

и олова, взятых в отношении эвтектической смеси.

Приведенными примерами, разумеется, не исчерпывается область применения химических методов к решению археологических проблем. Совершенство этих новейших методов и их преимущества перед старыми приемами классической аналитической химии настолько очевидны, что гарантируют им еще больший масштаб применения, а количества потребного для подобных определений вещества настолько малы, что взятие пробы выдерживают самые драгоценные предметы.

Н. А. Орлов.

ГЕОЛОГИЯ

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

За последнее десятилетие методы изучения землетрясений быстро и чрезвычайно сильно совершенствуются. На ряду с накоплением обычных данных макросейсмической статистики, сохраняющей, конечно, свое значение, все больший интерес приобретает тонкий анализ инструментальных записей. Сейсмограммы приобретают все большую ценность документа, из которого мы можем, применяя точный анализ, извлекать все большее количество чрезвычайно интересных и чрезвычайно важных данных, характеризующих не только сейсмичность тех или иных районов, но, главным образом, физическое состояние различных частей земного тела. В этом отношении особый интерес имеют работы, появляющиеся в последние годы, главным образом в США, Канаде и Японии. Целый ряд этих работ останавливается на чрезвычайно важных вопросах о глубине очагов землетрясений. Из этих вопросов вытекает громадной важности вывод о характере земной коры, о том, что могут представлять собою очаги землетрясений и т. д.

Из имеющихся в настоящее время геофизических данных все-таки вытекает мало вполне конкретных выводов о допущении различных плотностей горных пород на разных глубинах во внутренней земли. Сейсмологи установили наличие на большой глубине зон большой плотности и упругости, но распространенное мнение о сравнительно мелко происхождении землетрясений подкрепляло и то, что будто известные нам в верхних зонах земной коры горные породы только и могут аккумулировать упругие напряжения. Это мнение должно быть изменено по мере накопления данных о том, что землетрясения происходят на различных горизонтах, вплоть до глубины в 700 и более километров. Эти же данные совершенно противоречат и положениям об изостазии, а также всем тем гипотезам, которые, основываясь на ней, признают наличие в верхних частях литосферы зоны слабой или так наз. астеносферы.

На существование двух горизонтов гипоцентров землетрясений указывал сравнительно давно еще Ольдгем, основываясь на статистических подсчетах гипоцентров итальянских землетрясений.

За последнее время данные о глубоких гипоцентрах все множатся.¹

Около 10% всех больших землетрясений, которые мы знаем, происходят из глубин «земной коры», достигающих 700 км. Лис и Шарп,² исходя из этого обстоятельства, анализируют те вероятные физические условия, которые могут существовать на этих глубинах, в частности — состав вещества, плотность, давление, жесткость, сопротивляемость, температуры, вязкость. Они пытаются анализировать вопрос с географической точки зрения, т. е. распределения этих очагов по поверхности земли и в вертикальном направлении, на глубину, с точки зрения выделяемых при этих глубоких землетрясениях энергичных автershоков (т. е. сопровождающих главных ударов), периодичности их, соотношений с метеорологическими явлениями и, в особенности, в отношении «первого движения» при землетрясении на поверхности. Последний вопрос чрезвычайно интересен и путем довольно простых построений приводит к возможности установления характера напряжений в области очагов.

Анализ явлений со всех указанных точек зрения приводит авторов к выводу, что процесс и таких глубоких землетрясений представляет, вероятно, нормальные разломы земного тела под влиянием возникающих добавочных напряжений.

Одновременно подробно разбирается также прочность земной коры в продолжение прежних работ Барреля, Гуттенберга и др., причем высказываются взгляды, что сейсмические данные приводят к признанию увеличения прочности земной коры от поверхности в глубину и, по всей вероятности, вплоть до ядра земли. Вместе с тем, эти рассуждения естественно приводят к отрицанию идеи об астеносфере, т. е. о возможности существования какой-то слабой, легко податливой зоны, сравнительно недалеко от поверхности земли, в которой разного рода движения и течения вещества могут якобы возникать от очень небольших напряжений или изменений поверхностных нагрузок, как этого требует классическая гипотеза изостазии. В этом отношении авторы приходят к тем же выводам, к которым совершенно независимо несколько лет тому назад пришел на основании анализа геотермических данных де-Люри (см. выше).

Лис и Шарп последовательно разбирают основные сейсмические понятия, в частности выводы Мохоровичича, как известно, первого, указавшего на наличие поверхностей перерыва в земной коре на 8, 30, 60 км глубины. Верхняя часть земного тела, которая находится выше первой поверхности перерыва Мохоровичича, и должна, в сущности говоря, называться

¹ I. S. De-Lury. Geologic Deductions from earthquakes of Deep-Focus. University of Manitoba, The Journ. of Geology, Vol. XLIII, № 7, October—November, 1935.

² Andrew Leith and J. A. Charpe. Deep-Focus earthquakes and their Geological significance. The Journ. of Geology, November—December, 1936, Vol. XLIV, no 8.

«земной корой». Мы знаем, что за последнее время употребление этого термина иногда даже совершенно не допускалось, а по большей части происходило весьма сбивчиво, — точных определений его не было. Различные авторы понимают под «земной корой» совершенно различные вещи. Во всяком случае, однако, употребление этого термина вызывается необходимостью и допустимо именно в указанном сейчас смысле, при условии, что одновременно не предполагается никаких определенных свойств материи внутри этой земной коры или под ней, за исключением только свойства передавать упругие волны с определенными для данных глубин скоростями. Подавляющее большинство землетрясений происходит внутри земной коры. Скорость упругих волн сжатия, т. е. продольных, как мы знаем, определенно увеличивается от 8 км/сек. около нижней поверхности земной коры до 13.5 км/сек. на глубине в 2700 км. С этой глубины скорость уменьшается до глубины 2900 км, где она равна 12.5 км/сек. Здесь проходит резкая граница верхней поверхности «ядра», внутри которого средние скорости всего лишь 10 км/сек. И до сегодняшнего дня вопрос о физических свойствах ядра остается открытым, потому что мы не знаем, может ли оно пропускать поперечные упругие волны, а между тем прохождение зависит исключительно от упругости, жесткости.

Глубокофокусные землетрясения характеризуются большими районами распространения и, вместе с тем, своей не-катастрофичностью, отсутствием причиняемых ими разрушений.

Располагая все известные нам землетрясения по глубине, мы можем получить приблизительно следующую последовательность: в верхних 40 км глубины располагается зона так наз. «нормальных», наиболее частых, землетрясений. Эта зона снизу ограничена поверхностью перерыва Мохоровичича. Далее до 250 км мы имеем зону наибольшего количества глубокофокусных землетрясений. От 250 до 450 км — зона многих японских глубокофокусных землетрясений. От 450 до 600 км — зона многих южноамериканских глубокофокусных землетрясений и далее отдельные, весьма глубокие, очаги вплоть до 700 км.

При этих рассуждениях существенно отметить, что уже на глубине 400 км давление должно достигать по Гуттенбергу 150 000 атмосфер.

Что касается термальных условий, то они гораздо менее ясны. Джефрис определяет вероятную температуру на этой глубине 400 км в 2500°, тогда как де-Лури лишь в 1500° и даже менее.

В отношении своего географического распространения глубокофокусные землетрясения, до сих пор нам известные (а следует помнить, что эти данные относятся лишь к последним пятнадцати годам и потому заведомо еще недостаточны), приурочиваются к четырем главным районам: Южн. и Центр. Америке, Японии и прилегающим частям Японского моря, Ост-Индии и Гималаям. Для первых трех областей Лис и Шарп дают очень интересные карты эпицентров. Для Гималаев такой пока не составлено в виду небольшого количества пока

известных из них глубокофокусных землетрясений.

Появление автершоков у глубокофокусных землетрясений весьма редко наблюдалось. Их количество и относительная интенсивность весьма быстро уменьшаются с глубиной фокусов, становясь весьма незначительными на глубинах более 200 км.

В высшей степени интересны систематически производящиеся за последние годы японскими исследователями наблюдения над направлением первого движения при землетрясении. Производя такие наблюдения на достаточно большом количестве станций, при одних и тех же землетрясениях, и нанося их на карты, можно установить, что в некоторых районах все первые движения отдельных точек направлены к очагу — так сказать, внутрь эпицентральной площади, а в прилежащих районах — в обратном направлении. Мы можем провести в таких случаях определенные кривые, эллиптические фигуры, линии раздела этих двух взаимно противоположных направлений первого движения, так сказать, нулевых линий, в каждой точке которых движение равно нулю. Проектируя эти фигуры в глубину земли в каждом отдельном случае, мы можем получить на известной глубине некоторое положение эллипсоида, испытавшего смятие, сжатие или растяжение при землетрясении. Иначе говоря, мы этим путем как бы намечаем тот механический процесс, который произошел в момент землетрясения на глубине и который заключался в сжатиях в некоторых направлениях и растяжениях в других направлениях известной ограниченной части земной коры, лежащей на той или иной глубине, в зависимости от залегания очага.

Эти построения в равной мере приложимы как к мелким, так и к глубоким очагам.

Благодаря этому анализу, мы впервые подходим вообще к определению того процесса в земной коре, который действительно вызывает землетрясения.

Из всех наших рассуждений о физическом состоянии земной коры мы можем сделать вывод о том, что в значительной мере она не является однородной, и эта неоднородность, несомненно, также имеет значение при возникновении внутри ее тех или иных напряжений. Самую природу и причины напряжений, возбудителей нарушений равновесия в земной коре — нам еще трудно наметить. Иногда пытаются это сделать, но во всяком случае некоторые из предполагаемых ранее причин нами должны быть отброшены. Так, напр., Дэли предполагал, как возможную причину нарушения равновесия в земной коре, на ряду с другими приверженцами онерарной гипотезы, исчезновение ледникового покрова, которое может вызвать нарушение равновесия. Однако именно в обеих известных нам областях последнего покровного оледенения — Фенно-Скандии и Сев. Америке — как раз пока не зарегистрировано ни одного глубокофокусного землетрясения.

Другие авторы, как Джефрис, приводили другую причину возможности появления напряжений в земной коре — вследствие различия в

скоростях вращения ее. Эту причину Джефрис даже считает достаточной для смещения материков в духе гипотезы Вегенера. Однако она не может быть принимаема во внимание не только по своей незначительности (ее величина подсчитана в 10^4 дин/см²) но и потому, что большое количество глубокофокусных землетрясений происходит именно вблизи экватора, где этих напряжений нет.

Разбирая возможные условия физического состояния внутренних частей земной коры, Лис и Шарп склоняются к признанию здесь процессов, так сказать, твердого течения вещества, связанного с рекристаллизацией и милонитизацией горных масс. Если при этом давление не превосходит способности этих масс к такому твердому перемещению, течению, то никаких разломов, а, следовательно, нарушения равновесия и землетрясений не должно происходить. Наоборот, если давление увеличивается более быстро, чем этот твердый материал может преобразовываться и перемешиваться рекристаллизацией («реорганизовываться», по выражению Чемберлена), то должны возникнуть растрескивания, разломы и в результате землетрясения — резкие сейсмические упругие толчки.

По всей вероятности, во всех частях земной коры происходит постоянное «реорганизуемое» перемещение вещества, может быть и главным образом — под большими сейсмическими поясами. В некоторые моменты увеличение напряжений будет, однако, возбуждать в этих зонах нарушения равновесия и разломы.

Увеличение разломов ближе к поверхности земли можно объяснить не только большой слабостью материала, но также и окружающей средой, в которой давление будет превышать прочность материала.

Эти мысли в значительной мере находятся в соответствии с представлениями Зибберга о вертикальном распределении различных типов дислокаций, а также и других авторов. Именно благодаря тому, что на большие глубины давления в значительной мере равномерно распределяются и поглощаются постоянным течением твердых масс — и объясняется, может быть, сравнительно меньшая частота глубокофокусных землетрясений и, наоборот — большая частота мелких очагов.

Таким образом, во-первых, старый термин о зоне течения в земной коре приобретает другой характер — зоны, в которой давление и напряжения превосходят прочность материала. Во-вторых, в этой зоне температура и давление для данного материала достаточно высоки, чтобы обеспечить постоянные неправильные деформации без разрывов, и, наконец, в третьих — давления лишь в случае более быстрого приложения, чем это должно соответствовать постоянному течению твердого материала, могут вызывать разрывы.

Эти представления, как мы видим, совершенно иного порядка, чем представления о совершенно мягкой, текучей, астеносфере. Мы все более приходим к выводам о чрезвычайной жесткости земной коры.

В течение последних 10 лет было сделано много определений (по методу Вадати) глубин

очагов японских землетрясений.¹ По изучению толчков, сопровождавших большое землетрясение Танго в 1927 г. сейсмолог Мазу определил положение глубины очагов 482 ударов. Эти глубины колебались от 0 до 44 км, но главные в среднем определены им в 16.9 км. Эти автершоки испытывали определенные периоды своего проявления в один день, 29.6, 14.8, 7.4 дней и в 42 мин. Однако более отчетливо сопоставление с лунными периодами. Так, за время от 2 апреля 1927 г. до 17 июля 1928 г. для 247 очагов была определена средняя глубина 16.7 м. Главный период их оказался почти совпадающим с полнолунием. Кроме того, наметился период в 14.6 дней, который совпадал почти точно с временами первой и последней четверти. Далее были составлены таблицы землетрясений с их глубинами очагов для периода с 1924 г. по 1933 г. для Токио. Всего за 9 лет произошло 564 удара, и из них глубина очагов была подсчитана для 388. Периоды изменения глубины очагов установлены в год. в 14.8, 7.4 и 1 день. Наибольшее количество толчков в течение года приходится, повидимому, на конец марта, а наиболее частая глубина очагов — 46.7 км.

Как известно, неоднократно пытались выяснить вопрос о возможной зависимости происхождения землетрясений от колебаний оси вращения земли. В 1936 г. в статьях, напечатанных в «Географическом журнале Петермана», вып. 9 и 10,² пражский профессор Рудольф Спиталер подробнее оставляет на этом вопросе, анализируя всю сейсмическую статистику с 1918 г. зарегистрированных инструментально землетрясений, изданную Сейсмологическим комитетом Британской научной ассоциации. Он использует при этом данные о 2180 сейсмических очагах, зарегистрированных с 1918 г. по 1930 г., частично же обнаружившихся еще в 1912 г. Эти очаги распределены неравномерно по земной поверхности. Большая часть их лежит в квадранте от 90 до 180° в. д. от Гринвича в обоих полушариях, т. е. в Вост. Азии и в Австралии. Здесь находятся 44% очагов, тогда как в квадранте от 180—270° в. д., т. е. в Тихом океане, — лишь 13%. Северное полушарие заключает в себе 72% очагов, а южное 28%. В поясе, заключенном между 40 и 50° с. ш., заключено почти в три раза больше землетрясений, чем на всей земле.

Каких-либо определенных годовых периодов повторения землетрясений не устанавливается, хотя в среднем максимум их оказывается около 1 июля, а около 1 января — минимум. Это обстоятельство никак не объясняется влиянием солнца, потому что расстояние земли от солнца 2 июля как раз самое дальнее, а 2 января — самое ближнее.

Меридианы, около которых полюс земли предположительно блуждает вокруг своего среднего положения, могут быть названы положительными и отрицательными, судя по тем напряжениям, которые могут возникать вслед-

¹ Ch. Davison. Periodic variations in the mean focal depth of Japanese earthquakes. Nature, London, 1935, vol. 135, № 3402, p. 76—77.

² Petermann's Geogr. Mitteilungen.

ствие колебания оси в земном теле во взаимно-противоположных направлениях. Эти положительные изменения имеют период около 14 мес. Можно было бы предполагать, что землетрясения в значительной мере имеют отношение к этим критическим меридианам, которые постепенно в течение четырех месяцев захватываются блужданиями полюсов земли. И, действительно, оказалось, что, напр., в области Японского архипелага большая часть землетрясений происходит в области отрицательных меридианов, а меньшее количество — около положительных критических меридианов. Еще более это очевидно на Филиппинах. В Европе, наоборот, мы имеем обратное положение, тогда как в Центр. Азии не видно никакой разницы между обоими положениями. Если же обратиться к южному полушарию, то оказывается, что в Японии и Австралии между 45° с. ш. и 45° ю. ш. давления, вызываемые колебаниями земной оси, по мнению Спиталера, преимущественно направлены через экватор на север, а в Европе и Африке — как раз в обратном направлении — на юг.

Если же обратить еще особое внимание на глубокофокусные землетрясения, то окажется, что эти напряжения в пределах западной части Тихого океана, у Японии и для Полинезии будут еще больше.

Это замечание представляется интересным, если сопоставить его с известной тектонической схемой Штауба и геомагнитной — Фиска.

Д. Мушкетов.

БИОЛОГИЯ

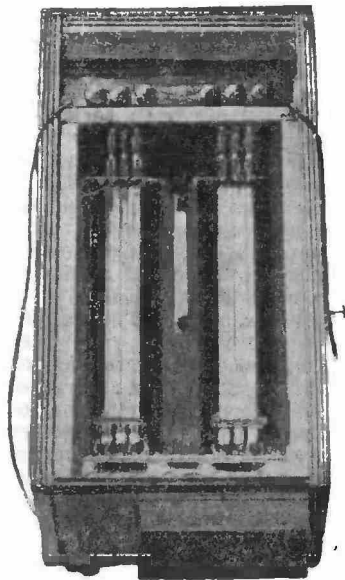
БИОФИЗИКА

НОВЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ МИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

В митогенетической литературе последнего времени несомненного внимания заслуживает работа двух немецких исследователей — Зиберта и Зефферта (Siebert u. Seffert. *Bioch. Ztschr.*, Bd. 287, S. 104, 1936), предлагающих новый объективный метод обнаружения излучения с помощью биологического детектора.

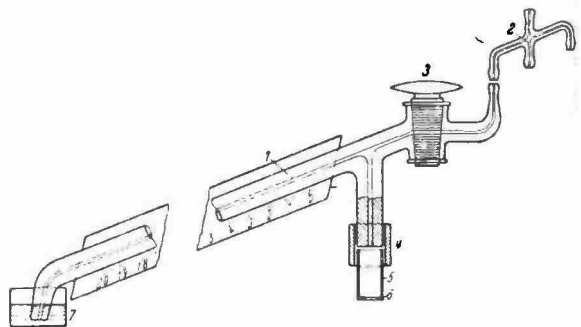
Кроме описанного однажды на страницах «Природы» физического метода обнаружения излучения с помощью счетчика фотоэлектронов, основные биологические методы обнаружения излучения сводятся к установлению разницы в интенсивности размножения различных биологических объектов (корешок лука, эпителий роговицы, дрожжевые культуры) и в обнаружении влияния лучей на абсолютное количество особей в дрожжевых и бактериальных культурах. При этом это увеличение абсолютного количества особей может быть обнаружено разными способами (счет в счетной камере, подсчет числа колоний, объемный метод мицетокритов и т. д.).

Принцип нового метода заключается в следующем. Одинаковые количества жидкой дрожжевой культуры выделяют в результате про-



Фиг. 1. Общий вид аппарата.

цессов брожения одинаковое количество CO_2 . Если одна из двух таких исходных порций подвергается облучению, то кривые газообразования двух культур расходятся, и облученная культура либо опережает контрольную, либо, наоборот, отстает, проявляя митогенетическую депрессию. Причины этого явления пока не совсем ясны и могут быть связаны как с прямым эффектом воздействия лучей путем стимуляции газообразования (аналогично эффекту торможения процессов брожения при облучении, установленному еще в 1930 г. Гезениусом), либо могут оказаться косвенным результатом облучения благодаря тому, что измененное (увеличенное или уменьшенное в зависимости от условий опыта) количество клеток культуры приводит также к изменению количества выделяемой углекислоты. Наиболее



1 — капилляр с измерительной шкалой, 2 — соединительный участок, 3 — кран, 4 — резиновая муфта, 5 — газоприемник, 6 — кварцевое окно газоприемника, 7 — сосуд с индикаторной жидкостью.

Фиг. 2. Схема газометрической установки.