственной академии. Средние квадратические ошибки, вычисленные по разностям превышений прямого и обратного ходов, равны, mm/km : $\eta = \pm 0,45$ и $\sigma = \pm 0,18$.

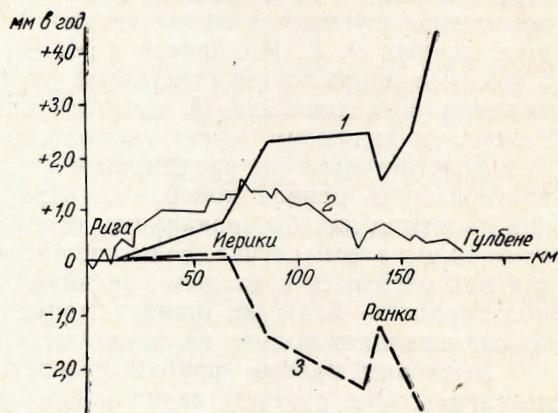


Рис. 2. Кривые скорости геодезических знаков по трассе Рига—Иерики—Гулбене [7].
Годы: 1 — 1933—1936 и 1947—1948; 2 — 1933—1935 и 1965;
3 — 1947—1948 и 1965.

Как видим, наиболее некачественным является второе нивелирование, значения ошибок которого намного превышают допуск даже нивелирования 2-го класса.

Проанализируем построенные для интервалов 1933—1936 и 1948, 1947—1948 и 1961 гг. кривые скорости по трассе Рига—Иерики—Гулбене (см. рис. 2).

В первый период район Ранка поднимается со скоростью 1,6 мм в год, Гулбене — со скоростью 4 мм в год. Во второй период они соответственно опускаются со скоростями 1,2 и 3,0 мм в год. На основании этих данных Э. К. Индриксон и М. И. Ковалевский [7] делают вывод о том, что наблюдается отчетливое изменение знака движений на протяжении последних лет. А из этого следует, что движение в данном районе, по-видимому, имеет колебательный характер.

Действительно ли представленные геодезические данные могут характеризовать период колебаний? При изучении графиков видно, что они являются как бы зеркальным отображением друг друга. Последнее происходит в том случае, если допущена ошибка во II нивелировании, так как отразится с разными знаками на выводе смещений для обоих полупериодов. Если же ошибка допущена в I или II нивелировании, то она повлияет только на характер первого или второго графика [3].

Вычислим полные ошибки разности нивелирований при их сопоставлении. Они соответственно равны: для пункта Ранка — ± 35 мм, для пункта Иерики — ± 40 мм.

Приведенные ошибки подтверждают вывод о некачественном исполнении нивелирования 1948 г. и невозможности его использования для изучения колебательного характера современных движений при коротком интервале времени между измерениями. Поэтому более правильным является определение скорости современных вертикальных движений по всей трассе для периодов 1933—1936 и 1961 гг.

Мы не будем останавливаться на природе современных вертикальных движений и пытаться, как это делали отдельные исследователи [4, 9], увязывать совпадение мест изменений скорости с зонами геологических нарушений, то есть с тектоническими границами отдельных блоков земной коры. Мы констатируем сам факт, что рассмотренные выше данные уровенных и геодезических наблюдений не могут свидетельствовать о микроритмичности современных вертикальных движений с периодом колебаний до 4—7 лет или о изменении направленности движений с периодом до 25—30 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джикия В. М. Применение метода повторных нивелировок для изучения вертикальных движений земной коры на территории Кавказа. — Тр. Грузинского ин-та субтропического хозяйства, вып. IX—X. Сухуми, 1965.
2. Желнин Г. А. Результаты трехкратного нивелирования трассы Лелле—Пярну в Эстонской ССР. — В сб.: Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во АН СССР, 1963.
3. Желнин Г. А. О колебательном характере современных движений земной коры в Эстонской ССР. — В сб.: Современные движения земной коры, № 2. Тарту, Изд-во АН ЭССР, 1965.
4. Желнин Г. А., Валлнер Л. А. Результаты трехкратного нивелирования некоторых трасс высотной сети ЭССР. — В сб.: Современные движения земной коры, № 3. М., Изд-во ВИНТИ, 1968.
5. Желнин Г. А., Ковалевский М. И., Лесис И. П. Развитие работ по изучению современных движений Прибалтики. — В кн.: Проблемы современных движений земной коры. М., 1969.
6. Изотов А. А. Некоторые выводы из повторных нивелировок по западному побережью Каспийского моря. — Тр. ЦНИИГАиК, вып. 27. М., 1949.
7. Индриксон Э. К., Ковалевский М. И. О результатах изучения современных движений земной коры на территории Латвийской ССР. — В сб.: Современные движения земной коры, № 4. М., Изд-во ВИНТИ, 1968.

8. Левинсон В. Г., Мещеряков Ю. А. Современные тектонические движения в Северном Предкавказье по данным повторного нивелирования. — В сб.: Проблемы физической географии, вып. 17. Изд-во АН СССР, 1951.
9. Лесис И. П., Гуделис В. К. Вертикальные движения земной коры на территории Юго-Восточной Прибалтики по данным точных нивелировок. Неотектоника СР. Рига, Изд-во АН Латвийской ССР, 1961.
10. Лиленберг Д. А. Современные тектонические движения и морфоструктурные особенности Восточного Кавказа и Закавказья. — В сб.: Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во АН СССР, 1963.
11. Лиленберг Д. А., Мещерский И. Н. Современные тектонические движения Апшеронского полуострова. — В сб.: Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во ВИНИТИ, 1968.
12. Матцкова В. А. Уточненная карта скорости современных вертикальных движений земной коры на западе европейской части СССР и некоторые соображения природе этих движений. — В сб.: Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во АН СССР, 1963.
13. Матцкова В. А. О периоде современных движений и качественной характеристике кривой скорости движений. — В сб.: Современные движения земной коры, 2. Тарту, Изд-во АН ЭССР, 1965.
14. Матцкова В. А. Карта скоростей современных вертикальных движений земной коры Кавказа и юго-востока Приазовья. — В сб.: Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во ВИНИТИ, 1968.
15. Мещеряков Ю. А. Вековые движения земной коры. — В сб.: Современные движения земной коры, № 1. М., Изд-во АН СССР, 1963.
16. Рихтер В. Г. Об оценке метода повторного нивелирования при изучении временных тектонических движений. — Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 32, № 2. Изд-во МГУ, 1957.
17. Рихтер В. Г. О характере тектонических движений Красноводского построва Каспийского моря. — Изв. АН СССР, сер. геогр., № 3. М., 1956.
18. Синягина М. И., Орленко Л. П. Современные вертикальные движения берегья Каспийского моря. — «Геодезия и картография», 1959, № 8.
19. Современные вертикальные движения земной коры на территории западной половины европейской части СССР. Под редакцией И. П. Герасимова, Ю. В. Филиппова. — Тр. ЦНИИГАиК, вып. 123, М., 1958.
20. Фатеева Н. И. К вопросу о новейших тектонических движениях в связи данными повторных нивелировок на западном побережье Каспия. — Тр. ИГ АН ССР, т. 65. М., 1955.
21. Якубовский О. В. Характер и скорости современных вертикальных движений земной коры в районе Балтийского моря. — ДАН СССР, № 3, т. 163, 1965.
22. Tsuboi Ch. Deformation of earth's crust as disclosed by geodetic measurements. Erg. Kosm. Physik, IV, 1939.

Работа поступила в редколлегию 14 декабря 1971 г. Рекомендована Львовским филиалом института геофизики АН УССР.