

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Ю. А. Мещеряков

*Кандидат географических наук
Институт географии Академии наук СССР (Москва)*



Среди концентрических оболочек Земли — атмосферы, гидросферы и литосферы — земная кора (литосфера) резко выделяется, на первый взгляд, своей неподвижностью.

Вечно волнуются океаны и моря, непрерывно перемещаются воздушные массы, и лишь поверхность Земли, как кажется, пребывает в состоянии покоя. Но достаточно вспомнить, что на земном шаре в среднем через каждые пять минут сейсмические станции регистрируют одно землетрясение, — и представление о неподвижности земной коры будет поколеблено. Ярким свидетельством движений литосферы служат разрушительные землетрясения.

Наряду с быстрыми, или сейсмическими движениями земной коры, существуют движения другого типа — медленные, совершенно нечувствительные для человека, происходящие без землетрясения поднятия и опускания земной поверхности. Признаки медленных, или вековых движений наиболее отчетливо могут быть обнаружены на побережьях морей.

В тех местах, где земная кора опускается, море постепенно надвигается на сушу, затопляя прибрежные леса, поля, строения. Например, на берегу Таманского залива в VI в. до н. э. был основан большой, богатый город Фанагория, часть улиц которого, как показали раскопки, теперь находится под водой, так как море здесь заметно надвинулось на сушу.

Современное опускание характерно для всего северного побережья Черного моря, Колхидской низменности, плавней Кубани.

В районах медленного поднятия земной коры море не надвигается на сушу, а наоборот, отступает. Например, поднятие охватывает весь Скандинавский полуостров. В Финляндии и Швеции, на побережье Ботнического залива, оно протекает настолько интенсивно, что в течение жизни одного поколения можно заметить, как мелеют проливы между островами, пруппы мелких островов превращаются в один большой остров, береговая черта отступает и появляются новые участки суши и т. д.

Подобные свидетельства медленных движений земной коры отмечали еще мыслители древнего мира — Аристотель, Страбон и др. Систематические наблюдения над медленными движениями начались в 1731 г., когда, по предложению Цельсия, в Швеции стали носить на прибрежных скалах специальные метки для регистрации изменений уровня моря. Эти метки, сделанные первоначально на уровне моря, теперь находятся на высотах до 1,5—2 м над урезом воды (рис. 1). Зная высоту метки и год, когда она была выбита, не трудно рассчитать среднегодовую скорость поднятия земной коры. В центральной части Скандинавского полуострова она достигает 1 см в год.

Теперь для наблюдений над изменениями положения моря и суши служат уже не при-

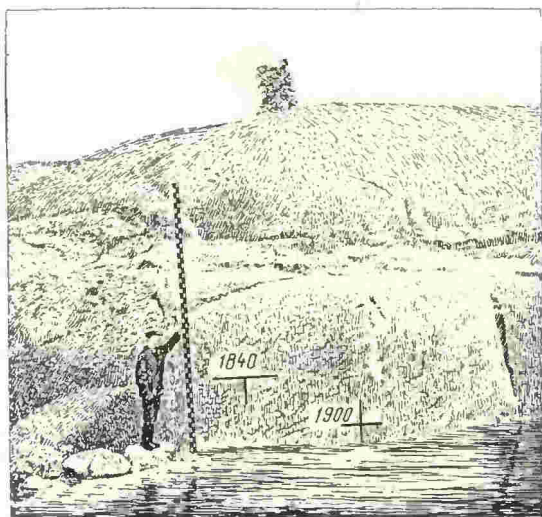


Рис. 1. Метки на прибрежных скалах в области современного поднятия Фенноскандии (по Е. Кя-äriäinen). Метка, сделанная в 1840 г. на уровне моря, в настоящее время поднята над морем на высоту около метра; метка 1900 г. поднята на 30—40 см

митивные метки, а специальные уровнемерные приборы — футштоки, мареографы, обеспечивающие высокую точность результатов. Например, по данным многолетних уровнейных наблюдений, скорость движения прибрежной суши оценивается для Таллина в $+2,3$ мм в год, для Одессы — $5,1$ мм в год (знак плюс говорит о подъеме суши, знак минус — об опускании). Уровнемерные наблюдения регулярно проводятся во многих пунктах земного шара. Сводка результатов таких определений была недавно опубликована Международным геодезическим и геофизическим союзом¹, а основные результаты нанесены на карту (см. вклейку).

Уровнемерные наблюдения характеризуют движения земной коры лишь в прибрежной полосе. Но как определить знак и интенсивность движений земной коры в глубине суши? До недавнего времени наука не располагала надежными средствами для этого, и пространства внутри всех континентов оставались на картах современной тектоники «белыми пятнами».

¹ См. «Secular variation of sea level». Association d'Océanographie physique. Union Géod. et Geophys. Intern. Publ. Sc. 1954, № 13, а также В. Gutenberg, Changes in sea level postglacial uplift and mobility of the earth's interior. Bull. Geol. Soc. Am. v. 52, 1941, № 5.

С повышением точности и объемов геодезических работ появилась возможность изучать вековые движения суши при помощи повторного нивелирования. Например, по линии Москва — Орел точное нивелирование проводилось в 1921—1922 гг., а затем еще раз — в 1945—1946 гг. Оказалось, что за 24 года положение всех высотных пунктов (марок, реперов) изменилось. В частности, в районе Орла высоты геодезических знаков увеличились примерно на 80 мм. Точность выполненного нивелирования настолько высока, что подобное изменение нельзя объяснить погрешностями наблюдений. Специальные исследования показали, что это изменение не может быть объяснено чисто поверхностными причинами — осадками или выпучиваниями грунта в основании реперов, деформациями зданий, в которых заложены марки, и т. д. Поэтому изменения высот необходимо отнести на счет вековых движений земной коры, и заключить, что район Орла поднимается (относительно Москвы) со скоростью примерно 3 мм в год. Если связать (также при помощи повторных нивелировок) реперы в районе Орла и Москвы с футштоками на Балтийском или Черном морях, можно вычислить темп движения суши по отношению к уровню моря, т. е. получить абсолютные скорости движений земной коры.

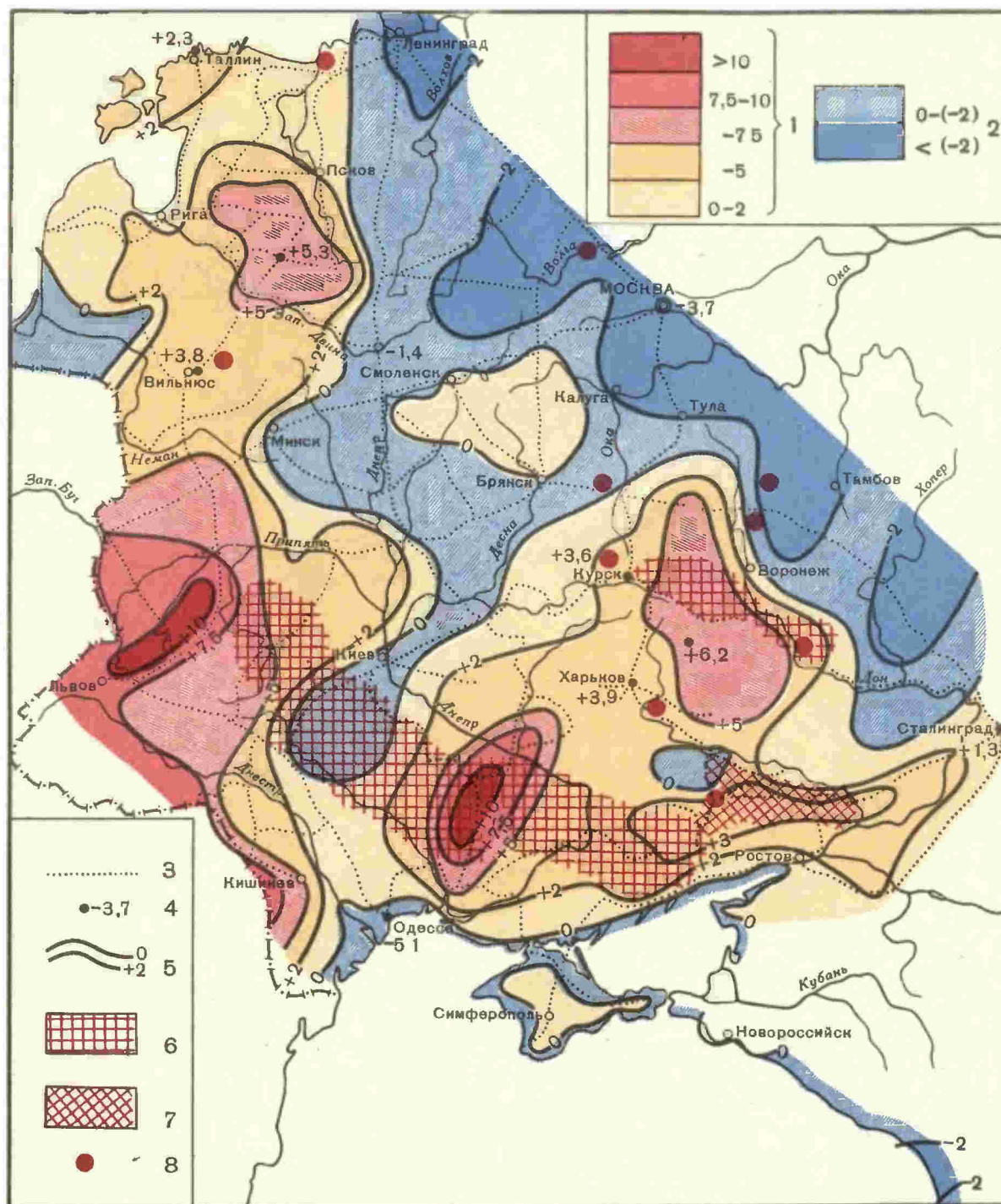
К настоящему времени в ряде стран накопилось немало нивелирных линий, вдоль которых точные измерения высот проводились дважды и даже трижды. Эти материалы, а также уровнемерные данные позволили составить карты современных движений земной коры для Финляндии, Японии, США и Канады, Нидерландов, Англии, Чехословакии и других стран¹. Особенно большую площадь охватывает карта современных тектонических движений западной половины Европейской части СССР² (см. вклейку), базирующаяся на сети повторных нивелировок общей протяженностью около 20 тыс. км. Первое нивелирование было выполнено в период с 1913 по 1932 г., повторное — с 1945 по

¹ См. «Природа», 1927, № 7—8, стр. 551—556, 1950, № 2, стр. 24—25, 1955, № 2, стр. 89—92, 1957, № 10, стр. 92—93.

² См. «Современные вертикальные движения земной коры на территории западной половины Европейской части СССР, под редакцией акад. И. П. Герасимова и проф. Ю. В. Филиппова». Труды ЦНИИГАиК, вып. 123, 1958. Карту составили М. И. Синягина, В. А. Матцова, В. А. Зенин, А. В. Живаго, Л. Г. Каманин и Ю. А. Мещеряков.

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА ВЕКОВЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ПОЛОВИНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

Составили: М.И.Синягина, А.В. Живаго, В.А. Зенин, Л.Г. Каманин, В.А. Матцова, Ю.А. Мещеряков, под редакцией акад. И.П. Герасимова (1966)



1. Поднятия различной интенсивности (мм/год); 2. Опускания различной интенсивности (мм/год); 3. Линии повторного нивелирования; 4. Скорости вековых движений (мм/год); 5. Изолинии вековых движений; 6. Воронежский и Украинский выступы кристаллического фундамента; 7. Выходы складчатого палеозоя (Донецкий край); 8. Эпицентры главных землетрясений (по С. С. Андрееву)

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА СОВРЕМЕННОЙ ТЕКТОНИКИ ЗЕМЛИ

МЕДЛЕННЫЕ (ВЕКОВЫЕ) ДВИЖЕНИЯ



Области современного поднятия,
установленные и предполагаемые



Области современного опускания,
установленные и предполагаемые



0 Изолинии вековых движений
+2



-3,7 Скорости вековых движений
(мм/год).

БЫСТРЫЕ (СЕЙСМИЧЕСКИЕ) ДВИЖЕНИЯ



Области интенсивных и частых
землетрясений



Области более умеренных и редких
землетрясений



Отдельные зоны редких и слабых
землетрясений

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ (ДЛЯ ВРЕЗКИ)



„Оси“ новейших поперечных под-
нятий



„Оси“ новейших поперечных про-
гибов (по F. RUELLAN)



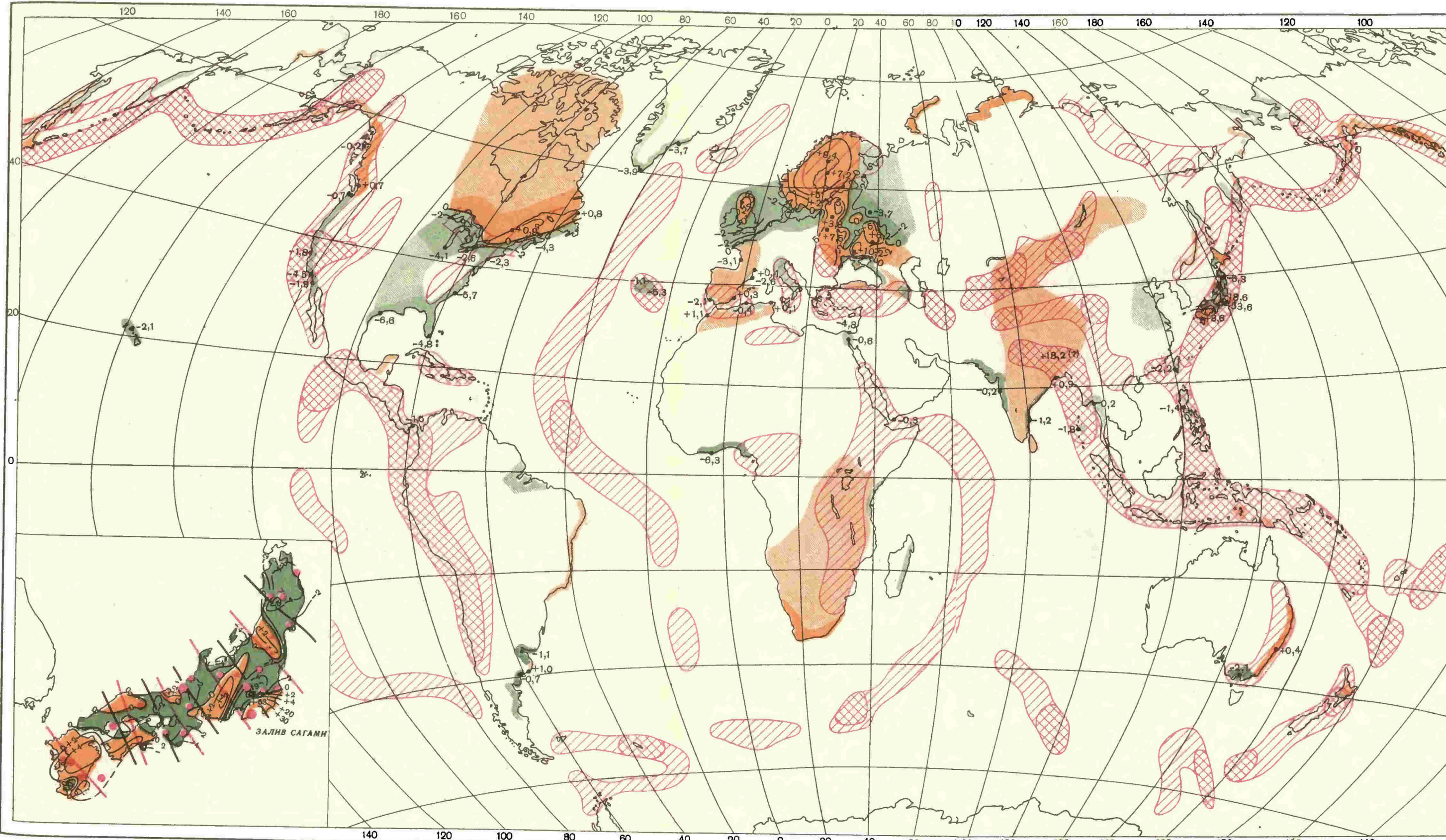
Места проявлений современного
вулканизма



Эпицентры землетрясений различ-
ной силы

Составил Ю.А. Мещеряков по данным Association d'Océanographie physique (1954), М.И. Сияягина и др. (1956), Г.П. Горшкова (1952), Н. Valentin (1952, 1954), Sh. Moore (1948), E. Kaariainen (1953), T. Nakano (1954) и др.

На врезке: схема современных движений Японии за 1900-1928 гг., по T. Nakano



1950 г. Повторные нивелировки увязаны с футштоками в Таллине, Лепае, Одессе, Керчи и других пунктах (обработкой уровневых наблюдений руководил В. А. Зенин). В результате сложных трудоемких вычислений (по методике, разработанной М. И. Сиягиной) были определены абсолютные значения скоростей движений земной коры (в мм/год) для 2,5 тыс. пунктов. Средние значения скоростей поднятий и опусканий на Восточно-Европейской равнине можно оценить в 2—4 мм/год; максимальные значения движений (поднятий) достигают 8—10 мм/год. Поднятия зафиксированы для Таллина (+2,3), Вильнюса (+3,8), Барановичей (+5,5), Сарны (+9,5), Курска (+3,6), Харькова (+3,9), района Кривого Рога (+10,8), района Донбасса (+3,7), а опускания — для Витебска (−1,4), Москвы (−3,7), Ленинграда (−3,6), Одессы (−5,1) и других пунктов.

В пределах изученной территории можно наметить несколько крупных зон поднятия, разделенных зонами абсолютного и относительного опускания.

Очень крупная зона поднятия — *Эстонско-Карпатская* — тянется от побережья Финского залива до Молдавии, как бы продолжая зону современного поднятия Скандинавии. Факт этот очень интересен, так как до сих пор предполагалось, что поднятие затухает где-то в Эстонии и не продолжается в пределы Восточно-Европейской равнины. Вторая зона поднятия — *Средне-Русская* — охватывает возвышенность того же названия, а также районы Донецкого кряжа, Приазовского массива и Криворожья.

Среди зон опускания наиболее подробно изучена *Ильменско-Днепровская* зона абсолютного и относительного погружения, протягивающаяся от Финского залива до Черного моря и включающая западные части Московского и Днепровско-Донецкого осадочных бассейнов. К востоку от Средне-Русского поднятия расположена *Тамбовско-Кубанская* зона опускания. Самостоятельная область опускания приурочена к краям *Черноморско-Азовской* впадины. Намечается также *Прибалтийская* зона опускания, охватывающая запад Литвы и Калининградскую область.

В целом современные деформации земной коры в Европейской части СССР представляют собой крупные волны, преимущественно меридионального направления. Переход от

зоны поднятия к зоне опускания часто совершается в сравнительно узкой, линейно-ориентированной полосе, имеющей вид так называемого флексурного перегиба. Наиболее крупные из этих современных флексур ограничивают с востока Эстонско-Карпатское и Средне-Русское поднятия.

Как широко распространены современные движения земной коры? Каким закономерностям подчинено распределение вековых поднятий и опусканий? Какова природа этих движений? К сожалению, мы имеем еще очень мало фактов, чтобы вполне определенно ответить на многие из таких вопросов. Высказываются различные, нередко противоречивые гипотезы относительно природы современных движений и закономерностей их проявления. Обширный материал по современному движению Восточно-Европейской равнины позволяет по-новому осветить некоторые из этих проблем, дать критическую оценку существующим гипотезам и, путем сопоставления с другими территориями, попытаться наметить также некоторые общие черты и местные особенности современных движений.

О распространении современных движений на земной поверхности. Среди геодезистов и геологов существует мнение, что современным движениям подвержены лишь некоторые мобильные участки земной коры, а прочие пространства стабильны. Этот взгляд опровергается новыми данными. Обнаружилось, что на всей территории Восточно-Европейской равнины, от Балтийского моря до Черного, нет ни одного сколько-нибудь значительного участка, где вековые движения отсутствовали бы. Современные движения того или иного знака и интенсивности обнаруживаются повсеместно, где только ставится их изучение. Они охватывают и горные области, и равнины, и сушу, и дно морей. Следовательно, литосфера, как и другие оболочки Земли, находится в постоянном движении. Разница с гидросферой состоит лишь в том, что каждая «волна» поднятия и опускания земной коры развивается десятками, а может быть, сотнями и тысячами лет, и достигает неизмеримо больших амплитуд, чем морские волны. Именно поэтому при футшточных наблюдениях уровень моря используется для регистрации движений суши, т. е. в разрезе длительной времени вечно волнующаяся поверхность Океана ока-

зывается более устойчивой, чем поверхность твердой Земли.

Проблема интенсивности современных движений и их место в «спектре» колебательных движений земной коры. На всем протяжении истории нашей планеты земная кора испытывала разнообразные, сложные движения. Поднятия и опускания земной коры вызывали трансгрессии и регрессии морей, образование гор и впадин, формирование разнообразных геологических структур земной коры.

Можно ли ставить знак равенства между современными движениями, выявляемыми повторным нивелированием, и движениями, формировавшими структуру и рельеф Земли и выявляемыми геологическими и геоморфологическими данными? Обратимся к анализу интенсивностей современных движений.

Установлено, что медленные движения земной коры повсеместно измеряются величинами порядка нескольких миллиметров в год. Эти скорости, казалось бы столь малые, с точки зрения геолога и геоморфолога чрезвычайно высоки. Приведем несложный расчет. Если предположить, например, что поднятие Криворожского района сохраняло свою интенсивность (около 10 мм/год) на протяжении хотя бы только четвертичного периода (продолжительностью 0,5—1 млн. лет), то в этом районе сейчас существовали бы горы высотой свыше 5 км. Очевидно, скорости современных движений, выявляемые повторным нивелированием, нельзя распространять на длительный (в геологическом смысле) период времени. В чем причина такого несоответствия? Можно ли считать, что в современную эпоху, в отличие от всех предшествовавших этапов геологической истории, интенсивность движений земной коры необычайно возросла? Это предположение, на наш взгляд, мало обосновано.

Гораздо больше оснований полагать, что движения земной коры в каждый данный момент геологической истории всегда имели примерно ту же интенсивность, что и сейчас (порядка мм/год), но знак движений в любой точке не оставался неизменным, т. е. поднятие сменялось опусканием, затем вновь возникало поднятие и т. д. В течение же длительных периодов происходила как бы компенсация поднятий опусканиями, осреднение результатов движений (рис. 2).

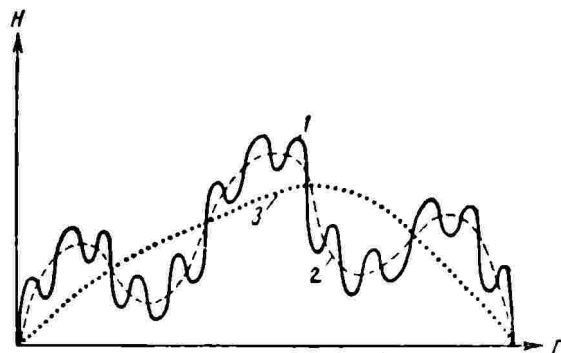


Рис. 2. Схема колебательных движений земной коры. Кривая изменений высотного положения H точки земной поверхности с течением времени T . Земная поверхность испытывает сложные колебания, среди которых могут быть выделены циклы разных порядков. 1 — движения, выявляемые повторным нивелированием; 2, 3 — движения, выявляемые геолого-геоморфологическими методами

По представлениям многих геологов и геоморфологов, колебательные движения земной коры носят сложный характер и могут быть расчленены на элементарные колебания нескольких порядков. Колебания разной амплитуды и периода как бы накладываются друг на друга. Например, изучение геологической истории Европейской части СССР позволяет выделить колебательные циклы первого порядка продолжительностью около 150 млн. лет и амплитудой порядка нескольких тысяч метров, затем циклы продолжительностью по 30—40 млн. лет, соответственно меньшей амплитуды, а также ряд более мелких ритмов (А. Б. Ронов). Что же касается движений, выявляемых повторным нивелированием, то в сложном «спектре» колебательных движений они отвечают, по-видимому, колебаниям наиболее высокого порядка с наименьшим периодом и сравнительно малой амплитудой. По образному замечанию В. А. Магницкого, анализ повторных нивелировок позволяет вскрыть как бы «микроструктуру» колебательных движений, тогда как геологический и геоморфологический методы дают возможность судить об их «макроструктуре».

Геоморфологические исследования позволяют устанавливать перемены знаков движений для весьма недавнего геологического прошлого. Например, геоморфологический анализ послеледниковых форм рельефа и связанных с ними отложений показал, что со-

временное опускание, установленное повторным нивелированием в районе Ленинграда и Ильмена, началось не ранее 3—5 тыс. лет назад. До этого район испытывал поднятие, возможно, усиленное изостатическим «всплыванием» земной коры после стаивания ледника. Однако нет никакой уверенности в том, что на протяжении и этого, геологически очень короткого периода в районе Ленинграда не происходило ряда перемен знака движений.

Как видно, вопрос о периоде и амплитуде современных колебательных движений остается еще не выясненным. Он принципиально не разрешим геологическим и геоморфологическим методами, а имеющиеся ряды непосредственных инструментальных наблюдений над ходом движений земной коры еще слишком коротки и немногочисленны. Некоторые многократные повторные нивелировки в Японии говорят о колебательных ритмах с периодом всего в несколько десятилетий. С другой стороны, известно, что знак движений Фенноскандии (поднятие) не изменился за два века уровнемерных наблюдений (хотя интенсивность поднятия периодически менялась). Возможно, что современные движения носят сложный характер и среди них также могут быть выделены колебания различного порядка — с периодами от нескольких десятков лет и больше¹.

Вопрос о характере проявления тектонических движений относится к числу наиболее острых, дискуссионных проблем современной геологии. Некоторые исследователи до сих пор вообще отрицают колебательный (знакопеременный) характер движений; не ясно, как сочетаются колебательные движения и направленные движения отдельных структур и т. д. Для непосредственного прослеживания хода движений земной коры потребуются многократные измерения в течение десятков и даже сотен лет. Эта задача может быть решена усилиями ряда поколений геодезистов.

¹ Кроме колебательных движений тектонического происхождения, поверхность литосферы непрерывно испытывает колебания небольшой амплитуды, вызываемые изменениями атмосферного давления, неравномерным нагревом земной поверхности Солнцем и т. д. Выделяются также малые по амплитуде, короткопериодические колебания, вызываемые притяжением космических тел, аналогичные приливам океанов и морей — так называемые «приливы в твердой Земле».

Значение геодезических методов, в частности нивелирования, для геологии и геоморфологии хорошо иллюстрируется на примере Русской равнины. В конце прошлого века обобщение материалов нивелировок, предпринятое А. А. Тилло, позволило впервые получить правильные представления об ее орографии, что дало основу для важных выводов о геологическом строении и истории этой территории. В настоящее время удается получить не только абсолютные высоты местности (H), но и их изменения во времени — «первые производные» ($\frac{\partial H}{\partial T}$). В дальнейшем можно будет выявить изменения этих изменений — «вторые производные» ($\frac{\partial^2 H}{\partial T^2}$), т. е. установить, как сами движения земной коры меняются во времени.

О природе современных движений. Современные движения, выявляемые повторным нивелированием, представляют собой особый тип тектонических движений, существенно отличный от тех, которые формируют геологические структуры и рельеф Земли. С какими же факторами и процессами в жизни земной коры можно связывать возникновение современных движений?

Долгое время для объяснения природы современных поднятий и опусканий литосферы использовалась гипотеза гляциоизостазии, согласно которой в областях четвертичного оледенения (Балтийский и Канадский щиты) под тяжестью материковых льдов земная кора должна была глубоко прогнуться. После стаивания льдов и разгрузки земной коры эти области как бы всплывают, отчетливо наблюдается их поднятие. Внеледниковые области, согласно этой гипотезе, стабильны или опускаются. Но и во внеледниковой области Европейской части СССР обнаружен ряд поднятий, интенсивность которых (Кривой Рог — 10 мм/год, Средне-Русская возвышенность — 6 мм/год) несколько не уступает поднятиям центра оледенения в Фенноскандии. За пределами СССР интенсивные поднятия обнаружены на Японских островах, на Индо-Гангской равнине и в других областях, где также не было покровного оледенения. Таким образом, гипотеза гляциоизостазии не объясняет распределения современных поднятий и опусканий. Это не значит, что гляциоизоста-

тический фактор не мог существенно отразиться на ходе движений земной коры, особенно в первый период после стаивания ледника. Однако этот фактор следует рассматривать как эпизодический, второстепенный.

При сопоставлении карты вековых движений земной коры с геологическими и геоморфологическими данными обнаруживается, что направленность современных движений во многом определяется структурой неоднородностью территории. Земная кора состоит из различных структурных элементов, среди которых выделяются, в первую очередь, тектонически поднятые и тектонически опущенные участки (блоки). В пределах Восточно-Европейской платформы положительные структуры — поднятые блоки земной коры сейчас преимущественно поднимаются (Белорусско-Литовский, Воронежский, Украинский выступы фундамента). Эти структурные элементы имели тенденцию к поднятию почти на всем протяжении геологической истории. Многие положительные структуры фундамента выражены в рельефе возвышенностями (Средне-Русская, например, связана с Воронежским выступом фундамента), что свидетельствует об их поднятии не только в древние геологические периоды, но и в новейшее время. В противоположность поднятым блокам фундамента, отрицательные структуры — тектонические впадины — в настоящее время преимущественно опускаются (Днепро-Донецкая, Причерноморская впадины). Соответствие между знаком современных движений и особенностями геологической структуры иногда настолько полное, что вызывает удивление, если учесть, что современные движения, по своей интенсивности, не могут быть отождествлены с движениями, формировавшими данную структуру. Например, на севере Русской равнины распределение современных поднятий и опусканий почти полностью повторяет древний структурный план: области Московской и Прибалтийской синеклиз опускаются, тогда как разделяющая их структурно повышенная Белорусско-Литовская зона поднимается. Между тем Московская синеклиза еще в меловом периоде (более 70 млн. лет назад) прекратила свое существование и была вовлечена в поднятие. Причина столь полного соответствия между со-



Рис. 3. Профили по линии Ростов — Армавир. 1 — кривая изменения скоростей современных движений, по данным повторного нивелирования; 2 — кривая, характеризующая геологическую структуру, по данным геофизической разведки

временными движениями и древним структурным планом остается здесь загадкой.

Повторные нивелировки в других районах Русской равнины показали, что в настоящее время «живут» и многие другие весьма древние структуры, притом не только крупные, но и более частные. Например, интенсивное современное поднятие Криворожского района обнаруживает отчетливую связь с древними тектоническими линиями Украинского кристаллического массива. В Северном Предкавказье картина современных движений местами до деталей соответствует структурному расчленению территории (рис. 3).

Связь современных движений с геологической структурой и особенностями рельефа устанавливается и для других территорий как платформенных, так и горных. Например, для детально изученной территории Нидерландов отмечается большое сходство карты современных движений (рис. 4,а) и структуры третичных отложений (рис. 4,б). Участки, где подошва третичных отложений наиболее глубоко прогнута (до минус 1200 м, район Зейдер-Зе), испытывают наибольшее опускание: структурно повышенные участки поднимаются. На Японских островах современные поднятия и опускания совпадают с поперечными антиклинальными и синклиналильными зонами, указанными французским геоморфологом Рюэлланом (см. врезку на вклейке). Скандинавское и Канадское поднятия также приурочены к крупным положительным структурам — щитам, которые испытывали устойчивое воздымание задолго до ледникового периода. Но все же при значительной взаимозависимости существует и немало расхождений между современными движениями, с одной стороны, и геологической структурой и рельефом — с другой. Так, на Русской платформе отдельные поднятые

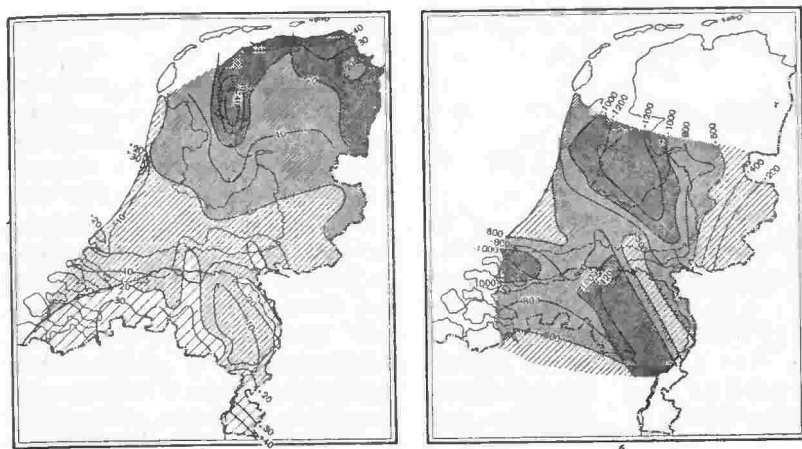


Рис. 4. Современные движения и геологическая структура Нидерландов. а — амплитуды современных движений (в мм) за период с 1875—1877 г. по 1926—1940 г. (по Т. Edelman, 1954); б — глубины подошвы третичных отложений (в м) (по А. J. Pannekoek, 1954)

блоки фундамента в современную эпоху опускаются, а структурно опущенные блоки поднимаются (например, восточная и западная части Украинского кристаллического массива поднимаются, а центральная погружается). В пределах Эстонско-Карпатской зоны поднятия, в целом соответствующей структурно-повышенной полосе Русской платформы, максимумы поднятия приурочены к относительно пониженным участкам — к так называемым Латвийской седловине и Полесскому прогибу.

Определенное соответствие между распределением современных поднятий и опусканий и структурным расчленением земной коры указывает, на наш взгляд, что современные движения как бы закономерно продолжают тенденции развития, которые действовали на протяжении геологической истории и запечатлены в структуре земной коры. Следовательно, источник современных движений лежит в тех же процессах, которые сформировали геологические структуры и рельеф. Это прежде всего собственно тектонические процессы, протекающие в глубинах Земли и связанные с дифференциацией вещества земной коры, с перемещениями магмы и другими, пока еще слабо изученными явлениями.

Как же совместить представление о колебательном ритме движений с фактами, указывающими на значительную унаследован-

ность движений, на их связь с древними структурами? Можно предположить, что местные особенности колебательного ритма отражают структурные условия района. В пределах поднятых блоков преобладают положительные направленные составляющие колебательных движений, а в пределах опущенных — отрицательные. Для некоторых блоков знак движения длительно сохраняется, периодически (по синусоиде) меняется только интенсивность движения. Именно в этих случаях повторные нивелировки выявляют современные поднятия структурных выступов и опускания структурных впадин, тогда как при

колебательном характере движений неизбежны различные несоответствия между современными движениями и структурой.

При анализе карты современных движений создается впечатление, что, кроме подвижек крупных блоков земной коры, современные движения отражают тектонические проявления и другого рода, а именно — крупные волнообразные изгибы земной коры меридионально-широтного направления, на существование которых в геологическом прошлом указывал еще А. П. Карпинский. В пределах Европейской части СССР крупнейшую меридиональную «волну» поднятия образует Эстонско-Карпатская зона; параллельно ей волной опускания служит Ильменско-Днепровская зона. Существование современных меридиональных «волн» земной коры, накладывающихся на глыбовые движения отдельных блоков, подтверждается некоторыми, к сожалению, крайне скудными данными по другим территориям. В частности, есть основания предполагать в Западной Европе меридиональную «волну», параллельную Эстонско-Карпатскому поднятию и включающую поднятие Британских островов, Франции и Иберийского полуострова. Большая роль меридиональных направлений в современной тектонической жизни Земли выявляется и при анализе сейсмичности: большинство активных в этом отношении зон группируется в меридиональные полосы.

И может быть, не случайно современное поднимание Фенноскандии и Эстонско-Карпатской зоны лежат как бы на продолжении активных сейсмических зон Балканского полуострова и Восточной Африки. Конечно, сказанное — не больше, чем гипотеза. Если мы можем с определенностью говорить о тектонической (а не гляциоизостатической) природе современных движений, то выделение различных типов тектонических движений на материалах повторных нивелировок остается еще делом будущего.

Связь современных движений с другими процессами в глубинах и на поверхности Земли. Современные процессы, протекающие в глубинах Земли, ярче всего проявляются в форме сейсмичности, распространенной очень широко. В частности, прежний взгляд на платформы, как абсолютно несейсмичные области, — неверен. Например, на Русской платформе за последние 150 лет произошло 76 слабых землетрясений (С. С. Андреев).

Быстрые (сейсмические) и медленные, колебательные движения земной коры, по-видимому, связаны между собой. Однако связь эта носит сложный характер и сущность ее далеко не выяснена. Указывают, например, на приуроченность эпицентров землетрясений к полосам больших градиентов тектонических движений. Ряд эпицентров землетрясений Русской равнины действительно приурочен к полосе повышенных градиентов современных движений вдоль «склонов» Средне-Русского поднятия и северной части Эстонско-Карпатской зоны. Однако участки еще больших градиентов движений на юге Русской платформы за тот же период не были сейсмически активными. На Японских островах также не существует полной повсеместной корреляции между градиентами движений и распределением эпицентров.

Если сравнить в целом сейсмичность и современные движения орогенических Японских островов и Русской платформы, то выявится еще более крупное несоответствие: по интенсивности современных колебательных движений эти две территории различаются не так сильно, как можно было бы ожидать, исходя из их сейсмической активности. Вообще, по-видимому, короткопериодические колебания земной коры, выявляемые повторным нивелированием, не намного различаются

ся по интенсивности в платформенных и орогенических областях. Причины этого пока еще далеко не ясны.

До последнего времени отсутствие надежных количественных данных не позволяло учитывать влияние современных движений на процессы образования рельефа и континентального осадконакопления. Очевидно, поэтому сложилось мнение, что такое влияние незначительно, особенно в «спокойных» областях платформы. Между тем многие факты свидетельствуют о большом влиянии современных движений на разнообразные процессы, протекающие на земной поверхности. Правда, это влияние маскируется условиями рельефа, особенностями климата, почвенно-растительного покрова и т. д. Тем не менее роль тектонического фактора сказывается часто с полной очевидностью. Например, оказалось, что в Прибалтике распределение и мощности торфяников в значительной мере определяются вековыми движениями. Наиболее крупные торфяные массивы приурочены к участкам опускания. Так, в юго-восточной части Эстонии, где имеет место относительное погружение, мощности торфяных залежей достигают 6—7 м. Накопление торфа стимулируется здесь постепенным повышением уровня грунтовых вод на фоне опускания суши. На северо-западе республики, где происходит поднятие, наблюдается противоположная картина: уровень грунтовых вод постепенно снижается, и торфообразование протекает замедленным темпом. Мощности торфяных залежей здесь не больше 1 м.

В зоне южно-русских степей современные движения влияют на овражную эрозию. Районы молодого поднятия, при прочих равных условиях, выделяются большим количеством оврагов и повышенной интенсивностью их роста.

Исключительно велико влияние вековых движений на работу рек. Всякий речной поток стремится сформировать так называемый «профиль равновесия» с постепенным, равномерным уменьшением продольных уклонов вниз по течению. Если на пути потока встречается растущее поднятие или опускание, нормальная работа реки нарушается. На участках поднятия, где тектонические силы стремятся приподнять русло, для сохранения профиля равновесия река интенсивно углубляет свое русло, врезаюсь

в подстилающие породы. При этом в русле нередко образуются пороги, а иногда и настоящие водопады. Долина реки на таких участках узкая, каньонообразная. Мощность речных (аллювиальных) отложений обычно невелика. Примером могут служить долины среднего течения Западной Двины, Немана, рек северо-западной Эстонии, приуроченные к областям интенсивного поднятия земной коры (рис. 5).

На участках опускания, где вековые движения стремятся понизить уровень продольного профиля, река не врезается, а заполняет дно осадками. Поэтому на участках опускания аллювиальные отложения более мощные, долины рек широкие, нередко заболоченные, течение здесь спокойное, медленное. Примером служат плавни Кубани, среднее течение Днепра, реки Тамбовской низменности (рис. 6). На значительной части территории, где были изучены вековые движения, были проведены специальные геоморфологические исследования с целью определения направленности работы рек. Сопоставление результатов этих исследований с картой вековых движений показало, что очень многие особенности речных долин могут быть объяснены знаком современных тектонических движений. Это послужило убедительным свидетельством правильности карты вековых движений, составленной по данным повторного нивелирования.

* * *

«Настоящее есть результат прошедшего и указание на будущее», — писал В. Г. Белинский. Современные движения, будучи тесно связаны с исторически сложившейся геологической структурой территории, позволяют судить и о дальнейших тенденциях ее развития, дать прогноз движений земной коры.

Хотя современные движения измеряются немногими миллиметрами в год, они все же влияют на некоторые стороны деятельности человека. Известен, например, случай, когда местные поднятия и опускания земной коры деформировали водопровод в одном из крупных городов Кавказа. Напомним, что из-за векового опускания голландцы для защиты своей страны от затопления вынуждены возводить сложную систему дамб. С повышением точности и возрастанием объемов инженерных работ учет вековых движений стано-

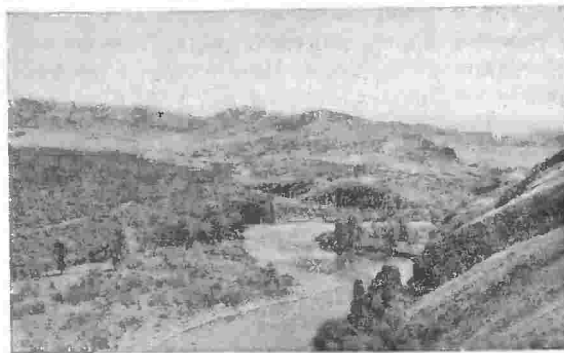


Рис. 5. Типичный вид речной долины в области интенсивного поднятия земной коры

вится необходимым элементом проектирования долговременных сложных сооружений — портов, гидроэлектростанций, каналов, оросительных систем, нефте-, газо- и водопроводов.

Данные о современных движениях очень важны при анализе сейсмичности. Японские исследователи, например, считают, что наблюдения над медленными движениями земной коры представляют собой наиболее эффективный путь к решению проблемы предсказания землетрясений¹. В Японии работает более 25 станций, ведущих регулярные наблюдения за ходом вековых движений. Установлено, что землетрясению предшествуют существенные изменения в ходе вековых движений; выявлена связь земле-

¹ См. статью В. В. Белоусова в информационном бюллетене «Международный геофизический год», 1957, № 3.



Рис. 6. Типичный вид речной долины в области опускания земной коры

трясений с резкими возвратными движениями земной коры, нарушающими однообразный вековой процесс. Например, катастрофическому землетрясению 1923 г. в районе залива Сагами предшествовало резкое поднятие побережья залива, которое в течение длительного времени перед этим опускалось. Хотя критерии прогноза землетрясений не могут еще считаться окончательно установленными, изучение медленных движений уже сейчас позволяет намечать наиболее опасные в сейсмическом отношении районы.

Материалы о современных движениях, полученные геодезическими методами, имеют существенное значение для самих геодезистов. При современных требованиях к точности геодезических данных, учет движений земной коры становится необходим при проектировании опорных геодезических сетей и поддержании их на высоком уровне точности.

Велико значение данных о вековых движениях для решения ряда проблем геологии, геофизики, физической географии. Поскольку размещение многих полезных ископаемых определяется тектоникой, изучение движе-

ний земной коры практически немаловажно, в частности при расшифровке тектоники нефтегазоносных районов и поисках новых нефтяных структур.

Изучение современных движений земной коры разворачивается сейчас во многих странах. Определенное место эта проблема занимает в деятельности Международного геодезического и геофизического союза (МГГС), объединяющего представителей более 50 стран. Советские исследования, получившие высокую оценку на недавней XI Ассамблее МГГС в г. Торонто (Канада), помимо большого охвата территории, отличает выдержанный комплексный подход, т. е. органическое сочетание геодезического, океанографического и геолого-географического методов. Этот подход обеспечивает не только получение надежных, разносторонне обоснованных результатов, но и открывает перед исследователем наиболее широкие, увлекательные перспективы, позволяет еще глубже проникнуть в цепь природных взаимосвязей и выявить новые закономерности, имеющие как теоретическое, так и прикладное значение.

