

ПРИРОДА

ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО ~ИСТОРИЧЕСКИЙ ЖУР НАЛ

ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТЫЙ **№** 9

1935

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТ И ИХ РОЛЬ В РЕШЕНИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Проф. Н. И. ДНЕПРОВСКИЙ и проф. Е. В. МИЛАНОВСКИЙ

Как известно, радиотелеграф широко используется в настоящее время для астрономо-геодезических работ, в частности для определения разностей долгот географических пунктов земной поверхности. Существование таких мощных радиостанций, Боодо и Науэн, дает возможность связывать между собой пункты, разделенные огромными расстояниями, напр. Гринич (Англия) и Аделаиду (Австралия), Гринич - Токио и т. д. Вместе с тем передача радиотелеграфных сигналов точного времени, несомненно, способствовала критике и усовершенствованию способов определения и хранения времени и вскрыла не мало слабых мест, присущих ранее этим работам. Ближайшим следствием этого было тщательное исследование ошибок астрономических наблюдений для вывода поправок часов как случайных, так и систематических. Было обращено также внимание на необходимость изучения всех обстоятельств работы электрических приборов для службы времени. Как оказалось в процессе этих исследований, немалое значение имеют выбор наиболее подходящего типа астрономического инструмента, условия, в которых производятся сами наблюдения, система координат звезд, входящих в программу наблюдений, и т. д.

В последние годы многие обсерватории получили возможность пользоваться для своих работ такими совершенными существовавшими сравнению С ранее типами точных часов, как "свободный маятник" фирмы "Синхроном", а в некоторых случаях даже применять совершенно оригинальный тип часов, так называемый "кварцевый осциллятор". Последний обнаруживает удивительное постоянство хода, по крайней мере в течение небольших промежутков времени. Для иллюстрации несомненно значительного прогресса в технике конструирования точных часов и в самих 1 методах их сравнения достаточно привести один факт—- обнаружение колебаний в ходе часов "Синхроном" с периодом в один лунный день и с амплитудой всего в 0:0002, вызываемых гравитационным эффектом Луны на маятник этих часов.

Все эти обстоятельства, вместе взятые, значительно повысили точность определения и хранения времени и тем самым дали возможность приступить к изучению ряда вопросов, казавшихся ранее недоступными. Наметилась, в частности, тенденция к пересмотру и улучшению долгот, определенных ранее менее точными методами. Возник смелый для своего времени проект положить начало изучению изменений долгот, которые неизбежно должны воз-. никнуть в случае существования деформаций земной коры как гериодических, так и прогрессивных. Периодические повторения определений долгот в одних и тех же пунктах, производимых в одинаковых условиях, должны были, по мнению авторов этого проекта, дать, в частности, суждение о реальности гипотезы Вегенера (A. Wegener) относительно смещения континентов и высказанных впоследствии Венинг-Мейнецем (Vening-Meinesz) предположений относительно образования подводных складок вдоль морских берегов.

Детальный проект этих определений, под названием мировых долготных определений (longitudes mondiales), был разработан смешанной Комиссией международных астрономического и геодезического союзов и впервые в широком масштабе осуществлен осенью (октябрь—ноябрь) 1926 г. Выбор основных пунктов производился как правило вне зависимости от их геологической характеристики. В сущности, это были определения долгот между обсерваториями, хорошо снабженными астрономическими инструментами, часовыми установками, приемными радиотелеграфными устройствами, т. е. имеющими все необходимые условия для успешного выполнения подобных работ. В качестве вершин основного полигона служили обсерватории в Алжире, Ци-Ка-Вей (Китай) и Сан-Диего (Калифорния). Все три пункта имеют почти

одинаковую широту, около — 30°, и долготы смежных пунктов отличаются почти на 8^h. Вторую группу основных станций образовали обсерватории в Гриниче, Токио, Ванкувере и Оттаве (Канада) и третью, так называемую группу Тихого океана, — Манилла (Филиппины), Гонолулу (Сандвичевы острова), Сан-Диего и Вашингтон. Была предусмотрена, сверх того, связь этих пунктов с обсерваториями в Гриниче, Париже и Вашингтоне, ведущими постоянные работы по службе времени. Одновременно производились аналогичные долготные определения на большом числе других обсерваторий и временных наблюдательных станций, которые связывались с тем или иным основным пунктом в зависимости от своего географического положения.

Нужно сказать, что эти долготные операции были выполнены достаточно тщательно, по крайней мере на основных пунктах. Инструкции к наблюдениям рекомендовали соблюдать полную однородность по отношению к методам наблюдений, типу инструментов и выбору звезд.

Программа наблюдений и приема сигналов была достаточно обширна. В частности, на вершинах основного полигона каждую ясную ночь производились две серии астрономических наблюдений, первая до полуночи (считая по местному времени) для определения разности долгот с обсерваторией, расположенной к востоку, и вторая после полуночи для определения разности долгот с обсерваторией, находящейся к западу.

Погода в общем благоприятствовала наблюдениям. Это видно из того, что в течение двух месяцев на огромном большинстве пунктов было получено не менее 14 определений поправок часов для каждого пункта в отдельности.

Наличие достаточно совершенной радиоаппаратуры обеспечивало прием сигналов точного времени от очень удаленных станций. Так, напр., сигналы Бордо (FYL) принимались в Америке, Японии, Австралии; сигналы Науэна (DFY) — даже в Новой Зеландии.

Точность определения разностей долгот точек основного полигона, выведенная по внутреннему согласию отдельных результатов, оказалась достаточно высокой, порядка 0°003. Ощибка замыкания полигона составила всего 0.007. Такой результат следует считать очень успешным.

Однако сколько-нибудь полного и критического изучения всей совокупности мировых долготных операций 1926 г. до сих пор еще не выполнено. Об этом, конечно, следует очень пожалеть, особенно в виду затраты большого труда на это предприятие. Объясняется это, главным образом, отсуткоторые не были ствием средств, своевременно ассигнованы на выполнение сводки и анализа всех отдельных опоеделений.

В результате успешного выполнения этих операций вскоре был поставлен вопрос об их повторении, в особенности тех из них, которые ставили себе задачу получение связи между Европой и Америкой. Насколько можно судить по отчетам международных комиссий по долготам, при установлении срока новых операций считали промежуток времени в 7 лет уже достаточным для грубой проверки гипотезы Вегенера. Здесь, в частности, имели в виду его выводы относительно того, что оконечности Гренландии и Шотландии имеют годичное относительное движение порядка 20 м, Мадагаскара и Африки— 9 м, Индии и Южной Африки — 0.5 м и т. д. В процессе обсуждения новых операций было выдвинуто пожелание организовать наблюдательные станции в первых трех из перечисленных выше пунктах, а также в Мозамбике, островах Торнато и Менадо (Нидерландская Индия), как в местностях, имеющих особый интерес при изучении движений земной коры. При этом учитывались соображения Венинг-Мейнеца относительно того, что некоторые аномалии сиды тяжести, особенно на Зондских островах, могут быть объяснены только движением морского дна; отмечался также интерес, который представляет изучение области у островов Зеленого Мыса, Рекомендовалось, кроме того, производить, в дополнение к долготным работам, триангуляции между островами и континентом.

Окончательно план долготных операций 1933 г. вылился в следующую фундаментальная сеть была форму: дополнена образованием третьего полигона в южном полушарии, вершины образовали которого обсерватории в Капе (мыс Доброй Надежды), Аделаиде, Веллингтоне (Новая Зеландия) и Буэнос-Айресе. В состав этой сети вошло также большинство обсерваторий, принимающих регулярное участие международной службе времени. К этим 22 станциям первого класса, игравшим роль основных реперов, было присоединено посредством более мелких цепей еще около 70 обсерваторий и временных наблюдательных станций. Однако, несмотря на столь большой размер операций, некоторые важные пункты предварительной программы все же не удалось осуществить. Не были организованы, в частности, наблюдения на островах Нидерландской Индии, Мозамбике и Манилле (на этой станции производились наблюдения в 1926 г.). Некоторые страны воздержались от установки временных станций, мотивируя свое решение необходимостью получить предварительно хотя бы в общих чертах подтверждение правильности гипотезы Вегенера. По существу это было вызвано финансовыми затруднениями, в силу которых также не представилось возможным произвести обмен наблюдателей и инструментов даже в отдельных точках фундаментальной сети.

Таким образом и в 1933 г. выбор пунктов лишь отчасти обусловливался геологическими особенностями районов их расположения и, главным образом, зависел от желания той или иной обсерватории принять участие в этих долготных операциях. При таком положении вещей решение поставленных задач естественно должно было оказаться весьма неполным. Сами операции носили преимущественно характер массового контроля точности астрономических методов определения долгот, что, впрочем, само по себе является достаточно важной и своевременной за*д*ачей.

На прилагаемой карте (фиг. 2) указаны положения наблюдательных пунктов в 3 1926 и 1933 гг. Операции 1933 г., в основном, проводились в то же время года (октябрь — ноябрь) с целью избежать влияния сезонных ошибок на определения поправок часов. Число пунктов на территории нашего Союза, в которых были выполнены эти наблюдения в 1933 г., значительно увеличилось по сравнению с 1926 г. В частности, по инициативе Пулковской обсерватории были организованы временные наблюдательные станции в Омске и Иркутске, что, хотя бы частично, могло способствовать изучению деформаций земной коры на огромном материке Сибири.

Сама организация определений была разработана с еще большей тщательностью по сравнению с 1926 г. Наблюдения производились, главным образом, посредством пассажных инструментов, снабженных саморегистрирующими микрометрами. На многих пунктах определения времени производились при помощи нескольких инструментов в целях более полного изучения систематических ошибок наблюдений. Для определения дичного уравнения рекомендовалось пользоваться специальным прибором. С целью обеспечить возможно лучшую связь между отдельными полигонами в каждой из вершин наблюдались не только зенитные, но и экваториальные звезды. На станциях, имеюпримерно, одинаковые широты, рекомендовалось пользоваться по возможности одними и теми же группами звезд и улучшить способы регистрации наблюдений и приема сигналов, применяя чувствительные приборы с малой инерцией типа ондуляторов или даже осциллографы. В течение всего периода работ ежедневно производились 83 передачи радиотелеграфных сигналов времени на длинных и коротких волнах. Определение механической и электромагнитной инерций приемной аппаратуры осуществлялось при каждом приеме посредством длинных тире, продолжительностью в 10 секунд, следующих после ритмических сигналов. Эта мера, несомненно, сильно способствовала увеличению точности приема радиосиг-

Сводка и исчерпывающая дискуссия 4 долготных операций поручена Международному бюро службы времени в Париже, которое по характеру своей деятельности тесно связано с подобного рода работами. Результаты отдельных определений еще не опубликованы, за исключением измерений, произведенных в обсерватории Ци-Ка-Вей.

Результаты этих долготных работ, несомненно, дадут ценный материал касательно ряда вопросов, напр. относительно систематических ошибок определения времени и приема сигналов, скорости распределения длинных и коротких волн, особенностей передач на тех и других волнах и т. д. Следует думать, что в известных случаях будут получены некоторые данные хотя бы для предварительного суждения относительно движений земной коры. Из сравнений приемов сигналов, систематически производящихся в обсерваториях Европы и Америки, в последние годы удалось обнаружить более или менее заметные колебания долгот с периодом около 11 лет. Что же касается до их вековых изменений, то по предварительным, правда весьма приближенным, подсчетам их порядок составляет всего около 3 см в год.

С геологической точки зрения следует признать не только возможность, но и полную неизбежность горизонтальных перемещений отдельных участков земной коры. Об этих движениях свидетельствует C несомненностью строение горных систем. Огромное количество горных кряжей, опоясывающих Земной шар, состоит из разнообразных по размерам и формам складок. Пласты горных пород, образующие складки до начала горообразовательного процесса, занимали всегда большую площадь, чем после его заверше-Из этого факта вытекает тот совершенно несомненный вывод, отдельные части пластов, отстоявшие ранее на большом расстоянии, после горообразования оказываются сближенными между собой и в той или иной степени перемещенными в горизонтальнаправлении. Гораздо больший масштаб относительных перемещений мы обнаруживаем в горах покровной структуры, тектонической подобных Альпам, Карпатам, Апеннинам и многим

другим. Эти горы сложены из покровов, т. е. мощных пластин толщиной в сотни и тысячи метров, сорванных с мест своего образования и надвинутых одна на другую в виде гигантских чешуй, иногда по несколько десятков километров, а местами и свыще 100 км. Констатируя подобные громадные горизонтальные перемещения в районах складчатых и покровных гор, мы можем отметить, что в обширных зонах они соверщались в геологическом смысле весьма недавно. В зоне альпийской складчатости эти движения относятся частью к меловому периоду, но главным образом к третичному периоду, в течение которого они достигли максимальной интенсивности. Во многих местах альпийской зоны горообразовательные движения доказаны и для четвертичного времени, а энергичная сейсмическая деятельность служит подтверждением того, что и в настоящий геологический момент тектонические процессы не замерли окончательно, а проявляются с большей или меньшей силой. О скогоризонтальных перемещений отдельных участков земной коры в настоящее время можно судить лишь в очень слабой степени, и решение этого вопроса следует ожидать от повторных долготных и широтных определений. Пока же в нашем распоряжении имеются **ЛИШЬ** отрывочные данные о горизонтальных смещениях некоторых участков земной коры. Часть их констатирована в связи с сильными землетрясениями, таковы, напр., смещения, зарегистрированные при землетрясении в Калифорнии в 1906 г.

По данным U. S. Coast and Geodetic Survey, приводимым Лаусоном (Lawson)¹ ряд точно определенных пунктов, расположенных на побережье Калифорнии к северу от Gol en Gate, подвергся с 1868 по 1906 г. медленному перемещению² в северном и северозападном направлениях со средней скоростью

0.052 м в год.

При крупном землетрясении в Сан-Франциско, происшедшем 18 апреля 1906 г. и связанном с резким смещением участков земной коры по линии сброса San Andreas, все эти геодезические пункты внезапно переместились в юговосточном направлении. Об этих перемещениях дает представление таблица на стр. 6.1 Затем большой интерес представляют результаты точных триангуляционных работ в баварских предгорьях Альп между Мюнхеном и р. Зальцах. В указанном районе удалось при помощи густой сети специальных триангуляций и нивелировок высокой точности установить как вертикальные, так и горизонтальные перемещения участков земной коры. Здесь было доказано, что триангуляционные пункты, расположенные южнее Мюнхена, переместились за время с 1801 по 1905 г. в направлении на северо-запад на 0.25 м. Кроме того, у Кирхгайма и у Штафферберга близ Мюнхена констатированы перемещения на запад по 18 мм в год.

Было бы преждевременным обобщать эти разрозненные данные и пытаться установить при современном состоянии наших знаний, каковы возможные скорости горизонтальных смещений участков земной коры в настоящий геологический момент. Мы можем только с известной вероятностью предполагать, что скорости эти весьма незначительны, и самые перемещения удастся констатировать лишь при высокой точности исследований. Для нас, однако, весьма важен тот основной вывод, что для альпийской орогенической зоны можно надеяться обнаружить с помощью точных повторных долготных и широтных определений дифференциальные горизонтальные движения участков земной коры, связанные с незакончившимися в этой зоне горообразовательными процессами. Здесь мы считаем важным подчеркнуть, что этот вывод основывается на фактах, установленных на структуре горных сооружений альпийской зоны, их геологическом возрасте, наличии сильной сейсмичности и, нако-

¹ A. C. Lawson. The mobility of the Coast Ranges of California. Publications, vol. 12, № 7, 1921.

² F. W. Dyson. The variation of latitude. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Vol. 78, No. 7, 1918.

¹ П. Православлев. Современные движения земной коры в Понто-касцийской области. Тр. 3-го Всесоюзн. съезда геологов, в. I, Ташкент, 1930.

Наименование станций у San Andreas в км	Смещение до вемлетрясения 1906 г.				Смещ, при вемлетряс, 1906 г.	
	период наблю- дений (годы)	с меще ний направление	средн. ско- рость смець. в год в м	общая велич. смещев. в м	смещен. направление	величина смощония м я
6.4 NE	1854—1906	NNW 348°	0.058	3.02	SE 161°	1.97
37 SW	1860—1906	NW 333	0.045	2.07	SE 101	1.29
1.8 NE	1856—1891	NNW 353	0.052	2.61	SE 157	2.06
7 NE	1859—1891	NNE 2	0.053	2.50	SE 160	1.20
34 NE	1856-1906	NNE 3	0.025	1.24	?	3
	6.4 NE 37 SW 1.8 NE 7 NE	места сброса у San Andreas период наблюдений (годы) 6.4 NE 1854—1906 37 SW 1860—1906 1.8 NE 1856—1891 7 NE 1859—1891	места сброса у San Andreas в км период наблюдений (годы) направление смещений 6.4 NE 1854—1906 NNW 348° 37 SW 1860—1906 NW 333 1.8 NE 1856—1891 NNW 353 7 NE 1859—1891 NNE 2	места сброса у San Andreas в км период наблюдений (годы) направление смещений расть смещ. В год в м период наблюдений (годы) направление смещений расть смещ. В год в м период наблюдений период в год в м период наблюдений период	места сброса у San Andreas я км период наблюдений (годы) направление смещений среди. скорость смеще делит смещений общая делит сме	места сброса у San Andreas я им период наблюдений (годы) направление смещений средн. скорость смеще делий смещений общая делии. смещение смещение общая делии. смещение смещение смещение смещение смещение смещение смещение смещение смещен смещен <t< td=""></t<>

нец, на приведенных выше данных непосредственных измерений. В то же время мы приходим к нему независимо от тех или иных теоретических представлений о механизме и причинах горообразовательных процессов. Таким образом вырисовывается одна геологическая проблема, в разрешение которой ценный вклад могут внести систематические точные определения географических координат. Но помимо того они могут сыграть очень крупную роль в изучении причин орогенических процессов — процессов горообразования. С помощью этих работ можно рассчитывать подвергнуть капитальной фактической проверке целый ряд важнейших современных орогенических гипотез и теоретических схем, рисующих формирование лика Земли. В нашу задачу не входит ни изложение, ни перечисление всех многочисленных, крайне разнообразных и взаимно противоречащих спекулятивных построений. Мы только отметим, как резко и непримиримо расходятся между собой различные гипотезы. В то время как некоторые всеми силами защищают контракционную гипотезу, другие не менее упорно ее отвергают и по теоретическим соображениям и на основании фактических данных, выдвипричины объяснения иные ДЛЯ процесса структурного развития земной коры. Меллард Рид (Mellard Reade), напр., прибегает к гипотезе термического расширения накопляющихся осадочных толщ вследствие попадания их в условия высокой температуры в глубинах земли. Лахман (Lachmann) выдвинул гипотезу кристаллокинеза (Kristallokinese). т. е. изменений объема вследствие

перекристаллизации вещества земной коры. Ампферер, Швиннер, Коссмат, Андрэ, Даке и др., рещая проблему горообразования, видят основную его причину не в процессах, протекающих в твердой земной коре, а в подстилающей ее магматической, пластичной зоне. По воззрениям этих авторов перемещения масс, конвекционные течения, изменения объема в подкоровой (subcrustal) магматической зоне вызывают растяжения и сжатия в земной коре, пассивно реагирующей на все эти явления. Сюда примыкает одна из новейших гипотез горообразования Э. Хаармана (Е. Наагmann), названная им осцилляционной. Хаарман различает первичный и вторичный тектогенез. Первый обусловлен перемещениями масс в подкоровой магме, образующей в одних местах скопления, поднимающие земную кору в виде валообразных выступов геотуморов и оттекающей из других областей, прогибающихся вследствие этого в виделожбин-геодепрессий. Вторичный тектогенез является следствием первичного. Он состоит в скольжении осадочных толщ по пологим склонам геотуморов и геодепрессий и в образовании из этих толщ складчатых и надвинутых в виде покровов масс, позднейшее поднятие которых образует горные хребты. Эта идея о пассивном соскальзывании масс горных пород, строящих горы, в новом виде воскрешает гипотезу скольжения Рейера (7). Можно упомянуть о группе гипотез, связывающих горообразовательные процессы с изменением положения полюсов (Крейхгауэр), с изменениями сплюснутости земного элдипсоида в зависимости от

в скорости вращения (Бём, Квиринг и до.). Следует отметить группу гипотез, связывающих горообразование с радиоактивными процессами. Представителями этих вэглядов являются $oldsymbol{arDelta}$ ж. $oldsymbol{\mathcal{A}}$ жоли, Хольмс (Holmes) и др.

Наконец, чрезвычайно важную группу составляют гипотезы перемещения континентов. Вэгляды о возможности горизонтальных перемещений высказывались в более или менее робкой и мало разработанной форме Ф. Сакко, но лишь А. Вегенеру принадлежит заслуга смелой разработки этой идеи и создания стройной концепции формирования современного лика Земли на ее основе. Неудивительно поэтому, что с именем этого исследователя обычно связывают гипотезу перемещения континентов, отождествляя ее с гипотезой Вегенера, хотя для настоящего времени это уже неверно, так как можно указать целый ряд крупных геологов, которые разработали на основе этой идеи свои самостоятельные гипотезы, значительно отличающиеся от концепции Вегенера. К ним принадлежат Э. Арган, Р. Штауб, Коссмат, Гавеманн, М. А. Боголепов и некоторые другие авторы, не говоря уже о Тэйлоре, который совершенно независимо от Вегенера и одновременно с ним (в 1910 г.) высказал аналогичные вэгляды о горизонтальных перемещениях континентов.

Во всей этой сложной пестроте противоречивых гипотез и взглядов на причины горообразовательных процессов и на закономерности в развитии облика земной поверхности можно отчетливо выделить две группы основных представлений, имеющих, с нашей точки зрения, очень большое значение.

 Первая группа гипотез рассматривает земную кору как неподвижно закрепленную на поверхности ядра. Континентальные массивы, по этим воззрениям, не могут изменять своего положения, и отдельные их точки имеют постоянную долготу и широту. Это основное возэрение можно назвать гипотезой иммобильности континентов или гипотезой фиксизма, как ее обозначил Арган. На этой точке зрения стояли до появления работ Вегенера и Тэйлора почти все геологи; не допускавшие даже

мысли о возможности сколько-нибудь значительных перемещений континентальных цоколей в горизонтальном направлении. Она разделяется и сейчас огромным числом геологов, разумеется, в первую очередь всеми сторонниками контракционизма.

2. Согласно второму воззрению для объяснения тектонической жизни земной коры необходимо допустить возможность не только вертикальных колебаний, но и значительных горизонтальных перемещений отдельных крупных участков земной коры, в частности континентов. Эта гипотеза "плавания" или "полэания", словом горизонтального перемещения более легких сиалических (sial — сицилий (кремний) плюс алюминий) глыб континентов по подстилающей пластичной симатической (sima сицилий плюс магний) зоне, выступающей на поверхность твердой земной коры в областях всех или некоторых океанических впадин, получила от Заломона (Salomon) название гипотезы эпейрофореза (epeirophorese). Ее можно назвать также гипотезой мобильности континентов.

Гипотеза эпейрофореза совершенно независима от представлений о сжатии Земного шара и в объяснении горообразования противостоит контракционизму, связываясь с гипотезами активности подкоровой магматической зоны. При обсуждении этих двух противоположных точек эрения — фиксизма и мобилизма континентов — должны быть использованы аргументы геологического порядка, к которым относятся следующие групцы доказательств: 1) результаты анализа геологических структур, 2) данные палеогеографии, 3) данные палеоклиматологии, 4) данные анализа возможных движений, затем данные геофизики и, наконец, мы можем обратиться к данным астрономогеодезических исследований. Систематические точные определения географических координат, повторяемые через некоторые промежутки времени, повидимому, могут дать весьма важный фактический материал для рещения проблемы эпейрофореза.

Изложенные соображения позволяют сформулировать вторую задачу геологического характера, которую можно 7 поставить перед международной организацией точных долготных и широтных определений как задачу проверки гипотез фиксизма и мобилизма континентальных массивов.

I lосмотрим теперь, каким требованиям должно удовлетворять географическое распределение пунктов для выполнения обоих указанных заданий, т. е. для: 1) установления направления и скорости перемещений участков земной коры пределах активной тектонической воны молодой альпийской складчатости и 2) проверки гипотезы эпейрофореза. Для этого мы должны обратиться к краткому обзору главнейших элементов тектонической структуры земной коры.

В самых грубых чертах схему этой СТРУКТУРЫ МОЖНО ПРЕДСТАВИТЬ СЛЕДУЮщим образом.

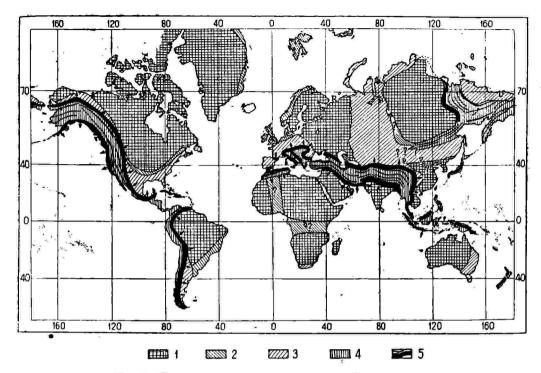
- Океанические впадины: геологическая структура история И этого элемента земного лика до настоящего времени остаются еще невыясненными.
- 2. Континентальные массивы и связанные с ними периферические островные гирлянды. Континенты яв**дяются продуктом длинной и весьма** сложной геологической истории и имеют неоднородное и более или менее сложное геологическое строение. Отдельные части их формировались в последовательные периоды времени, в эпохи горообразования, разделенные промежутками относительного тектонического покоя. В структуре континентов можно различить: 1) древнейшие, наиболее тектонически спокойные и устойчивые ядра или платформы, образовавшиеся в допалеозойское время. Это области, структура которых была в основном сформирована в результате целого ряда докембрийских орогенезов. Их можно назвать областями докембрийской складчатости или докембрийскими платформами; 2) палеозойские складчатые зоны, сформировавшиеся в две главные палеозойские эпохи горообразования - каледонскую (силур — начало девона) и варисцийскую или герцинскую (карбон пермь). По окончании главной складчатости, в результате которой возникла 8 их тектоническая структура, отдельные

участки земной коры, входящие в состав этих зон, имели несколько различную дальнейшую историю. Одни из них приобретали свойства платформ; образовавшиеся горные сооружения срезались размывами, выравнивались и заливались водами морей, которые перекрывали их своими осадками. Такие участки в настоящее время представляют собой обычно обширные равнины. Примером подобных более молодых платформ может служить западносибирская, лежащая между Уралом и Енисеем, образовавшаяся в варисцийскую эпоху горообразования.

Другие участки, как, напр., Урал, подвергались позднейшим поднятиям и сохранили до настоящего времени свой горный характер. Наконец, третьи участки палеозойской складчатости были захвачены мощными альпийскими движениями в большей или меньшей степени оказались заново перестроенными. В них наблюдаются значительные осложнения и изменения первоначальной палеозойской структуры. К числу таких райнов относится, напр., Тянь-Шань; 3) мезозойско-кайнозойская или альпийская складчатая зона.

Все эти элементы характеризуются различной степенью подвижности в геологическом смысле этого слова. Платформы, представляющие собой сложные сооружения, состоящие из отдельных частей, спаянные между собой в относительно более жесткие, монолитные массивы, являются наиболее стабильными. Они испытывают, как это доказано геологическими данными, главным образом вертикальные колебания и сравнительно пологие деформации — прогибы и выпуклые выгибы или коробление (warping) а также деформации разрыва, раскалывания, сопровождающиеся горизонтальными смещениями отдельных глыб.

Воны каледонской и варисцийской складчатости причленены к древним ядрам (платформам), местами располагаясь между ними и спачвая их между собой, подобно уральской западносибирской складчатой зоне, соединяющей русскую и восточносибирскую докембрийские платформы, местами прилегая со стороны океана и припаивая к большому древнему ядру небольшие обломки древ-



Фиг. 1. Схематическая тектоническая карта Земного шара.

Условные энаки: 1 — области докембрийской складчатости (докембрийские платформы), 2 — зоны каледонской складчатости, 3 — зоны варисцийской (герцинской) складчатости, 4 — зоны вльпийской (мезозойской и кайнозойской) складчатости, 5 — главнейшие альпийские хребты. Стрелки показывают главное направление движения.

них платформенных сооружений, как, напр., Аппалаги Северной Америки и, наконец, в третьем случае - залегая между платформами и зоной альпийских складок, примером чего могут служить горы средней Европы, находящиеся между русской платформой и альпийской зоной.

Палеозойские складчатые зоны являются геологически более подвижным элементом континентов. После своего сформирования в каледонскую и варисцийскую эпохи они представляли складчатые и покровные горы, которые в дальнейшем подвергались постоянному размыванию и сносу. На горообразовательные напряжения, возникавшие в земной коре, эти консолидированные участки реагировали преимущественно образованием расколов. Отдельные их глыбы поднимались и опускались в виде горстов и грабенов, местами возникала складчато-глыбовая структура, а местами

в них происходили значительные горизонтальные перемещения по сдвигам. Подобные крупные горизонтальные перемещения в зоне древних варисцийских гор были совсем недавно указаны Г. Клоосом, который доказал связь их с образованием альпийской складчатости.

Зона палеозойских складок отличается местами высокой степенью сейсмичности, что указывает на ее значительную мобильность. Это наблюдается обычно там, где она находится под непосредственным воздействием горообразовательных движений, протекающих интенсивно в лежащей рядом альпийской зоне. Примером может служить Тянь-Шань. Наконец, зона альпийской складчатости отличается наибольшей подвижностью и неустойчивостью. В ней не закончены процессы формирования горных сооружений, в связи с чем там наблюдается сильная сейсмичность. О расположении 9

перечисленных основных структурных элементов земной поверхности можно судить по прилагаемой схематической карте (фиг. 1; карта составлена в основном по Коберу с некоторыми изменениями). На ней видно, что Евразия построена из двух огромных докембрийских платформ — русской и сибирской, лежащих в северной половине континента, и двух платформ меньшего размера, китайской и индостанской — на юге. С запада и северо-запада к русской платформе примыкают каледонские складки Скандинавии и Шотландии и варисцийские — южной Англии, Пиренейского полуострова (Мезета), Франции, Германии, Чехо-Словакии и Польши. Между русской и сибирской платформами простирается меридиональная широкая зона варисцийских складок Урала, заворачивающих на юге к востоку в складки Тяньшанской системы и продолжающихся далее к востоку череэ Алтай к берегам Тихого океана между сибирской и китайдокембрийскими платформами. С юга и востока Евразия окаймлена альпийскими складчатыми сооружениями, протягивающимися от Бетайских Кордильер и Пиреней через Альпы, Апеннины, Карпаты, Балканы, Кавказ, Эллениды, горы Малой Азии и Ирана, Тавриды и Ираниды, Памир, Гималаи, горы западного Индо-Китая, Зондские острова, Филиппины, Японию, Курильские острова, Камчатку и северовосточную окраину Азии (к востоку от Лены) к побережьям Северного полярного моря и на восток через Алеуты в Аляску.

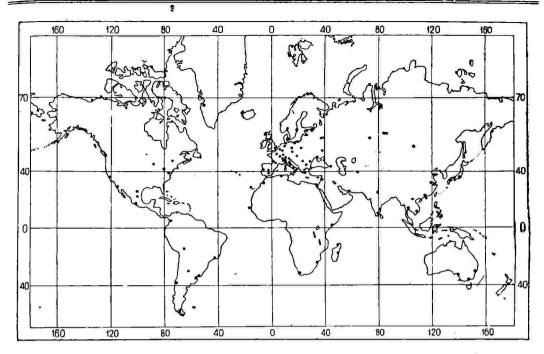
В Северной Америке мы находим огромную докембрийскую канадскую платформу, охватывающую часть территории США, Канаду, Гренландию и арктический архипелаг. Она окаймлена с юго востока палеозойскими складками Аппалаг, а с запада — горной зоной Скалистых гор и Кордильер, частью сформированной в палеозое (в восточной части), но главным образом в конце мезозоя и в третичное время. В Южной Америке находится обширная докембрийская бразильская платформа, котоохватывается с юго-запада юго-востока палеозойскими складками, 10 а вдоль ее западной окраины тянется

мощная цепь Анд, относящаяся, как и Кордильеры Северной Америки, к альпийской складчатой эоне.

Африка представляет вместе с Аравией гигантскую древнюю континентальную глыбу, в которой различают эфиопско-аравийскую докембрийскую платформу (Карру) и западноафриканскую докембрийскую платформу. Между последней и эфиопской платформами протягивается зона каледонских складок, так называемая Сахарид; в области Конго предполагается также существование палеозойской складчатой зоны. С юга к этому массиву причленены Капиды (Капские горы) палеозойского возраста, на северо-западе марокканская Мезета, относящаяся к варисцийской системе, и Атлас, входящийся в состав альпийской зоны.

Австралия в основном представляет древнюю платформу, к которой с востока причленены горы палеозойского возраста (Австралийские Альпы), и уже в пределах Тихого океана лежит Новая Зеландия, сформировавшаяся в более юное альпийское время.

Ограничившись чрезвычайно ЭТИМ кратким обзором структурных элементов земного лика, мы можем рассмотреть с геологической точки эрения расположение обсерваторий, участвовавших в долготных работах 1926 и 1933 гг. (фиг. 2). Начнем это рассмотрение с обсерваторий Америки. В Северной Америке значительное количество обсерваторий, участвовавших в работах 1926 г., располагается в Кордильерах. т. е. зоне альпийской складчатости. Сюда принадлежат Ванкувер, Гамильтон, Котима, Сан-Диего. На них могут быть при дальнейших определениях обнаружены горизонтальные смещения, связанные с продолжающимися горообразовательными процессами. Что касается проверки гипотезы эпейрофореза, то к данным этих станций необходимо относиться весьма осторожно, так как здесь могут наблюдаться изменения долгот, независимые от перемещения массива всей Северной Америки в целом и ограниченные орогенической зоной Кордильер. Ий остальных обсерваторий три — Вашингтон, Такубайя и Закатенас — расположены в палеозойской тек-



Фиг. 2. Распределение наблюдательных пунктов во время долготных определений 1926 и 1933 гг.

тонической зоне, и только Оттава лежит в области древней докембрийской каналской платформы. К ним в 1933 г. присоединился Карнак (Гренландия), расположенный на канадской платформе. Изменение долгот этих станций по отношению к европейским, африканским и другим можно будет рассматривать уже как аргумент в пользу смещения цоколя всего Североамериканского континента.

Исходя из гипотезы Вегенера, можно допустить в последнем случае возможность даже большего относительного смещения долгот этих станций к западу, чем станций, лежащих в области Кордильер, так как последние находятся во фронтальной зоне континента по отношению к предполагаемому направлению движения, испытывающей тормозящее сопротивление со стороны жесткого дна Тихого океана. Для анализа деформаций, испытываемых Северной Америкой, было бы чрезвычайно важно иметь еще две-три станции в районе восточной границы Скалистых гор, напр. на широте Вашингтона или Гамильтона, и несколько севернее. Относительные изменения долгот этих станций и тихоокеанских, с одной стороны, и антлантиче-

ских — с другой, могли бы пролить свет на характер горизонтальных движений как в юной складчатой зоне, так и области древней жесткой глыбы, Весьма желательно также иметь станции в Центральной Америке и на Антиллах.

В Южной Америке обсерватория Боготы лежит в поясе южных альпийских складок, Рио-де-Жанейро в области палеозойских складок, где лежат также две станции, которые приняли участие в 1933 г. — Буэнос-Айрес и Монтевидео. На окраине древней платформы и Кордильер лежит Кордоба. К этим станциям можно приложить те же соображения, которые были развиты относительно обсерваторий Северной Америки. Здесь желательно иметь станции, расположенные на более южных широтах, а также на территории бразильской докембрийской платформы.

Евразии расположение станций является весьма неравномерным и далеко не обеспечивает данных, которые могли бы представить интерес с точки изложенных выше проблем. Обсерватории сосредоточены здесь в двух районах: на западе — в Европе и на 11 юго-востоке — в Индии, Индо-Китае, Китае, Японии, Филиппинах и Зондском архипелаге. На всем остальном огромном пространстве Азии наблюдения производились только в четырех пунктах. Если вэять станции, принявшие участие в долготных работах 1926 г., то в Европе в области древней устойчивой русской платформы располагаются только две станции — Копенгаген и Осло. станции лежат на крайнем участке платформы, носящем название кристаллического балтийского щита, причем обе названные обсерватории находятся в пограничной зоне щита и древних палеозойских (каледонских) складок, примыкающих к нему с запада. Ряд станций лежит в области палеозойских складок. К ним принадлежат обсерватории Эдинбурга (каледонская зона), Гринича (граница каледонской и варисцийской зоны), Брюсселя, Парижа, Страсбурга и Мадрида (варисцийская зона). Наконец, несколько обсерваторий располагается в альпийской зоне — Невшатель, Флоренция, Милан, Белград и Афины, в области русской платформы — Пулково и К этим обсерваториям Ленинград. в 1933 г. присоединились в области докембрийской русской платформы Стокгольм, Рига, Москва (две станции), Харьков, Николаев, Таллин, Варшава, палеозойской зоне — Гейдельберг, Гамбург, Потедам, Познань, Гдыня, Льеж, Коимбра, Бухарест, в варисцийской зоне — Прага, Бордо и Тулуза и в альпийской зоне — Гренада, Турин, Цюрих, Безансон, Рим, Неаполь, Генуя, Падуя, София и Вена.

Таким образом из 44 обсерваторий Европы, принявших участие в долготных определениях 1933 г., лишь 12 расположены на русской платформе, 17 лежат в области, сформировавшейся в палеозое, и 15 находятся в альпийской

Обращаясь к обсерваториям аменийской зоны Европы, мы должны отметить одно существенное отличие района их расположения от района соответствующих обсерваторий Северной и Южной Америки. Складки альпийской зоны, вытянувшиеся вдоль западного побережья Сев. и Южн. Америки, имеют 12 в общем меридиональное простирание, вследствие чего горообразовательные движения в них ориентированы в широтном направлении. Это обстоятельство позволяет рассчитывать на возможность обнаружения эдесь некоторых изменений долгот, связанных с горообразовательными процессами. В Европе же альпийская зона в целом имеет широтное простирание, в связи с чем горообразовательные движения были направлены преимущественно (но не исключительно) меридионально, и мы имеем сравнительно мало шансов обнаружить в этой зоне незначительную по величине широтную составляющую этих движений, которая, по всей вероятности, лежит в пределах ошибок определений. Все же отдельные участки альпийской горной зоны очень неравноценны между собой в этом отношении. Дело в том, что она обнаруживает чрезвычайно резкие изгибы, напр. в западных Альпах, Карпатах, Балканах и в других хребтах, благодаря чему некоторые участки хребтов ориентированы меридионально или почти меридионально, а местами целые крупные горные цепи — Апеннины, Динарские Альпы вытянуты в юговосточном направлении. В этих участках можно надеяться обнаружить более значительные изменения долгот, так как направление основных тектонических движений эдесь широтное или близкое к широтному. Для станций, лежащих за пределами альпийской зоны, возможно ожидать изменения долгот, которые можно будет отнести на долю эпейрофореза. Следует, однако, иметь в виду, что в области глыбовой тектоники варисцид не исключена возможность местных дифференциальных движений отдельных участков земной коры под влиянием напряжений импульсов, возникающих в связи с движениями в альпийской зоне. На вероятность этого указывают сильные горизонтальные перемещения (сдвиги), констатированные в варисцийской зоне Средней Европы Клоосом, а также и сейсмичность данной области. Кроме того, необходимо упомянуть, что здесь, именно в районе Шварцвальда, были очень недавно обнаружены Вильзером (Wilser) современные, правда, чрезвычайно слабые перемещения отдельных участков по сбросовым линиям.

зоне.

Наиболее надежными для решения проблемы эпейрофореза следует признать данные обсерваторий на русской платформе, изменения долгот которых относительно североамериканских обсерваторий, если они будут обнаружены, можно будет рассматривать как весьма важный аргумент в пользу этой гипотезы.

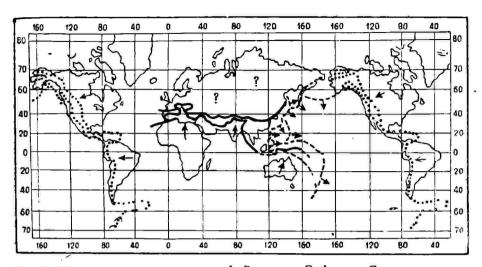
Азиатские обсерватории расположены частью на глыбе Индостана — Дера-Дун и Коломбо — участвовавшие в работах 1926г., и Мадрас и Кодайканал, примкнувшие в 1933 г., затем на китайской древней глыбе — Цзынь-тао, Шанхай, Гонконг, Сайгон и др., и, наконец, в подвижной альпийской зоне, отличающейся исключительно сильной сейсмичностью и интенсивным вулканизмом в данном районе — Бангкок (Индокитай), Лембанг (Ява), Манилла и Токио.

В области тектонически юных островных гирлянд и западного Индо-Китая мы вправе ожидать наиболее значительных изменений географических координат, так как в ней еще продолжается деятельность горообразовательных сил с относительно большой напряженностью. Вероятные направления движений в разных пунктах различны в связи с причудливой гирляндообразной изоотдельных тектонических гнутостью зон, благодаря чему шансы обнаружить изменения долготы в отдельных пунктах неодинаковы. Повидимому, больше вероятий открыть их в Бангкоке и в Токио, где направления складок близки к меридиональному, напр., в Лембанге, где они ориентированы широтно. Что касается движений китайской и индостанской глыб, то можно допустить, что они до некоторой степени могут оказаться самостоятельными и независимыми, так как они разделены между собой сравнительно пластичной зоной складок Индо-Китая. Но, может быть, эти дифференциальные движения будут отмечены на фоне обперемещения всей гигантской глыбы Евразии. Относительно движения и характера деформаций всего евразиатского континента в целом судить на основании определений обсерваторий, включенных в программу работ 1933 г., нам представляется все же невозможным, так как большая часть его поверхности остается лишенной пунктов наблюдений. Совершенно необходимо было бы целый ряд станций разместить на востоке русской равнины, в Западной и Восточной Сибири и Дальневосточном крае, примерно, скажем, в Казани, Новосибирске или Томске, Красноярске, Благовещенске и Владивостоке. Если в программу исследования будут включены и широтные определения, то чрезвычайно важно будет поставить еще ряд станций в более южной полосе — в Крыму (Симферополь), на Кавказе (Владикавказ, Тифлис, Баку, Новороссийск) и в средней Азии (Ашхабад и др.).

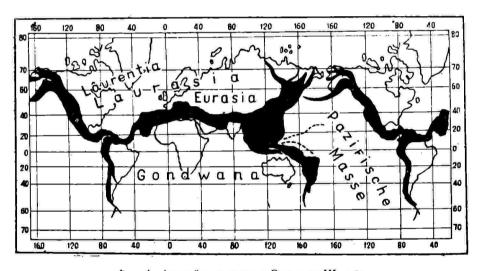
В Африке с Аравией и Мадагаскаром находится всего 10 станций, из них Магадисцио, Дакар и Лоренцо-Маркез располагаются на платформенных частях континента, Гельван (Суэц) и Ксара в области глыбовых гор Сирии и замечательной зоны разрыва -- Сирийского грабена; одна на юге в Капских горах палеозойского возраста (Капштадт), две на Мадагаскаре (Носси Бэ и Тананарив) и одна в Атласе, т. е. в зоне альпийской складчатости — в Алжире. Расположение этих станций, принимая во внимание монолитность африканского континента, вполне отвечает поставленной цели, но было бы весьма желательно поместить одну станцию на юге Аравии, где можно ожидать некоторого отодвигания ее от Африки, предполагаемого очень многими геологами.

В Австралии на докембрийской платформе имеем одну станцию — Аделаида, в области палеозойской складчатости две: Мельбурн и Сидней. Сюда же можно отнести новозеландскую станцию Веллингтон — в области альпийской складчатости. Наконец, исключительное положение занимает тихоокеанская станция Гавайских островах — Гонолулу, единственная из всех, связанных с областью океанического дна. Ее перемещения относительно американских, азиатских и австралийских обсерваторий представляют глубокий геологический интерес.

Было бы слишком смело пытаться утверждать, что предпринимаемые астрономо-геодезические исследования дадут в ближайшие же годы такие результаты, которые смогут помочь разрешению об-



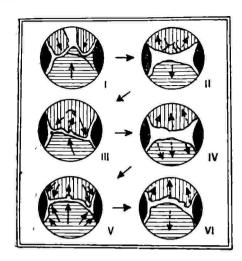
Фиг. 3. Юные горные цепи земли по А. Вегенеру и Э. Аргану. Сплошные черные линии — средиземноморская система гор. Прерванные линии — система гор и островов, связанная с движением Евразии к западу. Пунктир — система гор, связанная с движением Сев. и Южн. Америки.



Фиг. 4. Альпийская система Земли по Штаубу.

суждаемых геологических проблем. Весьма возможно, что изменения долгот, если они существуют, за короткий промежуток времени окажутся настолько малы, что будут лежать в пределах неустранимых ошибок определений. Все же, если допустить, что этими работами будут действительно обнаружены какието весьма малые, но совершенно несомненные изменения географических координат отдельных точек земной поверх-14 ности (может быть при повторных оп-

ределениях за сравнительно большой период времени), то геологическия интерпретация этих перемещений окажется совершенно необходимой. Однако при современном состоянии наших знаний она будет нелегка, и дальнейшая разработка вопроса несомненно потребует значительного расширения количе тва пунктов наблюдений и рационального их размещения в зависимости от геологической структуры различных районов и от направленыя их перемещений.

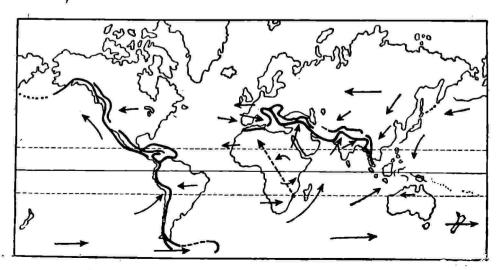


Фиг. 5. Движения континентальных глыб и циклы горообразования от кембрия до настоящего времени: І. Каледонская эпоха горообразования. И. Послекаледонское раздвигание континентов и образование геоцинских (варисцийских) геосинклиналей. III. Герцинская эпоха горообразования. IV. Послегерцинское раздвигание конгинентов и образование альпийских геосинклиналей. V. Альпийская эпоха горообразования. VI. Раздвигание кон иненгов и образование геосинклиналей современной эпохи. Поперечная шгрижовка — северные континенты (Лавразия). Продольная штриховка — южные континенты (Гондвана). Черное — жесткая глыба Тихого океана. Белое — геосинклинали. Жирные линии — складчагые горы. Стрелки — направления движений.

Прогноз относительно возможных направлений перемещений является сейчас сравнительно более обоснованным для районов юных тектонических движений; что касается возможных смещений целых континентов или их отдельных частей, то пока в этом отношении мы можем опираться на чисто гипотетические построения отдельных авторов, во многом сильно разнящиеся между собой.

Аля примера рассмотрим схемы этих относительных перемещений, даваемых А. Вегенером, Р. Штаубом и Гавеманном. В схеме Вегенера Северная и Южная Америка движутся с относительно наибольшей скоростью на запад. Евразия и Африка, перемещаясь к западу с несколько меньшей скоростью, отстают от Америки и в то же время двигаются друг к другу навстречу от полюсов к экватору. Индостан имеет основное движение с юга на север; Австралия смещается на с-веро-северо-восток. Гирлянды островов, окаймляющие Азию и Австралию с востока, имеют относительно меньшую скорость движения на запад, чем эти континенты, и отстают, отрываясь от них к востоку.

По Штаубу основное движение континентов направлено, в общем, меридионально, причем знак движения периодически изменяется: они движутся к экватору от полюсов до столкновения



Фиг. 6. Скема движений материков. Направления движений ука: аны стрелками (по Гавеману).

между собой южных и северных континентов, вследствие чего происходит образование пояса гор, и затем раздвигаются вновь от экватора к полюсам. Пути отдельных континентов несколько различны, так же как и их скорости. На ряду с прямолинейными путями Штауб допускает и вращательные движения и некоторые деформации самих континентальных глыб. В современную впоху он предполагает раздвигание континентов к полюсам.

В схеме Гавеманна движения отдельных глыб еще более сложны. Северная и Южная Америка движутся на запад, только Патагония, Огненная Земля и Южные Антиллы отодвигаются к востоку. Африка в основном испытывает вращательное движение против часовой стрелки. Евразия сдвигается на запад, но в области Средиземного моря ясно выражено движение к востоку. Индостан движется на северо-восток, китайская глыба смещается к юго-западу. Австралия направляется на запад, а Новая Зеландия прямо на восток. В области Тихого океана предполагается вращательное движение против часовой стрелки.

Достаточно сравнить эти три схемы, чтобы убедиться, насколько разноречивы и мало разработаны предположения о важнейших направлениях относительных перемещений континентов и насколько труден прогноз в отношении результатов будущих долготных определений.

Заканчивая настоящую статью, авторам хотелось бы высказать еще следующие пожелания и соображения.

- 1. По мнению авторов, является весьма важным привлечь геологов к обсуждебудущих международных долготных определений и к разработке вопросов, связанных с этими работами. Желательно было бы включить обсуждение этого вопроса в план работ предстоящего геологического в 1937 г.
- 2. В виду важности тек перспектив, которые раскрывает перед геологией это совершенно новое начинание, обещающее новый путь исследования тектонических проблем, желательно уста-16 новить более близкую деловую связь

по этому вопросу между астрономическими и геологическими организациями.

- 3. Было бы желательно дать освещение геологических условий всех астрономических обсерваторий, принимающих участие в долготных работах. Описание геологического строения района каждой обсерватории должно быть дано на фоне региональной тектоники. Это может быть выполнено геологическими организациями отдельных стран и затем издано в виде сборника международной ооганизации.
- 4. Было бы желательно долготные определения связать с систематическими определениями широт в ряде избранных пунктов.

Литерат'ура-

- 1. M. Schmidt. Sitz, Ber. d. Bayer. Akad. d. Wiss. 1915 n 1920. Math. phys. Klasse.
- Mellard-Reade. The origin of mountain ranges considered experimentally, structurally, dynamically and in relation to their geological history. London, 1881.
- Secular cooling of the earth in relation to Mountain Building, Philosophical Magasin. V. XXIV, 1887, v. XXV, 1888. Geol. Mag. V. III,
- C. Ampferer. Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. I. K. K. K. Wien, 56, 1906.
- Geometrische Erwägungen über den Bau der Alpen. Mitteil. d. Geol. Ges. in Wien, 1919.
- R. Schwinner. Vulkanismus und Gebirgs-bildung Zeitschr. f. Vulkanologie, 1915.
- 5. F. Kossmat. Die mediterranen Kettengebirge. Abhandl. d. Sächs. Akad. d. Wiss. B. XXXVIII, 1921.
- 6. K. Andrée. Über die Bedingungen der Gebirgsbildung, 1914.
- 7. E. Haarmann. Die Oscillationstheorie. Stuttgart, 1930.
- 8. Reyer. Theoretische Geologie.
- 9. D. Kreichhauer. Die Aequatorfrage in der Geologie. 2. umgearb. Auflage, 1925.
- 10. A. Böhm. Edler von Bömersheim. Abplattung und Gebirgsbildung, 1910.
- 11. J. Joly. The surface history of the Earth, 1925.
- 12. A. Holmes. Radioaktivität und Geologie, 1930.
- 13. F. Sacco. Essai sur l'orogénie de la Terre. Turin, 1895.
- Les lois fondamentales de l'orogénie de la Terre. Turin, 1906.
- 14. A. Wegener. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 4. Aufl. Braunschweig, 1929.
- Argand. La tectonique de l'Asie. Congrès. Géologique Intern. Comptes rendus de la XIII Session. I fasc. Liège, 1924.

- 16. R. Staub. Der Mechanismus der Gebirgsbildung. Berlin, 1928.
- 17. Havemann. Neues Erklärungsmoment zum Mechanismus der Kontinentalverschiebungen. Die Naturwiss. 1929, H. 38.
- 18. F. B. Taylor. Bearing of the tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan. Bull. Geol. Soc. Amer. V. 21 (2), 1910.
- 19. Б. Л. Личков. Движение материков и климата прошлого Земли. Изд. Акад. Наук СССР, 1931.
- 20. Е. В. Милановский. Проблема Земли. Научное слово № 78, 1930.
- 21. Н. И. Днепровский. О современных методах определений долгот. Мироведение № 2, 1931 г.
- 22. E. Chandon. L'operation mondiale des longitudes de 1933. Annales françaises de Chronométrie, 1-er trimestre, 1934.
- 23. Annales de l'observatoire de ZO-SÈ (Chine) t. XX, Chang-Hai, 1934.

ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Акал. А. Е. ФЕРСМАН

Очерк 1. ЭНЕРГИЯ ИОНА

1. ВВЕДЕНИЕ

Последние три года моя научная работа сосредоточивалась на анализе энергетики природных процессов; меня не удовлетворяла ни электростатика современной кристаллохимии, ни формальный геохимический анализ рассеяния и концентрации элементов, ни формулировка новых эмпирических законов первичных количеств элементов — их кларков в разных условиях природы, ни законов распределения, сочетания и миграции атомов. Мне думалось, что геометрию современной кристаллохимии, несмотря на ее замечательные успехи, следует заменить новым анализом — энергетическим, и дополнительно к радиусам ионов и объемам с их аддитивностью ввести энергетические величины. Ведь гениальное при-Гольдшмидтом менение радиусов ионов перевернуло всю нашу химическую мысль, и сложение несжимаемых шариков разной величины, по разным геометрическим законам, определило новое, более глубокое, понимание современной химии. Но когда Борн, I Іаулинг и другие теоретические физики попытались эти чисто пространственные представления о каких-то эффективных объемах заменить рядом уравнений волновой, квантовой механики, сделалось ясным, что наши шаровые представления

об атомах, ионах, молекулах есть только "модель" геометрического характера, очень удачно и очень удобно выражающая сложные энергетические соотношения, устанавливаемые электрическими полями разного знака, разного потенциала и величины, разных атомов и ионов, электронов и т. д. Казалось, что выдвинутая еще в 1918 г. Максом Борном идея энергии решетки нас приближает к новому этапу кристаллохимии, сближая ее с термохимией химического процесса, давая количественное толкование старым химическим понятиям валентности, сродства атомов и ионов друг к другу . . .; но наука не пошла по этому пути, так как ей надо было закрепить за собой позиции и собрать возможно больше фактического материала — расстояний, радиусов, объемов; точность рентгеновских измерений расстояний подкупала своей простотой и аддитивностью.

Между тем было совершенно ясно, что только путь энергетики откроет новые широкие перспективы геохимических исследований, и потому, несмотря на его физические и механические трудности, я попытался хотя бы в первом грубом приближении решить эту задачу и подойти с новым масштабом к старым фактам и явлениям, дав этим новое освещение природных процессов. 17