

В сборнике публикуются статьи, в которых освещаются новые результаты в развитии теории и методов геодезической астрономии, теории фигуры Земли и планет, гравиметрии, нивелирования, уравнительных вычислений, а также исследования в области изучения земной и астрономической рефракции, современных движений земной коры, геодезии и инженерной геодезии, картографии, фотограмметрии и аэрофотогеодезии, экономики геодезических работ.

Для преподавателей, научных работников институтов, аспирантов и студентов геодезического профиля, а также работников геодезических и картографических учреждений.  
Библиогр. в конце статей.

*Редакционная коллегия:* доц. канд. техн. наук Н. И. Крайцов (отв. ред.), доц. канд. техн. наук Ф. Д. Здободуцкий (зам. отв. ред.), доц. канд. техн. наук И. Н. Гроз (отв. секр.), канд. техн. наук П. В. Павлов, доц. канд. техн. наук В. А. Коваленко, А. Н. Колесник, проф. д-р техн. наук А. С. Дисицанский, проф. д-р техн. наук И. Ф. Монин, доц. канд. техн. наук Д. И. Маслин, проф. д-р техн. наук Г. А. Менцарьков, проф. д-р техн. наук А. Л. Островский, проф. д-р техн. наук В. М. Сердюкова, проф. д-р техн. наук В. Я. Финиковский.

Ответственный за выпуск проф. д-р техн. наук  
И. Ф. Монин

Адрес редакции:  
290646 Львов-13, ул. Мира, 12.

Львовский орден Ленина политехнический институт  
им. Ленинского комсомола,  
геодезический факультет, Тел. 79 78-32

Редакция научно-технической литературы  
Зав. редакцией М. П. Парцый

Г 4902020000—008  
М225(04)—86 501—86

© Издательское объединение  
«Вища школа», 1986

УДК 528.48

И. Ф. БОЛТОВ

## О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И СООРУЖЕНИЙ

Вертикальные и горизонтальные перемещения земной поверхности часто нарушают работу крупных инженерных сооружений, а работа последних сказывается на состоянии окружающей их земной поверхности. Безусловно, перемещения земной поверхности отрицательно влияют на плановую и высотную геодезические основы, так как с течением времени происходят изменения во взаимном положении точек основы в плановом и высотном отношениях. Вертикальные смещения земной поверхности и сооружений определяются повторными нивелировками, по результатам которых выявляются средние величины и направление таких смещений, происшедших за время между нивелировками. Изучение высотных перемещений по комплексным геодезическим, геологическим, геоморфологическим, триангуляционным, геофизическим и другим данным имеет большое значение для правильной постановки самих нивелирных работ и практического использования их результатов.

В табл. 1 приведены значения осадок земной поверхности и сооружений в некоторых городах нашей страны и за рубежом, из которых видно, что вертикальные деформации земной поверхности крупных городов весьма значительны (в среднем около 4,5 мм/год), а в некоторых районах этих городов достигают 7,5 мм/год. Об этом говорят данные повторных нивелировок за марками и реперами, закладываемых, как правило, в стенах капитальных зданий и наблюдаемых в течение многих десятилетий.

Есть примеры более интенсивной осадки городов. Так, в некоторых местах Токио оседает на 10 и более сантиметров, а Мехико в отдельные годы — до 50 см в год. Осадки земной поверхности в городах вызываются интенсивным движением транспорта, поездов метро, многоэтажным строительством, откачиванием грунтовых вод через артезианские скважины. Медленно оседают Венеция и столица Таиланда Бангкок. Многие районы этого города при мерно лишь на метр выше уровня океана, и им угрожает затопление, если не будут приняты защитные меры.

В ряде районов США, где уже в течение продолжительного времени добывают нефть, происходит быстрое оседание земной поверхности. В Калифорнии, например, есть территории, уровень которых за последние 20 лет понижался от 2 до 7 м. Встречаются подобные примеры и в других местностях, где из недр Земли из-

влекается минеральное сырье. В табл. 2 показаны объемы полезных ископаемых, добытых человеком (данные А. П. Виноградова). Можно предположить, что в 2000 г. добыча нефти достигнет 6 млрд., а железа — 1 млрд. т/год. Таковы масштабы антропогенной (или техногенной) деятельности человека и ее влияние на земную поверхность и недра.

Из табл. 2 видно, что пронзводительная деятельность человека соизмерима по своим масштабам с природными геологическими

Таблица 1  
Значения осадок земной поверхности и сооружений

Города	Период накопления, нив, годы	Значение осадки, мм	Скорость осадки, мм/год
Москва	10	60	6,0
Одесса	10	70	7,0
Минск	20	100	5,0
Саратов	20	150	7,5
Цюрих	20	110	5,5
Вашингтон	30	100	3,3
(Белый Дом)	50	140	2,8
Венеция	100	300	3,0
Лондон			
В среднем	30	130	4,5

процессами и способна нарушить равновесие в природе. Добыча минерального сырья во многих странах вызывает перемещение земной поверхности и, как следствие, вертикальные перемещения ее. Их необходимо измерять, так как добыча тесно связана с осадками земной поверхности.

Горизонтальные перемещения земной поверхности вызываются в основном тектоническими силами. Например, со скоростью 2 см

Таблица 2  
Объем полезных ископаемых, добытых из недр Земли

Полезное ископаемое	Получено		Ежегодная добыча, млрд. т
	весом, млрд. т	последние 20 лет, млрд. т/%	
Уголь	125	46,2/40	2,31
Железо	10	5/50	0,25
Нефть	33	23,1/70	1,15
Газ	100	100/100	5,00

в год перемещаются хребты в районе Гарма на Памире, рифтовые зоны в районе оз. Байкал, литосферные плиты на разломе Сан-Андреас в Калифорнии (США). Если осадки земной поверхности сравнительно легко измерить геометрическим или тригонометрическим нивелированием, то горизонтальные смещения измерить труднее. Для этого приходится применять триангуляцию.

трилатерацию, полигонометрию или линейно-угловые построения. Определение координат и высот пунктов в опорных сетях надо производить с точностью 2...3 мм, чтобы осадки и сдвиги измерять с точностью 3...4 мм. Однако, благодаря быстрому развитию современной измерительной техники, можно ставить задачу определения осадок и сдвигов с погрешностью 1...2 мм.

В процессе преобразующей деятельности на Земле, в частности при строительстве многоэтажных зданий и крупных инженерных сооружений, человек нарушает отлаженный механизм естественных состояний природы и в особенности земной поверхности. Проще этот неизбежный, и поэтому нам надо научиться предвидеть возможные его последствия [2—4].

На октябрьском (1984 г.) пленуме ЦК КПСС было обращено внимание на то, что «осушительная широкая мелиорацию, мы так или иначе вторгаемся в природу. Поступать нужно очень осторожно, чтобы, преобразуя землю, не только не нанести ей вреда, а улучшить ее, облагородить, умножить возможности природы. Все мы обязаны жить не только сегодняшним днем, но и завтрашним, не допуская поспешных, непродуманных решений» [1]. Мир будущего — это мир контролируемых, а не ухудшающихся природу действий.

На этом пленуме подтверждена задача переборки части стока северных рек через Волгу. Безусловно, огромные массы дополнительной воды значительно изменят гидрогеологическую обстановку в бассейне Волги, что в какой-то мере может отразиться на устойчивости застроенных территорий. Поэтому переборка стока должна осуществляться так, чтобы не была нарушена устойчивость застроенных крупными инженерными сооружениями территорий.

В связи с этим необходимо разработать комплексную программу исследований общей устойчивости территории, в которой должны быть предусмотрены повторные высокоточные геодезические измерения в плане и по высоте. Правильная научная интерпретация результатов таких измерений позволит надежно прогнозировать состояние земной поверхности: оползней, осадки и другие возможные деформации и явления. Интервал времени между повторными измерениями необходимо установить таким, чтобы погрешности определения скорости перемещений в плане и по высоте были раза в полтора-два меньше величин перемещений. Такие измерения будут своего рода сейсмическим дозором за состоянием земной поверхности и крупных сооружений и направлены в целом на охрану окружающей среды.

Геодезические методы измерения перемещений сооружений и окружающей их местности являются основными методами натуральных исследований и испытаний, дающими возможность получать абсолютные значения перемещений (сдвигов, осадок и др.), которые никакими другими методами определить пока нельзя. Поэтому разработка вопросов необходимой и достаточной точности измерения деформаций в природных условиях, новых методов исследования сооружений с учетом последних достижений науки и

техники (электроника, радиотехника, светолокация, фотограмметрия и др.), вопросов размещения и закрепления пунктов исходного геодезического обоснования, конструирования и своевременной закладки контрольно-измерительной аппаратуры на местности и в сооружениях, правильной обработки и интерпретации комплексных материалов измерений, автоматизации работ — актуальная задача.

Одним из нерешенных вопросов измерения перемещений сооружений и земной поверхности является точность наблюдений. Поскольку задача установления норм точности наблюдений не только актуальна, но и трудна, то к ее решению следует идти последовательно. На первом этапе нами это сделано, исходя из обобщения опыта наблюдений за сооружениями и земной поверхностью и анализа точности этих работ.

Вопросы измерения деформаций сооружений (сдвигов, осадок, наклонов и др.) геодезическими методами стали широко разрабатывать советские геодезисты.

**Список литературы:** 1. Материалы Октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС. — М.: Политиздат, 1984. — 64 с. 2. Бродяг П. Н. Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений. — М.: Недра, 1965. — 298 с. 3. Богдан Н. Ф. Точные измерения перемещений земной поверхности и сооружений. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1982. — 144 с. 4. Николаев С. А. Статистическое исследование осадок инженерных сооружений. — М.: Недра, 1983. — 132 с.

Статья поступила в редакцию 29. 11. 84

УДК 528.422

## Д. К. ВОИСЛАВСКИЙ

### ХАРАКТЕРНЫЕ ТОЧКИ И ХАРАКТЕРНЫЕ ЛИНИИ РЕЛЬЕФА

Для отображения земной поверхности на топографических картах и планах первостепенное значение имеет правильное выделение на местности (или ее модели) характерных точек и характерных линий рельефа. Содержание понятия, выражаемых терминами «характерная точка рельефа» и «характерная линия рельефа», определяется пока неоднозначно. Например, в [3, 6] к характерным точкам относят только вершину горы, дно котловина и самую низкую точку седловины, а в [9], помимо перечисленных, включают и точки на водоразделах, водотоках, бровках, подолвах, перегибах скатов. К характерным линиям в одних случаях относят только водораздел хребта и водослив долины (талывер) [3, 6], а в других — линии перегиба ската [7]. Помимо этого отмечают, что водораздел хребта и талывер долины называют также структурными линиями [8, 10, 11] и инвариантными линиями [1].

Развитие математических исследований в геоморфологии, создание цифровых моделей рельефа (ЦМР), разработка алгоритмов, позволяющих с помощью ЭВМ выделять на ЦМР не только характерные линии [11], но и отдельные формы рельефа [4], приводит к необходимости более точного определения названных выше терминов с привлечением количественных признаков, которая позволяет системно формально выделять характерные точки и линии рельефа и была бы однозначно выделять характерные точки и линии рельефа среди множества других точек и линий топографической поверхности.

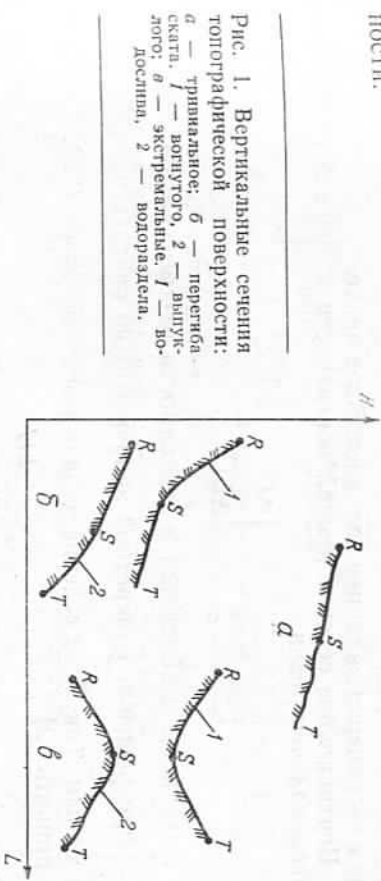


Рис. 1. Вертикальные сечения топографической поверхности: а — тринивальное; б — перегиба ската; 1 — вершину, 2 — вытек-лого; а — экстремальные; 1 — водослива, 2 — водораздела.

Для решения поставленной задачи рассмотрим кривую  $RST$  (рис. 1) — след сечения поверхности вертикальной плоскостью. В дифференциальной геометрии одной из основных локальных характеристик плоской кривой является ее кривизна

$$k = \left[ 1 + \left( \frac{dH}{dL} \right)^2 \right]^{-3/2} \frac{d^2 H}{dL^2}. \quad (1)$$

Так как уклон линии в точке  $S$  — производная высоты по длине [5], т. е.

$$i = \frac{dH}{dL},$$

тогда можем записать

$$\frac{di}{dL} = k(1 + i^2)^{3/2}, \quad (2)$$

где  $\frac{di}{dL}$  — производная уклона по расстоянию в этой же точке. Таким образом, мы видим, что кривизна линии тесно связана с уклоном, а величина  $\frac{di}{dL}$  прямо пропорциональна кривизне  $k$ .

Вот почему, если в левой части (2) бесконечно малые величины заменить конечными приращениями, параметр  $\left| \frac{\Delta i}{\Delta L} \right|$ , т. е. отношение приращения уклона в некоторой достаточно малой окрестности точки  $S$  к длине этой же окрестности  $\Delta L$ , можно ис-