

Полное наименование

ИЮЛ 1939

ПРОВЕРЕНО  
1951 г.

ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ.

Шифр 549.77  
Р 85  
Июль 1939

# РУКОВОДСТВО

к измерению радиоактивности горных пород

и

водных источников.

ОХ. № 1945  
" " " 1945 г.  
Отдел

БИБЛИОТЕКА  
34622

ПРОВЕРЕНО  
1951

Ленинград  
1927

---

Напечатано по распоряжению Главной Геофизической Обсерватории.  
Директор *Б. В. Нумеров.*

---

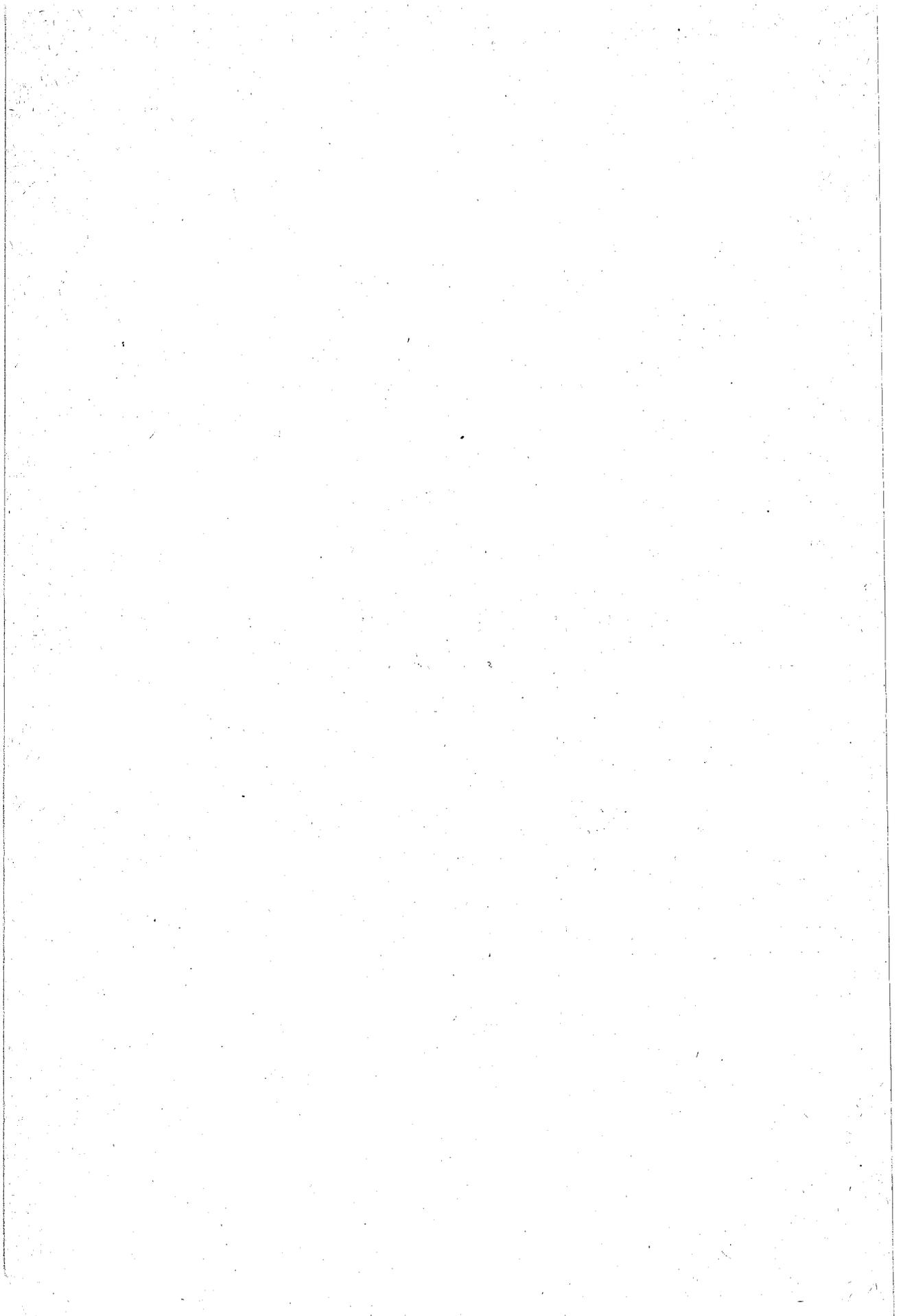
Типография Главной Геофизической Обсерватории. Ленинград, В. О. 23 л., д. 2.  
Ленинградский Гублит № 33659. 27-1. А. 305 (Г.Г.О). Тираж 1000 экз.

Цель настоящего „Руководства“ содействовать распространению систематических наблюдений над явлениями радиоактивности в естественных условиях. Это должно дать возможность накопить материал, который позволит: 1) установить место и значение этих наблюдений в круге задач Главной Геофизической Обсерватории и ее учреждений в разных частях страны; 2) выяснить связь явлений радиоактивности, наблюдаемых в естественных условиях в различных климатических зонах и при различном состоянии атмосферы, с другими геофизическими явлениями, систематически изучаемыми Обсерваторией и ее учреждениями, и 3) получить выводы, важные для общих задач геофизики и ее применений.

„Руководство“ в настоящем его виде занимается рассмотрением способов измерения радиоактивности, главным образом, горных пород и водных источников. В следующем выпуске имеется в виду дать, между прочим, более детальное изложение методов определения содержания в воздухе эманации тория и радия.

Особые требования, предъявляемые в отношении наблюдений и измерений радиоактивности в естественных условиях, производимых притом не одними только специалистами, выдвигают на первое место вопрос о соответствующем типе приборов и о соответствующем изложении основ методики измерений. В предлагаемом „Руководстве“, составленном сотрудником научно-исследовательского отдела Главной Геофизической Обсерватории А. Б. Вериго, требования эти по мере возможности были приняты во внимание. Поскольку это было необходимо в интересах проработки „Руководства“ применительно к указанным выше целям, автору была оказана необходимая помощь со стороны других научных сотрудников Обсерватории.

Директор Главной Геофизической Обсерватории *Б. Нумеров.*



## П р е д и с л о в и е .

Территория СССР с ее огромными минеральными богатствами представляет широкое поле для исследовательской работы, как в отношении розыска радиоактивных минералов и мест их скопления, так и в отношении изучения радиоактивных явлений, происходящих в различных частях нашего государства. Широкое исследование радиоактивных явлений, кроме его чисто научного значения, представляет большой практический интерес, как в смысле обнаружения новых месторождений радиоактивных минералов, служащих исходным продуктом для получения радия и других радиоактивных веществ, так и в отношении нахождения мест, обладающих радиоактивными источниками и с богатым содержанием эманации в воздухе, что представляет интерес для бальнеологии. До сего времени систематического исследования радиоактивных явлений в России не производилось, как вследствие весьма малого числа исследователей, работающих в этой области, так и вследствие отсутствия центральной организации, руководящей этой работой, требующей налаженного производства измерительной аппаратуры и наличия на русском языке руководств—инструкций по измерению радиоактивности. Государственный Радиевый Институт при Академии Наук в Ленинграде наладил в своем производственном отделе изготовление ряда приборов для радиоактивных измерений. Что касается литературы на русском языке, предназначенной для инструктирования исследователей при производстве измерений радиоактивности, то в этом отношении имеется значительный пробел, частично заполнить который и является задачей настоящего „Руководства“. В то время, как некоторые радиоактивные измерения могут быть проделаны при помощи сравнительно простой аппаратуры и путем не очень сложных физических манипуляций, другие радиоактивные измерения требуют весьма сложной аппаратуры и большого экспериментального навыка и умения. В настоящей инструкции имелось ввиду дать руководящие указания для постановки и производства наиболее несложных измерений, доступных начинающему работать в этой области исследователю. Описание более сложных измерений предполагается дать в следующей книжке, которая явится дополнением к настоящему

„Руководству“. Предпринимая впервые издание инструкции, которая должна содействовать распространению радиоактивных наблюдений в интересах науки и практики, и учитывая особенности, которым должно удовлетворять наставление, предназначенное для целей наблюдений сравнительно массового характера, мы старались изложить ее так, чтобы она могла быть усвоена и использована для работы и не-специалистами. Это особенно важно для лиц, живущих далеко от научных центров. Читателям не-специалистам мы рекомендовали бы познакомиться хотя бы с имеющимися на русском языке доступными изданиями по радиоактивности, как например: Кюри: „Радиоактивность“, том I, перевод М. Пирожкова, изд. 1912 г.; Содди: „Радий и его разгадка“, перевод Е. А. Толмачевой под ред. В. Г. Хлопина, изд. 1925 г. и Людевига „Радиоактивность“, перевод Бородулина под ред. Л. В. Мысовского, 1926 г. Сделаем еще несколько замечаний относительно отдельных частей „Руководства“. В введении в самой сжатой форме даны некоторые сведения о физической природе радиоактивных явлений. В главе I дано описание  $\alpha$ -электроскопа для измерения радиоактивности минералов и горных пород в твердом виде. В главе III описано измерение минералов по  $\gamma$ -лучам. Применение эманационного метода для измерения содержания радия в горных породах кратко описано в главе IV; более подробное описание этого метода будет приведено в следующей книжке. В отношении определения радиоактивности водных источников дано описание употребляемого для этой цели эманационного электроскопа и фонтактометра с объяснением применения жидких эталонов. Определение радиоактивности воздуха описано постольку, поскольку для этого можно пользоваться эманационным электроскопом и фонтактометром. Способ определения содержания в воздухе эманации радия и тория при помощи активирования отрицательно заряженной проволоки будет рассмотрен более подробно в следующей книжке, где имеется ввиду описать также методы измерения содержания тория в горных породах и минералах. В приложенных примерах определения радиоактивности горной породы и воды источника дается образец записи результатов измерений и их обработки.

А. Вериго.

Ленинград.

1-го февраля 1927 г.

---

## В в е д е н и е.

Основным свойством радиоактивных явлений является самопроизвольное испускание радиоактивными веществами тройкого рода лучей,—альфа-лучей, бета-лучей и гамма-лучей.

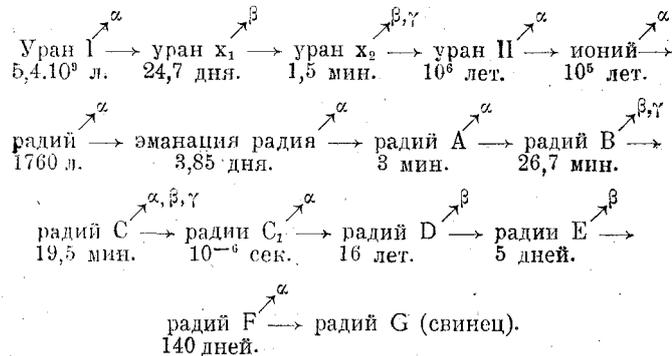
Альфа-лучи представляют собою атомы гелия (правильнее ядра атомов гелия)—так называемые альфа-частицы, вылетающие из недр атома радиоактивного вещества с большой скоростью—до 20.000 километров в секунду.

Бета-лучи представляют собою электроны или так называемые бета-частички, вылетающие из атомов радиоактивного вещества со скоростью близкой к скорости света (300.000 километров в секунду). Гамма-лучи представляют собою лучи, аналогичные рентгеновским лучам, но обладающие более короткой длиной волны. Проникающая способность у всех этих лучей различна; в то время, как альфа-лучи ( $\alpha$ -лучи) поглощаются почти нацело слоем бумаги, бета-лучи могут проникать через тонкие металлические пластинки, а гамма-лучи проникают через толщу свинца во много сантиметров. Сравнивая энергию, которую несут в себе эти лучи, мы находим, что из всех трех видов лучей наибольшей энергией обладают  $\alpha$ -лучи (альфа-лучи): их энергия равна приблизительно 90% всей излучаемой радием (с продуктами распада) энергии. Поэтому легче всего обнаружить радиоактивные свойства по  $\alpha$ -лучам. В результате излучения указанных лучей из ядра атома радиоактивного вещества внутри атома происходят перестройки, вследствие чего меняются его физические и химические свойства. При вылете из атома  $\alpha$ -частички атомный вес атома уменьшается на 4 единицы; в химическом отношении он становится атомом другого элемента. Таким образом радиоактивный распад ведет к переходу одного элемента в другой. Обыкновенно образовавшиеся из атомов радиоактивного вещества новые элементы тоже радиоактивны и последовательно переходят в еще новые радиоактивные элементы, образуя

## VIII

радиоактивные ряды, последний член которых уже не радиоактивен. Процесс радиоактивного распада происходит с различной скоростью у различных радиоактивных веществ. Так, радий разрушается на половину в течение около 2.000 лет; получающийся в результате распада радия радиоактивный газ — эманация радия обладает гораздо большей скоростью распада, разрушаясь на половину в течение четырех дней. Уран обладает очень медленным распадом, половина его разрушится приблизительно в 5.400.000.000 лет. Каждый из атомов радиоактивного вещества только один раз выбрасывает  $\alpha$ -частичку или  $\beta$  частичку, после чего он становится атомом уже другого радиоактивного вещества. Таким образом излучение носит характер взрыва. Неизлучавший атом, вдруг выбрасывает  $\alpha$  или  $\beta$ -частичку и затем опять остается неизлучающим. Таким образом излучение  $\alpha$ -лучей и  $\beta$ -лучей не есть непрерывное излучение. Только вследствие того, что нам приходится иметь дело с громадным скоплением атомов в исследуемых веществах, из которых то один, то другой излучают  $\alpha$  лучи и  $\beta$  лучи, у нас создается иллюзия непрерывного излучения.

Из сказанного ясно, что в природных условиях в минералах и горных породах мы должны встречать одновременно целое семейство — ряд радиоактивных веществ, из которых одни все время образуются из других, и основным источником которых является их общий прародитель. Мы приведем для примера ряд урана. Буквами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  обозначены те лучи, которые излучаются каждым из членов ряда, а цифрами обозначено время, в течение которого данное вещество способно разрушаться на половину; горизонтальные стрелки указывают на переход одного элемента в другой.



Обращая внимание на какое-нибудь радиоактивное вещество указанного ряда, например на эманацию радия, мы видим, что с одной стороны она все время образуется из радия, а с другой стороны она разрушается переходя в радий-А. Если бы мы искусственно отделили всю имевшуюся около радия эманацию, то с течением времени вновь образующаяся эманация достигла бы такого количества, при котором ее прирост от распада

радия равнялся бы ее разрушению и тогда количество эманации, окружающей радий (мы считаем, что она не имеет возможности улечься) будет постоянным, т. к. сколько ее появляется, столько же и разрушается, такое состояние называется радиоактивным равновесием между радием и эманацией, оно достигается в течение времени около месяца. Радиоактивное равновесие между ураном и радием достигается в течение многих тысяч лет. В древних минералах и горных породах мы обыкновенно наблюдаем состояние радиоактивного равновесия между радием и ураном. Если же это состояние равновесия еще не достигнуто, то мы, измеряя отношение количеств присутствовавших в минерале урана и радия, можем вычислить возраст минерала. В состоянии радиоактивного равновесия каждому килограмму урана сопутствует 0,333 миллиграмма радия; отсюда, в случае радиоактивного равновесия не трудно определить по содержанию урана содержание радия. Радиоактивные вещества чрезвычайно распространены в природе, но обыкновенно они находятся в столь ничтожных количествах, что их определение химическим способом невозможно. Для определения столь малых количеств радиоактивных веществ употребляются особые физические методы, практическое применение которых и описано в этом руководстве<sup>1)</sup>.

Радиоактивные измерения основаны на свойстве лучей радиоактивных веществ ионизовать воздух. В обычных условиях воздух представляет собою непроводник электричества; в ионизованном состоянии воздух оказывается проводником, и тем лучшим, чем сильнее ионизован. В ионизованном воздухе часть его молекул расщеплена на заряженные электричеством части, которые своим движением и осуществляют перенос электричества через массу ионизованного воздуха. Наиболее сильным ионизирующим действием обладают  $\alpha$ -лучи, вследствие большого количества кинетической их энергии и вследствие их большой поглощаемости, что ведет к тому, что вся энергия  $\alpha$ -частиц расходуется на ионизацию воздуха на протяжении нескольких сантиметров их пути через воздух.

---

<sup>1)</sup> Кроме элементов, принадлежащих к ряду урана, оказываются радиоактивными еще следующие элементы: торий с продуктами его распада, актиний с продуктами его распада, калий и рубидий.

Торий является прародителем ряда радиоактивных элементов, появляющихся в результате радиоактивного распада тория. Ряд актиния, повидимому, является ответвлением от ряда урана. Подобно урану, торий и актиний имеют широкое распространение в минералах и горных породах. Однако методы их определения и измерения их содержания оказываются весьма сложными. В настоящем руководстве, имеющем целью дать понятие о простейших измерениях по радиоактивности, эти методы не приводятся. В будущем имеется в виду напечатать специальное руководство по определению содержания тория в минералах. Калий и рубидий обладают весьма слабой активностью, излучая мягкие  $\beta$ -лучи.

## X.

Наиболее простым и распространенным прибором при радиевых измерениях является электроскоп, приспособленный для этой цели. При приближении к заряженному электроскопу радиоактивного вещества, электроскоп начинает терять свой заряд через ионизованный воздух; быстрота потери заряда электроскопа и служит мерой радиоактивности исследуемого вещества. Все употребляющиеся для этой цели электроскопы построены на этом принципе и отличаются друг от друга конструктивными деталями, применительно к специальным целям. В нижеследующем описании имеется в виду электроскоп конструкции Государственного Радиового Института (разработанной А. Б. Вериги), получивший распространение в СССР.



# Руководство к измерению радиоактивности горных пород и водных источников.

## I. Подготовка электроскопа к измерениям.

1. Описание  $\alpha$ -электроскопа. Для измерения радиоактивности твердых веществ по альфа-лучам употребляется альфа-электроскоп. Он представляет собой прибор, состоящий из двух частей—ионизационной камеры и самого электроскопа. У большинства конструкций (в том числе и в кон-

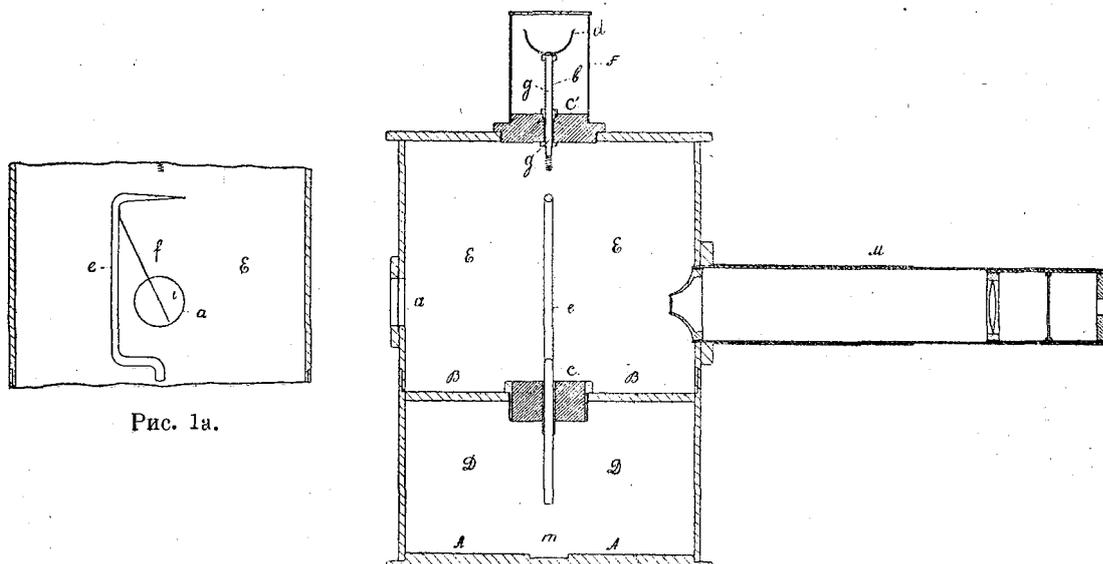


Рис. 1а.

Рис. 1.

струкции Государственного Радиового Института, разработанной А. Б. Верриго) ионизационная камера расположена в нижней части прибора, а электроскоп расположен над ней (см. рис. 1).

Корпус электроскопа представляет собою металлический цилиндр (диаметром около 10 см.), разделенный горизонтальной перегородкой *B* на две части. В верхней части помещается электроскоп *E*, а в нижней ионизационная камера *D*. Колонка электроскопа *e*, проходит через изолятор *C* (янтарный или серный), установленный в перегородке *B* между ионизационной камерой и верхней частью электроскопа. Нижний конец колонки

входит в ионизационную камеру. К колонке прикреплен лепесток  $f$  (см. рис. 1а), к концу которого приклеена кварцевая нить  $l$ . С одной стороны корпуса электроскопа имеется трубка, в канале которой помещается микроскоп  $M$ , а с противоположной стороны устроено круглое оконце  $a$ , прикрытое слюдой для освещения поля зрения. Колонка так ориентируется относительно микроскопа, чтобы оптическая ось была перпендикулярна плоскости движения лепестка. Фокусирование нити достигается передвижением микроскопа вдоль канала, в котором он помещен. Сверху корпуса электроскопа помещается зарядник  $g$  на эбонитовом изоляторе  $C'$ , прикрытый латунным колпачком  $F$ , который при зарядке электроскопа снимается с зарядника. Штифт зарядника имеет в верхнем конце вилкообразное разветвление  $d$ , под которым помещается пружина  $b$ , оттягивающая штифт кверху. При нажатии на вилку зарядника штифт его, опустившись, касается колонки электроскопа, а при ее освобождении штифт подымается пружиной вверх, и таким образом размыкается контакт зарядника с колонкой.

2. Зарядка электроскопа. Для зарядки электроскопа эбонитовой палочкой  $k$ , потертой о шерстяную ткань, прикасаются к вилке  $d$  зарядника (как это указано на рис. 2), слегка надавливая зарядник и проводя

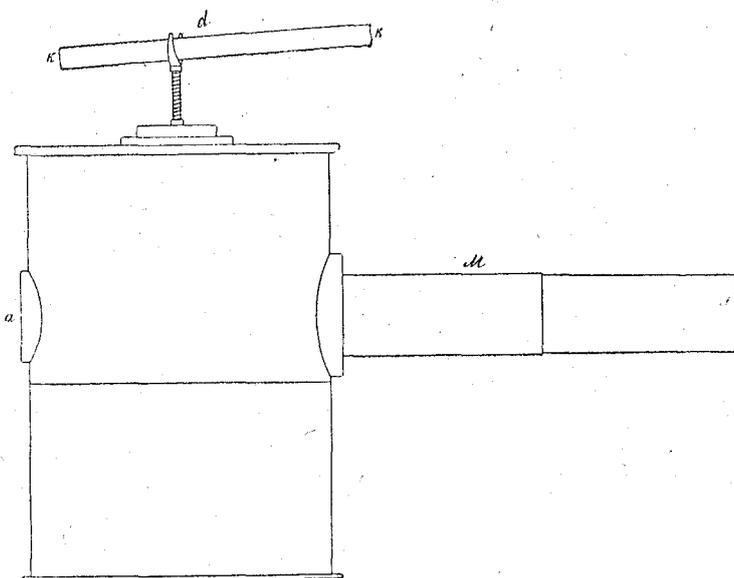


Рис. 2.

палочкой вдоль вилки; при этом зарядник передает заряд с эбонитовой палочки на колонку электроскопа и лепесток электроскопа отклоняется от колонки; электроскоп нужно зарядить настолько, чтобы нить, приклеенная к лепестку, была бы в начале шкалы микроскопа. Зарядка электроскопа требует некоторого навыка и начина-

ющему впервые работать с электроскопом нужно предварительно напрактиковаться. Полезно предварительно вынуть микроскоп и наблюдать за зарядкой через канал для микроскопа, стараясь зарядить электроскоп настолько, чтобы лепесток и нить достигли середины поля зрения и несколько бы отклонились от нее вправо. Когда электроскоп заряжен, эбонитовую палочку быстрым движением поднимают; тогда пружина зарядника разобщает зарядник с колонкой и колонка ока-

зывается теперь изолированной от остальных частей прибора. После этого начинается наблюдение за прибором, которое заключается в том, что мы определяем быстроту медленного спадания лепестка, вследствие естественной потери заряда с колонки электроскопа. Эта потеря заряда зависит от многих причин, во-первых от некоторой электропроводности изолятора, во-вторых, от возможной слабой радиоактивности стенок самого прибора и проникающих лучей, испускаемых поверхностью земли и продуктами распада радиоактивных элементов (радия, тория и актиния), находящихся в воздухе. Потеря заряда колонки через изолятор становится значительной в сыром воздухе, вследствие конденсации пара на поверхности изолятора. Обыкновенно непосредственно сейчас-же после зарядки электроскопа движение лепестка неравномерно, так как заряд с колонки медленно стекает в изолятор и электризует его. Часто непосредственно после зарядки можно наблюдать даже обратное движение лепестка.

**3. Определение величины натурального рассеяния.**

Обыкновенно приходится после зарядки подождать полчаса или более и затем уже определять быстроту движения лепестка при естественном разряде электроскопа, для чего пользуются секундомером или часами (с секундной стрелкой). Наблюдая за нитью электроскопа в микроскоп (увеличение микроскопа 20—30 раз), ожидают того момента, когда нить поравняется с одним из делений шкалы микроскопа и тогда пускают секундомер и записывают деление шкалы, совпавшее с нитью. Дав пройти нити 4—5 делений шкалы (малых делений), останавливают секундомер, когда нить поравняется с соответствующим делением.

Деля число пройденных делений на выраженное в минутах время их прохождения, получают величину естественного спадания электроскопа, которое принято называть натуральным рассеянием. Обычно для электроскопа получается натуральное рассеяние от 0,1 до 0,5 делений в минуту. Если для натурального рассеяния получается значительно большая величина, например несколько делений в минуту, то это означает, что либо вблизи прибора или в нем самом имеется радиоактивное вещество (например, воздух с эманацией), либо изолятор прибора загрязнен. Тогда приходится разобрать прибор, обтереть и обмыть изолятор чистым спиртом и через несколько часов, а еще лучше на следующий день вновь определить натуральное рассеяние. Если чистка изолятора не помогла, то в случае серного изолятора рекомендуется осторожно острым ножиком оскоблить обе его поверхности (верхнюю и нижнюю). Обыкновенно этот способ бывает радикальным. Натуральное рассеяние становится весьма постоянным после того, как прибор несколько часов (а еще лучше дней) постоял в заряженном состоянии, что достигается само собой при частой ежедневной работе. При зарядке электроскопа следует избегать перезарядать его настолько, чтобы нить выходила из поля зрения<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Для нахождения точной величины натурального рассеяния рекомендуется при его определении помещать в ионизационную камеру тот-же диск, на котором будет измеряться проба; на этот диск насыпается заведомо неактивное вещество (например, мелко измельченный песок), толщина слоя которого равна толщине слоя пробы.

## II. Измерение радиоактивности веществ в твердом состоянии по альфа-лучам.

### 1. Подготовка пробы к измерению.

Предназначенная для измерения проба горной породы или минерала измельчается в ступке и просеивается через мелкое сито. Для измерения берется от 1 до 10 грамм породы. Измельченная порошкообразная порода пересыпается в выточку *m* диска *A* (рис. 1) и мягкой кисточкой или перышком равномерно распределяется в ней слоем в  $1-1\frac{1}{2}$  мм. толщиной. Диски с малой выточкой употребляются для сильно активных проб и эталонов, диски же с большими по диаметру выточками употребляются для слабо активных проб и эталонов.

Указанная толщина слоя исследуемой пробы или вещества эталона вполне достаточна; дальнейшее увеличение толщины слоя бесполезно, т. к. при слое даже в доли миллиметра альфа-излучение нижележащих слоев уже полностью поглощается вышележащими слоями. Значительное увеличение толщины слоя ведет к ошибке, могущей достичь нескольких процентов определяемой величины вследствие гамма- и бета-излучения нижележащих слоев.

При употреблении дисков нужно тщательно следить за их чистотой, протирая их чистой тряпочкой перед и после каждой операции, при чем ту тряпочку, которой мы обтираем диск после активного вещества, нужно выбросить и больше не употреблять ее для обтирания дисков.

### 2. Определение величины рассеяния электроскопа при исследуемой пробе.

После определения натурального рассеяния диск с насыпанной на него пробой помещается в ионизационную камеру электроскопа; по истечении нескольких минут определяется рассеяние электроскопа.

Пусть при измерении натуральное рассеяние было 0,3 деления в минуту, рассеяние с пробой 0,7 делений в минуту, значит собственное рассеяние пробы есть  $0,7-0,3$ , т. е. 0,4 деления в минуту. Это рассеяние мы будем называть истинным рассеянием пробы. Для того, чтобы быть уверенным, что за время измерения не изменилось натуральное рассеяние, вынимают диск с пробой и повторяют определение натурального рассеяния. Если окажется, что натуральное рассеяние, определенное до и после измерения пробы, приблизительно одинаково (колеблется не более, как на 2—3% своей величины), то берут среднее арифметическое из двух этих значений и вычитают его из рассеяния, полученного при измерении пробы. При неактивной пробе мы получаем для ее собственного рассеяния значения близкие к нулю, равные случайным колебаниям натурального рассеяния прибора при различных измерениях. Сильно активной пробе будет соответствовать большое значение рассеяния, слабоактивной — малое значение его. При количественном измерении слабых активностей надежными могут считаться измерения тех активностей, истинное рассеяние которых не ниже величины натурального рассеяния самого прибора. При качественном определении активности, можно дойти до обнаружения актив-

ности у пробы, дающей истинное рассеяние до 25% натурального. При промере таких слабых активностей нужно многократно повторять измерения и тщательно и часто определять натуральное рассеяние, т. к. погрешность в его определении ведет к большим ошибкам. Отсюда мы видим, насколько важно стремиться к возможно меньшему натуральному рассеянию прибора, что может быть достигнуто тщательным уходом за ним и постоянным содержанием его в чистоте. Если при первом измерении была обнаружена активность, то измерение повторяют несколько раз, и при каждом измерении пробы определяется натуральное рассеяние прибора. Желательно, чтобы, как первое измерение натурального рассеяния, так и измерение истинного рассеяния пробы и последующее измерение натурального были произведены при том же заряде электроскопа на смежных участках шкалы; например, пусть первоначально наблюдалось натуральное рассеяние между 8 и 12 делением, рассеяние пробы — между 14 и 18 делением, а повторное натуральное рассеяние — между 20 и 24 делением. Увеличенное рассеяние (по сравнению с натуральным) при радиоактивном веществе, находящемся в камере, происходит вследствие потери заряда с колонки электроскопа через воздух ионизационной камеры, ставший электропроводным под влиянием альфа-лучей, испускаемых радиоактивным веществом. Чтобы судить о степени радиоактивности

**3. Применение эталонов при измерениях радиоактивности.**

взятой пробы, сравнивают ее с радиоактивностью эталона, содержащего радиоактивное вещество в определенной концентрации и обладающего постоянной альфа-активностью. В качестве эталона удобно употреблять смесь определенной концентрации радиоактивного минерала с неактивной породой. Для таких эталонов употребляются минералы, содержащие уран и находящийся с ним в радиоактивном равновесии радий и другие продукты распада уранового ряда. Государ. Радиевым институтом в Ленинграде изготавливаются такого рода эталоны из урановой руды, не содержащей торий. Содержание в ней урана в виде соединения  $U_3O_8$  определяется как аналитически, так и по радиоактивным измерениям. Вследствие того, что в громадном большинстве горных пород уран и радий находятся в радиоактивном равновесии (при этом каждому грамму урана соответствует  $3,3 \times 10^{-7}$  радия), применение такого рода эталонов дает возможность сделать простой пересчет на содержание в исследуемой пробе урана и радия. Такого рода эталон представляет собой порошок, насыпанный в стеклянный флакон, снабженный пометкой, указывающей процентное содержание  $U_3O_8$  в этом эталоне. Для определения рассеяния соответствующего эталона, часть содержащего порошок пересыпают из стеклянного флакона на диск и при помощи мягкой кисточки или пера распределяют порошок ровным слоем около 1—1½ мм. по диску.

1) В случае, если после промера активной пробы, натуральное рассеяние увеличивается и, если это явление повторяется при последующих контрольных промерах той же пробы, то тогда за натуральное рассеяние нужно принимать это повышенное его значение; увеличение величины натурального рассеяния в таких случаях является результатом выделения эманации из пробы.

При таком сравнительно толстом слое ионизация в камере возникает не только вследствие одних  $\alpha$ -лучей, идущих с поверхностной части слоя, но и вследствие  $\beta$  и  $\gamma$ -лучей, идущих из всей толщи слоя; но ионизация, создаваемая  $\beta$  и  $\gamma$ -лучами, в случае природной пробы настолько незначительна, что ею можно пренебречь, тем более, что при применении минеральных эталонов (содержащих члены уранового ряда) эта ошибка почти исключается вследствие  $\beta$  и  $\gamma$ -излучения эталона. Для получения одного лишь  $\alpha$ -излучения (без  $\beta$  и  $\gamma$ -лучей) для целей указанных измерений исследуемое вещество должно быть насыпано на диск чрезвычайно тонким слоем. Однако употребление так наз. „бесконечно тонких“ слоев связано с такими трудностями, которые не оправдываются получаемыми при этом преимуществами, особенно, когда не предъявляются слишком строгие требования к точности измерений, и когда можно довольствоваться точностью до нескольких процентов определяемой величины.

Для большей точности работы следует сравнивать активность пробы с наиболее близким по активности эталоном.

Сравнивая истинное рассеяние пробы с рассеянием эталона, мы определяем, во сколько раз проба более или менее активна, чем эталон.

Если исследуемая проба была активна вследствие нахождения в ней урана и радия, то по полученной при измерении численной величине истинного рассеяния можно вычислить приблизительное содержание в пробе урана и радия. Этот расчет даст лишь приблизительные числа содержания урана и радия, так как альфа-активность смеси при данной концентрации зависит от плотности той неактивной породы, с которой смешано радиоактивное вещество. Чтобы уменьшить влияние этой ошибки, в эталонах употребляется для разбавления измельченного в порошок радиоактивного минерала такое неактивное вещество (известняк), плотность которого приблизительно соответствует плотности обычных горных пород. Обычно при употреблении близкого по активности по сравнению с пробой эталона получаются числа, отличающиеся от истинных не более, как на 10%. При употреблении эталонов, сильно отличающихся от активности пробы, и при значительном различии плотности эталона и пробы, ошибка при количественных определениях урана и радия может достигать 50% истинного значения. Если исследуемая проба измерялась на таком же диске, что и эталон, то приблизительное содержание  $U_3O_8$  будет найдено умножением содержания  $U_3O_8$  в эталоне на отношение скоростей спада-ния при пробе и при эталоне (конечно за вычетом натурального рассеяния). Так, пусть эталон с содержанием 1%  $U_3O_8$  на диске диаметром 8 см. дал рассеяние 8 делений в минуту, а исследуемая проба дала (на том же диске) рассеяние 2 деления в минуту; тогда определяемое в пробе содержание  $U_3O_8$  выразится  $\frac{2}{8}$ . 1%  $U_3O_8$  т. е., 0,25%  $U_3O_8$  <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> В своей работе по исследованию смесей радиоактивного и неактивного вещества А. Б. Вериге дает формулу для вычисления содержания активного вещества в смеси в зависимости от плотности того и другого:

**5. Определение содержания радия в пробе.** Зная содержание  $U_3O_8$  в породе, не трудно определить и содержание в ней радия (считая, что он находится в радиоактивном равновесии с ураном); для этого нужно найденное содержание урана умножить на  $3,33 \cdot 10^{-7}$ . Указанные расчеты относятся к породам, содержащим лишь урановый ряд и не обладающим ториевым рядом, при наличии которого эти расчеты будут неверны. Для определения, какой из двух рядов урановый или ториевый или оба вместе находятся в данной породе и в каких количествах, нужны более сложные методы, которые мы пока оставляем в стороне.

Пересчет на содержание в пробе урана и радия является лишь ориентировочным и при значительном содержании тория в пробе окажется совсем неверным. Поэтому достаточно (в случае пробы, в которой возможно содержание тория) выражать результаты измерений в урановых единицах, т. е. указывать, во сколько раз излучение пробы больше или меньше излучения урана. За границей принято употреблять в качестве урановой единицы  $\alpha$ -излучение химически чистой черной окиси урана— $U_3O_8$  и с ее  $\alpha$ -излучением сравнивать излучение пробы притой же излучающей поверхности. Вследствие того, что химически полученный  $U_3O_8$  еще не имеет в себе продуктов распада урана (они образуются в течение многих тысяч лет), его активность в 4,73 раза слабее, чем активность урана в природном минерале, где ему сопутствуют находящиеся с ним в радиоактивном равновесии остальные члены уранового ряда. Поэтому радиоактивность пробы, выраженная в единицах минерального эталона, окажется в 4,73 раза меньшей, чем выраженная в урановых единицах. При сравнении результатов, полученных при употреблении минеральных эталонов с результатами других авторов, нужно иметь в виду пересчет на урановую единицу.

$$A = A_0 \frac{1}{1+k}, \text{ где } k = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}, \text{ или } A = A_0 \frac{d_1/d_2}{\frac{d_1}{d_2} + \frac{\rho_1}{\rho_2}}, \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{откуда } A = A_0 \frac{d_1}{d_1 + d_2 \frac{\rho_1}{\rho_2}}, \dots \dots \dots (2)$$

где  $A_0$  есть измеренная по  $\alpha$  лучам активность одного активного вещества, входящего в состав смеси,  $A$ —активность смеси,  $d_1$  и  $d_2$ —весовые количества активного и неактивного вещества, входящие в смесь,  $\rho_1$  и  $\rho_2$ —их плотности. Из формулы (2) мы видим, что для  $\rho_1 > \rho_2$  при простом пересчете (не принимая во внимание указанной формулы) сделаем ошибку в смысле преуменьшения содержания радиоактивного вещества в смеси, ибо в формуле (2) множитель  $\rho_1/\rho_2$  больше единицы. При  $\rho_2 > \rho_1$  ошибка будет обратной. Для пользования указанной формулой нужно знать плотности активного вещества  $\rho_1$  и неактивной породы  $\rho_2$ ,  $\alpha$ -активность одного активного вещества— $A_0$  и измерить активность пробы  $A$  (конечно в тех же единицах, что и  $A_0$ ); теперь мы из указанной формулы (2), зная вес взятой пробы  $= d_1 + d_2$ , найдем  $d_1$  и сможем вычислить искомую концентрацию активного вещества.

**6. Распространение и содержание урана, радия и тория в горных породах.**

Уран со своими продуктами распада и торий встречаются во всех горных породах. Их содержание в изверженных горных породах значительно больше, чем в осадочных, и большей частью их содержание тем значительнее, чем кислее порода. Так, в одном грамме лавы содержится около  $10^{-11}$  грамм радия и около  $2 \cdot 10^{-5}$  грамм тория; конечно, у различных видов лав это содержание не одинаково; указанная для лав концентрация является лишь средней. В гранитах на один грамм породы приходится  $3 \cdot 10^{-12}$ — $6 \cdot 10^{-12}$  грамм радия,  $2 \cdot 10^{-5}$  грамм урана и около  $10^{-5}$  грамм тория. В осадочных породах содержание радиоактивных веществ в несколько раз ниже, чем в изверженных породах.

В минералах, которые служат рудным материалом для добычи урана и радия, содержание этих радиоактивных веществ значительно выше, чем в горных породах; так в иоакхимстальской урановой руде содержание урана достигает 60—70%, а содержание радия доходит до  $2 \cdot 10^{-7}$  грамм радия на грамм руды. Пользуясь выше описанным способом мы можем в исследуемой пробе при помощи  $\alpha$ -электроскопа обнаружить содержание  $10^{-4}$  грамм урана и содержание  $10^{-11}$  грамм радия на один грамм пробы. Сравнивая эти числа с содержанием радия и урана в руде, мы видим, что описанный прибор позволяет обнаружить активность у пробы, содержание в которой урана и радия в 10.000 раз меньше, чем в руде среднего качества (содержащей 15—20% урана).

Для определения весьма малого содержания радиоактивных веществ в горных породах описанный нами метод оказывается недостаточно чувствительным<sup>1)</sup>. В этих случаях употребляется другой более чувствительный метод, являющийся в то же время и более сложным. Этот метод в общих чертах будет описан в главе об измерении эманационным методом. Применение его требует хорошего лабораторного оборудования; в походной же обстановке в условиях экспедиционной работы этот метод не применим.

### III. Определение содержания урана и радия в минералах по гамма-лучам.

**1. Описание прибора.**

Менее чувствительным, но более точным методом, по сравнению с только что описанным, является метод определения радиоактивности минералов по  $\gamma$ -лучам. Этот метод был предложен д-ром W. Bothe в Берлине. В госуд. Радиевом Институте при Академии Наук метод W. Bothe был несколько видоизменен А. Б. Вериги, которым была предложена конструкция ниже описываемого прибора; эти приборы изготавливаются в Госуд. Радиевом Институте. На рис. 3 изображен разрез прибора, а на рис. 4 его внешний вид. Прибор состоит из электроскопа А и камеры В, внутри которых расположены части прибора. Внутри

<sup>1)</sup> Из сопоставления вышеприведенных цифр мы видим, что для измерения содержания радиоактивных веществ в небогатых ими горных породах, нужна чувствительность прибора в 10 раз большая, чем у описанного  $\alpha$ -электроскопа.

электроскопа помещается колонка *D* с лепестком *a* и нитью *b*, установленная на изоляторе *C*. Верхний конец колонки входит в камеру *B*, где на нем установлена вилка *E*. Камера представляет собою латунный цилиндр объемом около 10 литров, выложенный внутри свинцом, соединенный при помощи горловины *L* с корпусом электроскопа *A*. В верхней крышке камеры *B* впаян цилиндр *F* (обтянутый снаружи свинцом), имеющий объем около 1½ литров. Сбоку горловины *L* имеется зарядник, представляющий собою штифт *n*, проходящий через эбонитовый изолятор *g*, на

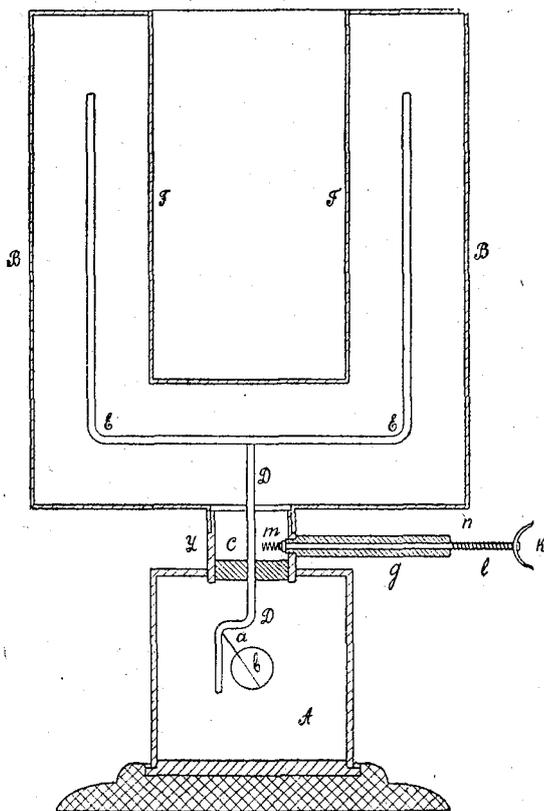


Рис. 3.

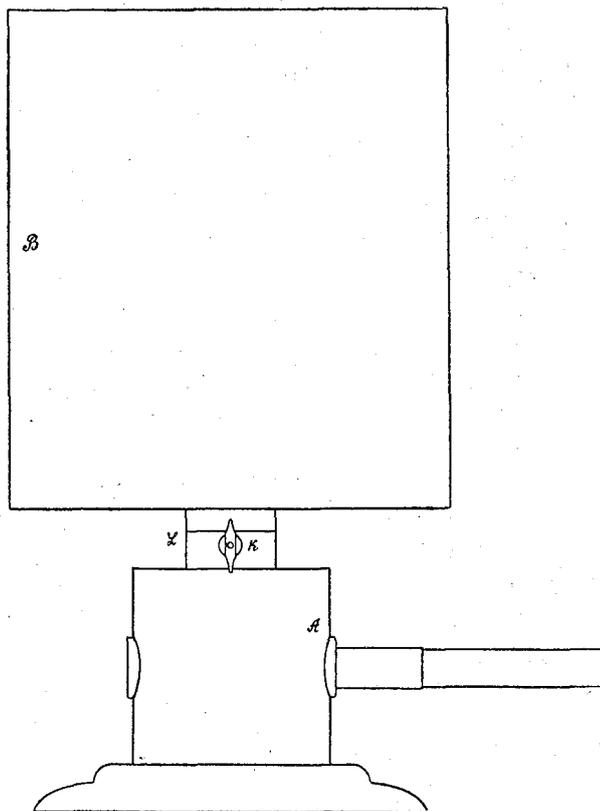


Рис. 4.

одном конце которого имеется вилка *k* и пружина *l*, оттягивающая штифт зарядника от колонки *D*; на другом конце штифта имеется тонкая пружинка *m*, которая при нажиме эбонитовой палочкой на вилку *k* касается колонки *D* и передает ей заряд; нить лепестка наблюдается через микроскоп. Зарядка электроскопа и определение натурального рассеяния производится также, как и у описанного выше  $\alpha$ -электроскопа.

**2. Подготовка пробы и ее промер.** Предназначенная для измерения проба взвешивается и в измельченном виде насыпается в стеклянный флакон, закрываемый затем корковой пробкой, которую снаружи заливают парафином. Промер пробы нужно производить через месяц после ее закупорки, чтобы дать восстановиться потерянной при измельчении и пересыпке части эманации (при этой операции теряется лишь малая часть эманации).

Перед промером пробы определяется натуральное рассеяние прибора; затем флакон с пробой помещается в гнездо  $F$  и тогда производится определение рассеяния при пробе и нахождение истинного рассеяния пробы путем вычитания из найденного рассеивания натурального рассеяния прибора.

**3. Применение эталона и определение содержания радия в пробе.**

Для определения содержания урана и радия в пробе пользуются эталоном, представляющим собою стеклянный флакон (такого же объема, как и для пробы), наполненный определенным по весу количеством урановой руды (в радиоактивном равновесии с радием) с известным содержанием урана, а следовательно и радия. Сравнивая истинное рассеяние пробы с истинным рассеянием эталона, мы можем сделать пересчет на содержание урана в пробе, и, зная вес пробы, найти процентное в ней содержание урана. Наблюдения показали, что истинное рассеяние в очень широких пределах пропорционально содержанию урана и радия в пробе. Ошибка на поглощение  $\gamma$ -лучей в массе самой пробы исключается применением эталона, взятого в том же объеме, а следовательно дающего такое же поглощение, что и проба. При разности в плотностях эталона и пробы, ошибка может достигнуть 3—4%. При употреблении флаконов меньшего размера, эта ошибка снижается. Натуральное рассеяние описываемого  $\gamma$ -электроскопа равно приблизительно одному делению в минуту. Такая значительная величина натурального рассеяния является результатом большой чувствительности прибора (вследствие большого размера ионизационной камеры), к  $\gamma$ -лучам, идущим из почвы и атмосферы.

**4. Чувствительность прибора.**

Для пробы, содержащей 0,0001 часть миллиграмма радия ( $10^{-7}$  гр.) получается истинное рассеяние около четверти деления в минуту. При загрузке пробы в количестве одного килограмма прибор дает возможность мерить в пробе содержание радия, порядка  $10^{-10}$  грамм радия на грамм пробы. Урановые руды содержат в себе  $10^{-7}$  —  $10^{-8}$  грамм радия на один грамм руды; отсюда мы видим, что описываемый прибор обладает чувствительностью в сто раз большей, чем это нужно для обнаружения радиоактивности радиевых руд. По сравнению с описанным выше  $\alpha$ -электроскопом,  $\gamma$ -электроскоп обладает в 10 раз меньшей чувствительностью. Свое название он получил потому, что ионизация в нем происходит вследствие  $\gamma$ -лучей<sup>1)</sup>; обкладка свинцом внутренней части камеры ведет к большому выделению вторичных лучей и к более сильной ионизации. Применение вилки дает возможность использовать ток насыщения во всем объеме камеры.

#### IV. Эманационный метод измерения.

Этот метод применяется для определения содержания эманации радия, находящейся как в газах, так и в растворенном состоянии в жидкостях; этим методом можно измерять и содержание радия в растворах. Для

<sup>1)</sup>  $\alpha$ - и  $\beta$  лучи поглощаются стенками цилиндра  $F$ .

этого пользуются ранее описанным  $\alpha$ -электроскопом, который соединяют со специальной эманационной камерой и другими приборами, изображенными на рис. 5 и называемыми в совокупности эманационным электроскопом.

**1. Описание приборов.** Эманационная камера представляет собою медный герметический цилиндрический сосуд *B*, в крышке которого помещен изолятор *C* с проходящим через него штифтом *N*. На верхний конец штифта *N* надета пружинка *i* с чашечкой. Электроскоп *E* надевается на заточку *o o* в крышке камеры *B*, при чем нижний конец колонки электроскопа *l* попадает в чашечку пружинки *i* и таким образом получается контакт между колонкой электроскопа *E* и штифтом камеры *B*. С двух противоположных сторон в камеру *B* впаяны медные трубочки *M*<sub>1</sub> и *M*<sub>2</sub>, кончающиеся внутри камеры загибами, служащими для улучшения циркуляции воздуха в камере при продувании через нее воздуха. Предназначенная для исследования вода наливается в металлический жбан *P* через горловину его, имеющую отвинчивающуюся крышку, снабженную двумя трубками *H* и *F*. Трубка *H* спускается почти до дна жбана, труба же *F* оканчивается под самой крышкой. При помощи каучуков *K*<sub>1</sub>, *K*<sub>2</sub>, *K*<sub>3</sub> и *K*<sub>4</sub> трубки жбана *H* и *F* соединяются с эманационной камерой *B*; на пути между жбаном и камерой *B* помещается группа *D*<sub>1</sub> *D*<sub>2</sub> и сушильные трубки *L*<sub>1</sub> и *L*<sub>2</sub> с хлористым кальцием, служащим для осушения воздуха, попадающего в эманационную камеру *B*. Концы каучуков натянуты на концы соответствующих трубок, имеющих волнообразную поверхность для лучшего обхвата их каучуком. Каучуки легко могут сниматься с трубок и на них надеваться. Расположение частей прибора, изображенное на рис. 5, применяется при измерении радиоактивности воды.

**2. Подготовка прибора к измерению.** На одну из трубок эманационной камеры *B*, например на трубку *M*<sub>1</sub> рис. 5, надевается каучуковая трубка, соединяющаяся через сушилку с грушей; на вторую трубку *M*<sub>2</sub> надевается каучуковая трубка, которая остается открытой. В течение пяти минут производится продувание чистого воздуха грушей *D*<sub>1</sub> *D*<sub>2</sub> через камеру *B*. По окончании продувания на оба каучука надеваются зажимы, которыми зажимаются просветы каучуков. Затем на камеру *B* надевается электроскоп; при этом колонка электроскопа соединяется при помощи пружинки со штифтом камеры.

**3. Определение величины натурального рассеяния прибора.** Эбонитовой палочкой, как это было ранее описано, электроскоп заряжается так, чтобы нить его лепестка была бы видна в начале шкалы микроскопа. Через 10—20 минут после зарядки электроскопа начинают измерение величины натурального его рассеяния, которая определяется описанным в первой главе способом.

**4. Наполнение жбана исследуемой водой.** Предназначенная для измерения вода наливается осторожно по возможности без взбалтывания в жбан (рис. 5) до заполнения приблизительно четвертой части его объема. Объем налитой воды определяется мензуркой, по окончании измерения.



При взятии пробы воды нужно избегать встряхивания и взбалтывания воды, чтобы не потерять растворенной в ней эманации. Наполнение жбана производится через его горловину, с которой для этого свинчивается крышка, обратно навинчиваемая на горловину по окончании наполнения. Не снимая зажимов с каучуков  $K_1$  и  $K_2$ , жбан соединяют при помощи каучуков  $K_3$  и  $K_4$  с эманационной камерой  $B$ , помещая на пути грушу  $D_1$   $D_2$  и сушильные трубки  $L_1$  и  $L_2$ .

**5. Продувание** После этого с каучуков  $K_1$  и  $K_2$  снимаются зажимы, воздуха через закрывавшие камеру (натуральное рассеяние которой исследуемую воду. было только что определено) от внешнего воздуха, и начинается продувание воздуха грушей  $D_1$   $D_2$  через исследуемую воду. Воздух, вдуваемый в жбан через трубку  $H$ , проходя пузырьками через налитую в него воду, извлекает из нее эманацию <sup>1)</sup>. Продувание производится несильными, ровными и плавными надавливаниями груши в течение 10—15 минут, после чего каучуки  $K_1$  и  $K_2$  зажимаются зажимами. При начале продувания электроскоп (а значит и соединенный с ним штифт эманационной камеры) заряжают эбонитовой палочкой до появления нити лепестка в начале шкалы микроскопа. Это делается для того, чтобы электрическое поле в эманационной камере, созданное зарядом штифта, содействовало равномерному распределению в камере продуктов распада эманации. Электроскоп и камера держатся в заряженном состоянии вплоть до начала измерения, которое производится через 3—4 часа после продувания воздуха через воду. За это время наступает радиоактивное равновесие между эманацией и продуктами ее распада, после чего излучение находящихся в эманационной камере радиоактивных веществ остается постоянным; до этого же времени интенсивность их излучения постепенно нарастала.

**6. Определение истинного рассеяния пробы.** По истечении 3—4 часов после продувания приступают к измерению истинного рассеяния пробы. Для этого пополняют заряд электроскопа до появления нити лепестка в начале шкалы микроскопа и через 10—15 минут приступают к определению рассеяния. Наблюдая скорость движения лепестка, как это было описано в предыдущей главе, находят рассеяние электроскопа при исследуемой пробе. Определенное таким образом рассеяние выражают в количестве делений шкалы, проходимых нитью в одну минуту, для чего число пройденных делений делят на выраженное в минутах время, в течение которого они проходились. Чтобы найти истинное рассеяние пробы, из найденного рассеяния вычитают натуральное рассеяние и находят истинное рассеяние пробы. По найденной величине истинного рассеяния можно определить содержание эманации в пробе, для чего нужно знать объем эманационной камеры  $B$  и объем остальных частей прибора.

<sup>1)</sup> Растворенная в воде эманация легко извлекается из раствора нацело продуванием воздуха или сильной тряской.

**7. Распределение эманации внутри приборов.** Обозначим через  $V_1$  объем камеры  $B$ , через  $V_2$  объем свободной от воды части жбана  $P$ , через  $V_3$  объем всех соединительных труб и груши. Если продувание длилось достаточно долго (минут 10—15), то эманация окажется равномерно распределенной во всем объеме.

Пусть искомая концентрация эманации будет  $c$  (содержание эманации в одном кубич. сантиметре объема); тогда все количество эманации, находившейся в исследуемой жидкости будет  $c \cdot (V_1 + V_2 + V_3)$ , количество эманации, находящейся в камере  $B$  будет  $cV_1$ . Таким образом, если мы сумеем определить количество эманации, находящейся в камере  $B$ , то нам не трудно будет определить все количество эманации, находящейся во взятой пробе. В самом деле, во взятой пробе воды эманации радия находилась во столько раз более, чем в камере  $B$ , во сколько раз объем  $V_1 + V_2 + V_3$  больше объема  $V_1$ . Для введения поправки на растворимость эманации в воде, мы должны принять во внимание коэффициент растворимости эманации в воде. Этот последний зависит от температуры: для  $0^\circ\text{C}$ . он равен 0,5, для  $15^\circ\text{C}$ .—0,3 и для  $20^\circ\text{C}$ .—0,25. Это значит, что в объеме, занятом водой, концентрация эманации меньше, чем в объеме, заполненном воздухом, расположенным над водой. При  $20^\circ\text{C}$ . концентрация растворенной эманации равняется  $\frac{1}{4}$  части концентрации эманации в воздухе над водой. Обозначая объем, занятый водой, через  $V_4$  и зная концентрацию  $c$  эманации в воздухе, заполняющей объем  $V_1 + V_2 + V_3$ , мы находим для растворенной части эманации количество  $\frac{cV_4}{4}$  при  $20^\circ\text{C}$ . Таким образом общее количество эманации не будет равно (как мы считали выше)  $c \cdot (V_1 + V_2 + V_3)$ , а будет равно  $c \cdot (V_1 + V_2 + V_3) + \frac{c \cdot V_4}{4}$ .

Для того, чтобы иметь возможность судить по величине рассеяния электроскопа о количестве находящейся в его камере  $B$  эманации, нужно проградуировать прибор, т. е. определить зависимость быстроты спадания от концентрации эманации. Можно считать в очень широких пределах, что быстрота спадания электроскопа (за вычетом натурального рассеяния) пропорциональна количеству находящейся в камере эманации; поэтому достаточно определить рассеяние для одной какой-нибудь определенной концентрации эманации (или двух), и уже по ней рассчитать измеряемую. Для этой цели при электроскопах прилагаются жидкие эталоны, представляющие собой раствор радия определенной концентрации.

**8. Единицы для измерения содержания эманации.** Для измерения количества эманации применяется определенная единица — один кюри. Это есть такое количество эманации, которое находится в состоянии радиоактивного равновесия с одним граммом радия; объем его равен 0,6 куб. миллиметра. Более мелкой единицей является мплликюри, т. е. тысячная часть одного кюри, и микрокюри или одна миллионная часть кюри. В медицинской практике нашла себе применение другого рода единица — единица Махе. Единица Махе равняется  $3,610^{-10}$  единицы кюри. При исследовании водных источников и воздуха концентрацию эманации выражают в единицах Махе (М. Е.) на литр воды. Таким образом единица Махе есть

единица концентрации эманации (выражающая содержание ее в литре). Для того, чтобы перейти от единиц Кюри к единицам Махе, нужно выраженное в единицах Кюри содержание эманации в одном литре исследуемой воды (или воздуха) разделить на число  $3,64 \cdot 10^{-10}$ . Чтобы, наоборот, перейти от единицы Махе к единицам Кюри, нужно выраженное в единицах Махе содержание эманации умножить на  $3,64 \cdot 10^{-10}$ ; полученный результат дает содержание эманации в одном литре, выраженное в единицах Кюри.

**9. Подготовка и употребление жидкого эталона.** Для градуирования электроскопа пользуются нормальным раствором радия, в котором заранее известно содержание радия. Нормальный раствор обыкновенно помещается в запаянной стеклянной ампуле, изображенной на рис. 6. На наклеенной на ампуле этикетке указано количество содержащегося в ней радия. Для изготовления жидкого эталона нормальный раствор радия должен быть перелит в промывалку, изображенную на рис. 7. Предварительно промывалка должна быть тщательно вымыта азотной кислотой и после промывки дистиллированной водой. Повернув ампулу с раствором одним из запаянных ее концов вверх, например концом *a*, напильником надрезают этот кончик и отламывают его, затем осторожно наклоняют ампулу и вставляют только что вскрытый конец в отверстие трубки *H* продувалки *A*. Потом поворачивают ампулу и промывалку до вертикального положения и тогда напильником надрезают и отламывают другой конец *b* ампулы. Дав всему нормальному раствору стечь в промывалку, вынимают из нее ампулу, и один конец последней погружают в дистиллированную воду и через другой ее конец всасывают в нее немного воды (около одного куб. см.); сполоснув затем ампулу этой водой, сливают ее в промывалку. Количество раствора в промывалке не должно превышать четверти объема промывалки. Наполнение эталона требует большой тщательности и аккуратности. После наполнения промывалки концы трубок эталона *F* и *H* оттягиваются на горелке и запаиваются до следующего употребления или же на них надеваются небольшие куски каучуковой трубки *B* и *C*, обратные концы которых затыкаются стеклянными палочками *E* и *D*, — а сами эти трубки зажимаются зажимами.

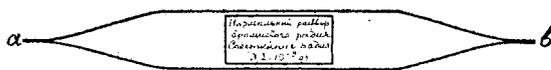


Рис. 6.

Для извлечения эманации из эталона и передувания ее в измерительную камеру *B* (рис. 5), с промывалкой поступают так же, как ранее с сосудом *P* при извлечении эманации из воды (см. стр. 13). Обыкновенно употребляемый эталон не находится в состоянии радиоактивного равновесия между радием и эманацией, эманацию же накапливают в нем лишь в течение некоторого времени, обыкновенно 24-х часов. Известно <sup>1)</sup>, что

<sup>1)</sup> См. приложенную таблицу III. В ней приведены количества эманации, накапливающейся за промежутки времени разной продолжительности.

за такое время накапливается количество эманации, равное 0,165 того количества, которое соответствует равновесию. Практически поступают так: за день до измерения осторожно, при помощи груши в течение нескольких минут продувают воздух через раствор радия, выпуская продуваемый воздух в атмосферу. Это продувание лучше делать вдали от электроскопа, лучше даже в другом помещении, чтобы попадающей в воздух эманацией не активировать частей прибора. Записав время окончания продувания, трубки эталона закрывают стеклянными пробками и зажимают зажимами. Теперь в растворе не осталось эманации, так как

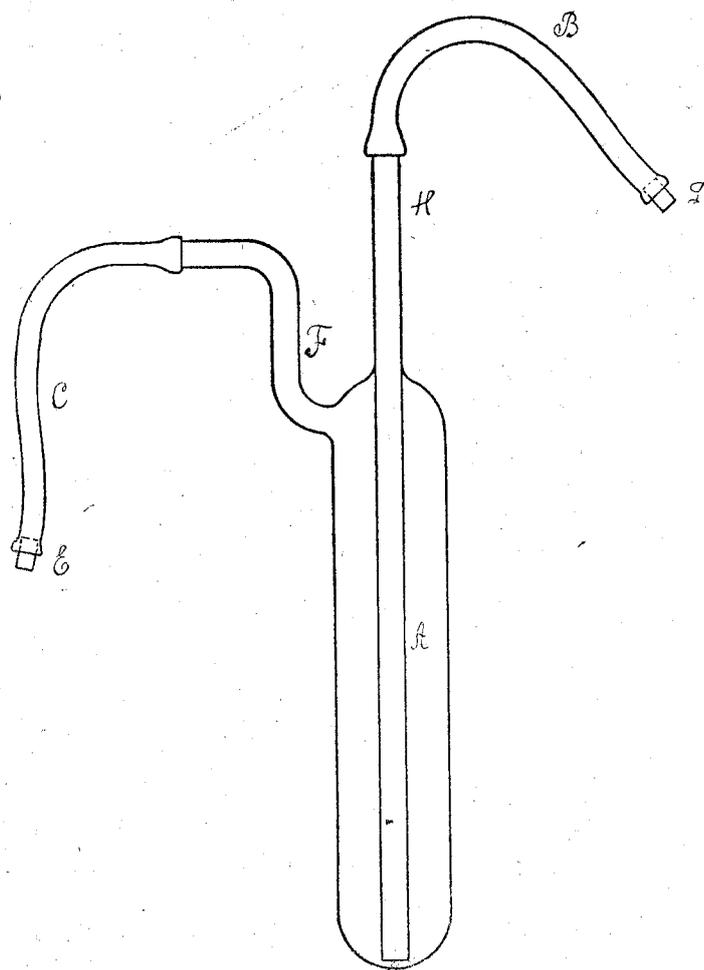


Рис. 7.

она нацело удалена из эталона продуванием. По прошествии суток (или двух, трех дней) определяют натуральное рассеяние прибора, после чего трубки эталона присоединяют к камере *B* эманационного электроскопа, помещая на пути их сушильные трубки  $L_1$  и  $L_2$ , и затем в течение 10—15 минут грушей продувают воздух через эталон и записывают время окончания продувания. После этого закрывают краны (или зажимы) эманационной камеры *B* и через 3—4 часа производят определение рассеяния электроскопа. Указанную отметку времени окончания продувания воздуха через эталон в камеру

*B* необходимо делать для точного расчета введенного в эманационную камеру количества эманации. Для пояснения сказанного приведем пример. Пусть у нас имеется жидкий эталон с содержанием  $4,2 \cdot 10^{-9}$  гр. радия. Пусть первое продувание для удаления эманации было сделано  $23/x$  в 1 час 20 мин. дня. Продувание эманации в камеру электроскопа было сделано  $24/x$  в 2 часа 20 мин. дня. По таблице накопления эманации находим, что за это время накопилось

0,17 того количества, которое соответствует радиоактивному равновесию. В состоянии радиоактивного равновесия в эталоне имеется  $4,2 \cdot 10^{-9}$  кюри эманации, значит за время 25-ти часов накопления эманации имелось  $4,2 \cdot 10^{-9} \cdot 0,17 = 0,72 \cdot 10^{-9}$  кюри эманации. Пусть объем эманационной камеры равен 850 куб. см., а объем соединительных трубок груши, промывалки с эталоном равен 350 куб. см.; значит весь объем, в котором распределена эманация (мы пренебрегаем ничтожным количеством эманации, находящейся в растворенном состоянии в жидкости эталона) равен 1200 куб. сант. Таким образом на 1 литр воздуха приходится эманации  $\frac{0,72 \cdot 10^{-9} \cdot 1000}{1200} = 6,0 \cdot 10^{-10}$  кюри.

Пусть при измерении рассеяния электроскоп обнаружил спадание (за вычетом натурального рассеяния) три деления в минуту, значит спадание со скоростью трех делений в минуту соответствует концентрации  $6,0 \cdot 10^{-10}$  кюри на литр воздуха. Теперь нетрудно определить ту концентрацию  $c_0$  эманации, которая соответствует скорости спадания одного деления в минуту; для этого число, выражающее в единицах Кюри содержание эманации (извлеченной из эталона) в одном литре воздуха, делим на величину истинного рассеяния эталона, т. е. в нашем численном примере на 3, откуда найдем  $c_0$  равным  $2 \cdot 10^{-10}$  кюри на литр воздуха. Величина  $c_0$  является очень важной для определения содержания эманации в исследуемой пробе. Жидкий эталон и применяется для того, чтобы определить эту величину  $c_0$ .

Теперь наш прибор проградуирован и может быть использован для измерения неизвестных концентраций эманации. После измерения активности эманации, взятой либо из эталона, либо из пробы, нужно тщательно продуть камеру чистым воздухом, пользуясь грушей. При ориентировочной работе можно и не при каждом измерении проверять величину рассеяния, соответствующую эталону. Сравнивая значения рассеяния, полученные нами в разные дни для эманационного эталона при одной и той же концентрации эманации в эманационной камере, мы получаем не совсем совпадающие числа. Эти расхождения обусловлены, главным образом, некоторым изменением электрической емкости прибора от механических воздействий на прибор, а также влажности и барометрического давления.

**10. Определение содержания эманации в пробе.** В результате промера эталона мы знаем, какой концентрации  $c_0$  эманации соответствует скорость спадания, равная одному делению в минуту. Сравнивая с этой скоростью спадания ту скорость спадания, которую мы получили при измерении исследуемой пробы (истинное ее рассеяние), мы можем подсчитать концентрацию  $c$  эманации в эманационной камере при измерении пробы. Эта концентрация  $c$  равна  $c_0$ , умноженному на истинное рассеяние пробы, величину которого мы обозначим буквой  $p$ ; значит:  $c = c_0 p$ . Весь объем, в котором распределена эманация, равен  $V_1 + V_2 + V_3$ , следовательно количество эманации в нем равно  $c \cdot (V_1 + V_2 + V_3)$  кюри; растворенное в воде количество эманации (при 20°C.) равно  $0,25 V_4 c$  (см. стр. 14), а все количество эманации, находившееся раньше в пробе, представится

Зх. № 1170
" " 1945г.
Отдел _____

~~34022~~

выражением  $c \cdot (V_1 + V_2 + V_3 + 0,25V_4)$  или  $c_{0,p} (V_1 + V_2 + V_3 + 0,25V_4)$  кюри. Для того, чтобы найти содержание эманации в единице объема воды, нужно полученное выражение разделить на объем налитой в бак воды, т. е. на  $V_4$ . Таким образом окончательно получаем для содержания эманации в литре воды выражение  $\frac{c_{0,p} (V_1 + V_2 + V_3 + 0,25V_4)}{V_4}$  кюри. Чтобы перейти к единицам Махе, нужно это количество разделить на  $3,64 \cdot 10^{-10}$ . Таким же самым приемом производится и определение содержания радия в растворе. Для того чтобы узнать, имеется ли радий в растворенном состоянии в исследуемой воде, за несколько дней до промера продуванием воздуха через исследуемую воду удаляется из нее вся эманация. Если после продувания через некоторое время (несколько суток) в исследуемой воде появится эманация, это значит, что в воде имеются соли радия<sup>1)</sup>.

По окончании измерения необходимо тщательно продуть грушей эманационную камеру, чтобы удалить из нее находившуюся в ней при измерении эманацию. Это необходимо делать для того, чтобы продукты распада эманации не загрязнили камеры и не вызвали увеличения натурального рассеяния прибора.

Часто пользуются иным способом определения количества эманации, находящейся в растворе. Шкала электроскопа градуируется в вольтах. Натуральное рассеяние электроскопа и собственное рассеяние определяемой пробы выражается числом вольт, теряемых прибором в единицу времени. Зная электрическую емкость электроскопа, легко вычислить силу ионизационного тока в камере прибора в абсолютных электростатических единицах. Зная объем пробы, мы можем вычислить силу ионизационного тока для одного литра жидкости, а умножая найденное число на 1000, мы получаем активность жидкости, выраженную в единицах Махе. Определяемая таким образом активность зависит от электрической емкости прибора, могущей меняться в зависимости от барометрического давления, температуры, влажности и других причин. Значение делений шкалы в вольтах, даваемое градуировкой, тоже не остается постоянным и нуждается в частой проверке. Эти причины ведут к возможным значительным ошибкам.

Применение эталонов при рекомендуемом нами способе уменьшает возможность ошибок и упрощает расчет.

<sup>1)</sup> Для измерения содержания радия в растворе измеряется количество эманации, извлеченное из этого раствора. Если раствор радия находился в герметически закупоренном сосуде в течение не менее месяца, то найденное в нем количество эманации, выраженное в единицах кюри, дает нам в то же время и численное значение содержания радия в растворе, выраженное в граммах. Если же при измерении раствора радиоактивное равновесие еще не было достигнуто, то тогда нужно, зная время накопления эманации, вычислить (по приложенной в конце руководства табличке) количество эманации (в единицах кюри), соответствующее равновесию; найденное таким образом число дает нам выраженное в граммах количество радия, находящееся во взятой для промера порции раствора.

## II. Определение содержания эманации радия в водных источниках при помощи фонтантометра.

1. Описание. Часто для определения содержания эманации радия в водных источниках употребляется особый прибор, называемый фонтантометром, изображенный на рис. 8 и 8а. Он состоит из двух основных частей, — электроскопа *A* и металлического бака *E*, имеющего объем от 3 до 15 литров. Корпус электроскопа *A* представляет собой

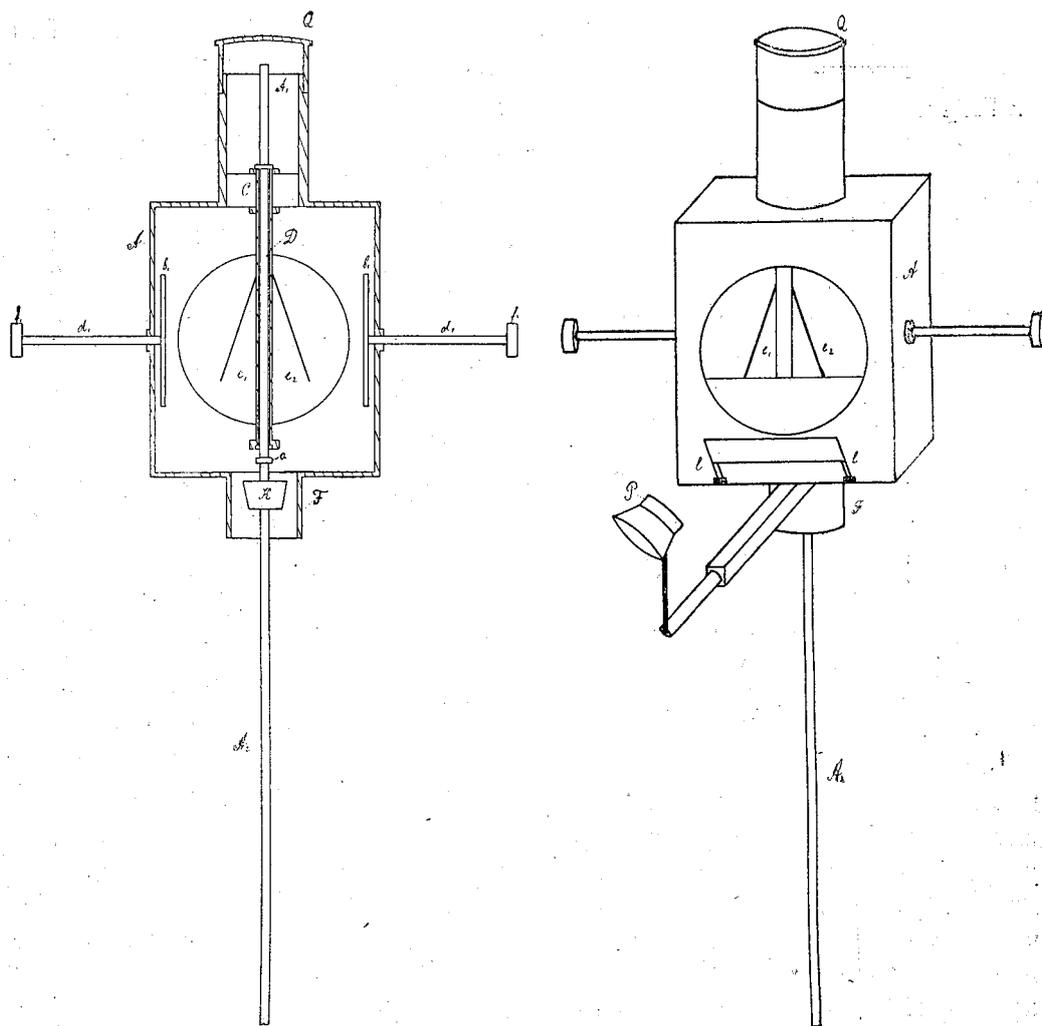


Рис. 8.

коробку почти кубической формы, в передней и задней гранях которой сделаны большие круглые окна, прикрытые изнутри стеклами. Заднее окно прикрыто матовым стеклом и служит для освещения лепестков электроскопа, стекло же переднего окна прозрачно и только в нижней своей части посеребрено, имея зеркальный слой, выше которого видны лепестки  $e_1$  и  $e_2$ . В этом зеркале отражается шкала *II* (обращенная к зеркальной поверх-

ности), наблюдаемая через лупу  $P$ . К изолятору, помещенному в верхней крышке электроскопа, прикреплена колонка  $D$ ; в ней высверлен канал, вдоль которого может двигаться штифт  $A_1 A_2$ . Движение его вверх ограничено упором о колонку прикрепленного к нему кольца  $a$ ; вниз же штифт перемещается свободно и может быть совершенно вынут из колонки  $D$ . Ниже кольца  $a$  на штифте  $A_1 A_2$  имеется конус  $K$ , предназна-

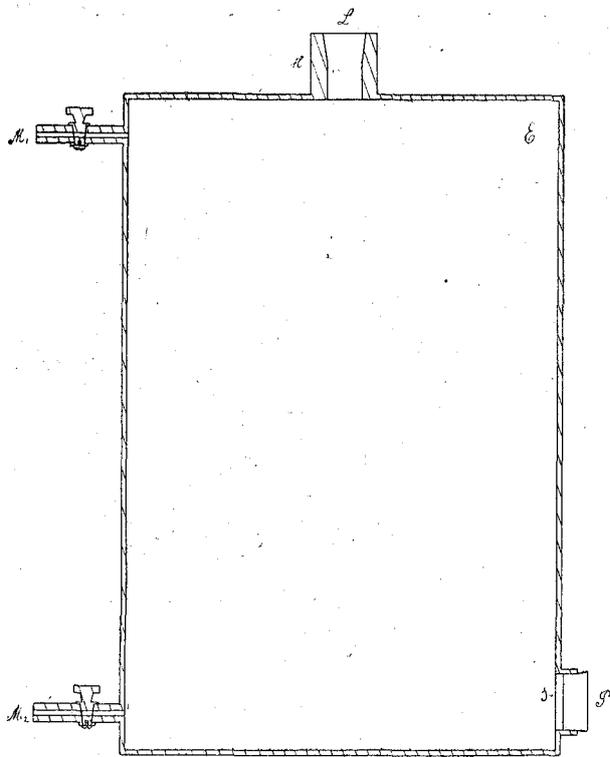


Рис. 8 а

ченный для закрывания гнезда  $L$  горловины  $H$  бака  $E$ . К колонке  $D$  с обеих сторон прикреплены алюминиевые лепестки  $e_1$  и  $e_2$ , которые своими концами спускаются ниже границы зеркальной поверхности. При рассматривании лепестков заряженного электроскопа через лупу  $P$  они видны на фоне отраженного изображения шкалы, по делениям которой и определяется их положение. Для арретирования лепестков при переносе прибора служат два арретира  $b_1$  и  $b_2$ , представляющие собой плоские пластинки, прикрепленные к стержням  $d_1$  и  $d_2$ , проходящим сбоку через кор-

пус электроскопа; на концах стержней  $d_1$  и  $d_2$  имеются головки  $f_1$  и  $f_2$ , на которые надавливают при арретировании прибора, доводя пластинки  $b_1$  и  $b_2$  до упора о колонку, защищая таким образом лепестки. Бак  $E$  (рис. 8а) в середине верхней крышки имеет горловину  $H$ , в канале которой расточено коническое гнездо  $L$ , пришлифованное к конусу  $K$  штифта  $A_1 A_2$ . Сверху и снизу боковой поверхности бака  $E$  имеется по кранику  $M_1$  и  $M_2$ , с противоположной стороны находится окно  $P$ , закрытое стеклом  $S$ , имеющим деления для определения высоты уровня налитой в бак воды.

Шкала электроскопа обычно разделена на 40 делений, из которых левые 20 служат для определения положения левого лепестка, а правые 20 — для правого. При электроскопе прилагается табличка, указывающая какой потенциал (в вольтах) соответствует тому или иному расстоянию между лепестками, выраженному в делениях шкалы. Зная начальное и конечное положение на шкале лепестков, можем по таблице определить выраженную в вольтах потерю потенциала колонки.

**2. Установна фон-  
тактометра и  
определение ве-  
личины натураль-  
ного рассеяния.**

Бак фонтанометра помещают на прочной опоре (или столе) так, чтобы он стоял устойчиво и чтобы колонка электроскопа, надетого на горловину бака, имела бы вертикальное положение. Для получения точного значения натурального рассеяния нужно перед его определением налить в бак такое же количество заведомо неактивной воды <sup>1)</sup> (дестилированной или кипяченой), какое будет налито в бак при измерении пробы. Потом в бак вставляется штифт  $A_1 A_2$  и опускается настолько, чтобы конус  $K$  плотно сел в гнездо  $L$ , после чего в течение минуты или половины минуты бак энергично встряхивается (после измерения вода выливается вон). Затем на горловину надевается электроскоп, причем конец штифта  $A_1 A_2$  попадает в канал колонки  $D$ . Верхний конец  $A_1$  штифта оттягивается рукою вверх, чтобы конус  $K$  поднялся и вышел из гнезда  $L$  (для чего предварительно снимается крышка  $Q$ ). Электроскоп заряжается прикосновением к концу штифта  $A_1$  эбонитовой палочки, потертой о шерсть. При заряде лепесткам дают расхождение до 18-го или 19-го деления. За лепестками следят через лупу  $P$ , наблюдая их положения на видимом изображении шкалы, отражаемой зеркальной поверхностью нижней части окна. Симметричное отклонение лепестков по обеим сторонам колонки указывает на правильную установку прибора. По истечении десяти минут после зарядки определяют натуральное рассеяние фонтанометра, наблюдая в течение получаса движение лепестков по шкале. Целые деления отсчитываются по штрихам шкалы, а их десятые доли определяются на глаз. Определив перемещение лепестков за время наблюдения, по приложенной к фонтанометру таблице находят потерю потенциала колонки в вольтах за это время, и затем пересчитывают это падение на час времени, деля величину потери потенциала на выраженное в часах время наблюдения. Таким образом натуральное рассеяние фонтанометра определяется выраженной в вольтах потерей потенциала колонки за час времени.

**3. Определение ве-  
личины истинного  
рассеяния пробы.**

Предназначенная для измерения вода наливается в бак через отверстие горловины  $H$  в количестве около одного литра; точное определение объема налитой воды делается по окончании измерения, для чего она потом переливается в мензурку. При взятии пробы и наливании ее в бак нужно остерегаться толчков и тряски, чтобы избежать потери эманации. Из источника проба воды берется у места его выхода из почвы.

Если фонтанометр находится не у места взятия пробы, то пробу набирают в бутылку и плотно закрывают ее пробкой (время взятия пробы должно быть записано) и переносят к месту измерения; для набора пробы иногда пользуются специальным флаконом (металлическим или стеклянным), имеющим одно отверстие, закрытое пробкой, а другое соединенное с трубкой, оканчивающейся краном. Такой флакон погружается в воду настолько, чтобы только конец трубки с краном был бы над поверхностью воды; потом

<sup>1)</sup> При работе, не требующей большой точности, натуральное рассеяние определяется без наливания в бак неактивной воды.

открывают кран, вынимают под водой пробку, и таким образом флакон наполняют водой; после чего, закрыв его пробкой, осторожно вынимают из воды, и взятую пробу переносят к месту измерения. Когда в бак *E* налита вода, в него вставляют штифт  $A_1 A_2$  (без электроскопа) так, чтобы конус *K* плотно закрыл гнездо *L* горловины (для закрепления конуса в этом положении имеется у горловины маленькая задвижка) и затем в течение половины или одной минуты бак энергично встряхивается, чтобы растворенная в воде эманация распределилась между воздухом и водой в баке. По прошествии 5-15 минут (освободив задвижку, закрепляющую конус *K*) на горловину *H* надевают электроскоп, при этом конец штифта  $A_1 A_2$  попадает в канал колонки *D*. Оттянув вверх конец  $A_1$  штифта прикосновением к нему эбонитовой палочки (потертой о шерсть), заряжают электроскоп до 18-19 деления шкалы и определяют его рассеяние, измеряя время, в течение которого лепестки проходят несколько делений шкалы. По табличке определяется соответствующая этому перемещению лепестков потеря потенциала колонки в вольтах, и затем делается пересчет на количество вольт, теряемых в один час, для чего число вольт, потерянных колонкой, делят на выраженное в часах время, в течение которого происходила эта потеря, и находят таким образом рассеяние при пробе. Вычитая из него ранее определенное натуральное рассеяние, находят истинное рассеяние пробы, выраженное в количестве вольт, теряемых колонкой в час от ионизации воздуха излучением эманации, находившейся в пробе. Чтобы перейти к выражению количества эманации (находившейся в воде) в единицах Махе <sup>1)</sup>, нужно выразить в абсолютных электростатических единицах силу ионизационного тока; это не трудно сделать, если известна электрическая емкость фонтанометра, всегда указываемая в свидетельстве, приложенном к прибору.

Обыкновенно электроемкость фонтанометра лежит в пределах от 10 до 20 см. Обозначая через *C* электроемкость прибора, через *p* истинное рассеяние пробы, мы получаем для ионизационного тока *i* такое выражение:  $i = C \cdot \frac{p}{300.3600}$  абсолютных электростатических единиц силы тока <sup>2)</sup>. Умножая найденную силу ионизационного тока на 1000 и деля на

<sup>1)</sup> За одну единицу Махе принимается то количество эманации (находящейся в литре воды или воздуха), которое, будучи помещено в камеру прибора (объемом несколько литров), создает своим лишь излучением (не считая излучения продуктов распада эманации) ионизационный ток насыщения, равный одной тысячной доле абсолютной электростатической единицы силы тока.

<sup>2)</sup> Потеря потенциала колонки (расчитанная на один час времени) в абсолютных электростатических единицах выразится величиной  $\frac{p}{300}$ ; величина потеряннного заряда будет равна  $C \cdot \frac{p}{300}$ , а сила *i* ионизационного тока, представляющая потерю заряда за время одной секунды, будет  $C \cdot \frac{p}{300.3600}$  абсолютных электростатических единиц силы тока.

выраженный в литрах объем  $V$  воды, находим для содержания эманации величину, равную  $C \cdot \frac{p \cdot 1000}{3000 \cdot 3600 \cdot V}$  или  $\frac{C \cdot p}{1080 \cdot V}$  единиц Махе на литр воды. Назовем эту величину через  $A$ .

4. Поправка на излучение продуктов распада эманации радия. Однако найденная величина  $A$  содержания эманации в исследуемой пробе воды не точна и нуждается в ряде поправок. Наблюдаемое рассеяние  $p$  есть результат излучения не только одной эманации, но и продуктов ее распада, которые успели образоваться с момента тряски бака до начала измерения.

В приводимой ниже таблице указывается во втором столбце под буквой  $\delta$ , какая доля от наблюдаемого истинного рассеяния принадлежит собственно эманации; в столбце под буквой  $t$  указано время, выраженное в минутах, прошедшее от встряхивания бака до начала измерения.

Т а б л и ц а :

$t$	$\delta$	$t$	$\delta$
0	1	6	0,686
1	0,883	7	0,671
1,5	0,845	8	0,662
2	0,81	9	0,653
3	0,76	10	0,647
4	0,727	16	0,625
5	0,703	180	0,46

Таким образом для введения поправки на излучение продуктов распада эманации надо найденную ранее величину  $A$  содержания эманации умножить на то значение  $\delta$ , которое соответствует истекшему времени. Так, для 15 минут находим  $\delta = 0,625$  и, таким образом, мы найдем для содержания эманации —  $0,625 \cdot A$  единиц Махе.

5. Поправка на неполное использование для ионизации излучения той части эманации, которая находится вблизи стенок бака, ибо вылетающие здесь в направлении к стенкам бака  $\alpha$ -частицы, ударяясь о бак, теряют свою энергию, не производя той ионизации, которую они вызвали бы при свободном полете. Duane дает для учета неполной ионизации поправку  $K = \frac{1}{1 - 0,52 s/q}$ , где  $s$  есть выраженная в квадратных сантиметрах площадь внутренней поверхности бака, а  $q$  его объем в кубических сантиметрах. Поправка вводится умножением ранее найденного содержания эманации  $A$  на множитель  $K^1$ .

<sup>1)</sup> Если при измерении эманация находилась в радиоактивном равновесии с продуктами ее распада ( т. е. если прошло около трех часов с момента встряхивания бака), то в поправке  $K$  нужно вместо числа 0,52 взять 0,572.

**6. Поправка на распад эманации за время измерения и на ее растворение в воде.**

Если с момента взятия пробы до измерения прошло значительное время, то тогда нужно ввести поправку на распад эманации за это время. Для трех часов времени эта поправка составляет 2,2%, для одного часа она равна 0,7% от найденной величины (см. таблицу II). На эту поправку нужно увеличить найденное значение содержания эманации. Поправка на растворенную в воде часть эманации вводится умножением определенного до этого содержания эманации на величину  $1 + m \frac{V_2}{V_1}$ , где  $V_2$  объем налитой в бак воды, а  $V_1$  объем воздуха в баке, множитель  $m$  представляет собою коэффициент растворимости эманации в воде, при 20° С. равный 0,25 (см. таблицу I). При обычных размерах баков и при объеме пробы не более литра эта поправка лежит в пределах от 1½ до 3%.

**7. Применение для фонтанометров жидких эталонов.**

Пользуясь жидким эталоном, представляющим собою раствор определенного количества радия, можно избежать вышеуказанных поправок при определении содержания эманации в пробе. Продуванием грушей воздуха через раствор радия, эманация переводится в бак фонтанометра <sup>1)</sup>. Обозначая через  $q$  количество эманации, находившейся в растворе радия, через  $V$  объем бака, через  $V'$  объем груши и соединительных трубок, найдем для количества эманации, находящейся в баке величину  $q \frac{V}{V+V'}$  (количеством эманации, оставшейся в растворе радия можно пренебречь, т. к. объем жидкости очень мал по сравнению с объемом бака).

Выражая натуральное рассеяние фонтанометра, а также рассеяние его при введенной в бак эманации из эталона, в количестве делений шкалы, проходимых лепестками в один час (а не в вольтгах, как это говорилось раньше), находим в тех же единицах и истинное рассеяние эманации эталона.

Зная, какое значение истинного рассеяния соответствует количеству эманации взятой из эталона, вычисляем, какому содержанию эманации соответствует скорость спадания одного деления в час. Измеряя исследуемую пробу, мы определяем ее истинное рассеяние в количестве делений шкалы, проходимых лепестками за один час. Зная из промера эталона, какому содержанию эманации соответствует спадание одного деления в час, мы, умножением этой величины на найденное истинное рассеяние, найдем содержание эманации в пробе.

Для продувания в бак эманации из жидкого эталона служат краники  $M_1$  и  $M_2$  рис. 8а. Это продувание делается точно так же, как это было описано на стр. 13 и 16 для эманационного электроскопа. Содержание радия в эталоне дано в граммах, значит количество введенной в бак эманации из эталона выражается в единицах Кюри. В этих же единицах выразится и содержание эманации в исследуемой пробе. Чтобы перейти к единицам

<sup>1)</sup> Предварительно в бак наливается литр неактивной воды, которая при встряхивании растворяет соответствующую часть эманации. Этим избегается поправка на растворение эманации в воде пробы.

Махе, нужно выраженное в единицах Кюри содержание эманации разделить на  $3,64 \cdot 10^{-10}$ , а потом разделить на выраженный в литрах объем налитой в бак пробы. Полученное число дает содержание эманации в единицах Махе на литр воды <sup>1)</sup>. При описываемых измерениях нужно следить, чтобы время, прошедшее с момента передувания воздуха из эталона в бак до момента начала измерения истинного рассеяния эталона, равнялось бы времени, прошедшему с момента встряхивания бака с пробой воды до момента начала измерения ее истинного рассеяния. Рекомендуется в том и другом случае брать это время равным 3—4 часам <sup>2)</sup>.

Обычно для фонтакметров величина натурального рассеяния лежит в пределах от одного до двух делений в час, что соответствует потере потенциала от 15 до 20 вольт.

При пробе воды, взятой в количестве одного литра и обладающей содержанием эманации в одну единицу Махе, наблюдается рассеяние около 10 делений в час, что соответствует падению потенциала около 100 вольт в час. Отсюда мы видим, что фонтакметром можно измерять содержание эманации в воде, доходящее до сотых долей одной единицы Махе; эта величина является пределом чувствительности фонтакметра. Ряд последовательных промеров над одним и тем же водным источником показал, что содержание в его воде эманации является весьма непостоянным, колеблясь то в одну, то в другую сторону изо дня в день; поэтому при измерениях нет оснований гнаться за очень высокой точностью для характеристики того или иного источника, ибо случайные ошибки измерения оказываются ниже колебаний концентрации эманации при последующих измерениях.

Для измерений, не требующих значительной точности, употребляется фонтакметр упрощенной конструкции, получивший название фонтактоскопа. У фонтактоскопа рассеивающий штифт просто вставляется в колонку электроскопа и не имеет вдоль нее перемещения; на штифте его нет конуса для закрывания бака. Исследуемая вода, как было описано ранее, через горловину наливается в бак, после чего горловина закрывается пробкой, бак встряхивается, и по прошествии некоторого времени пробка осторожно вынимается и на горловину надевается электроскоп, штифт которого входит в бак; при этом неизбежна некоторая неподдающаяся учету потеря эманации, которой пренебрегают при ориентировочной работе. Благодаря своей дешевизне, простоте и быстроте в работе фонтактоскоп получил широкое распространение для измерения радиоактивности водных источников.

---

<sup>1)</sup> Обычно исследуемая вода наливается в бак в количестве одного литра; если же приходится иметь дело с сильно активным источником, то воды берется столько, чтобы получаемое рассеяние не превышало 100 делений в час.

<sup>2)</sup> Если проба не была сразу налита в бак, а в течение некоторого времени переносилась от источника к фонтакметру, то нужно ввести поправку на распад эманации радиация за время с момента ее взятия до момента наливания в бак.

**8. Исследование  
радиоактивности  
воздуха.**

Исследования показали, что в атмосфере постоянно имеется небольшое количество эманации радия и тория; ее содержание достигает больших значений над поверхностью суши, чем над поверхностью моря.

Среднее содержание эманации в воздухе над сушей равно около  $60.10^{-12}$  кюри на один кубический метр воздуха или, переводя на единицы Махе, получаем среднее содержание эманации в атмосферном воздухе около 0,00016 единиц Махе на литр воздуха. Измерение столь малой величины недоступно ни для фонтактометра ни для эманационного электроскопа. Для измерения такой концентрации эманации пользуются особым методом, который будет описан во второй части руководства. Он заключается в том, что в исследуемом месте подвешивается на изоляторах проволока, которой сообщается высокий отрицательный потенциал<sup>1)</sup>. Положительно заряженные радиоактивные продукты распада эманации притягиваются отрицательным зарядом проволоки и садятся на нее. По прошествии некоторого времени проволока сматывается и помещается в  $\alpha$ -электроскоп, где по ее радиоактивности можно определить содержание эманации в воздухе. Фонтактометр и эманационный электроскоп позволяют определять в газе или в воздухе содержание эманации при ее концентрации, приблизительно в сто раз большей, чем в атмосферном воздухе. Такой повышенной концентрацией обладают газы радиоактивных источников и часто почвенный воздух. При употреблении эманационного электроскопа после определения его натурального рассеяния в его камеру при помощи груши переводится предназначенный для исследования воздух. Если в распоряжении исследователя имеется насос, то его следует предпочесть груше. Эманационная камера сначала эвакуируется насосом и затем в нее впускается исследуемая проба воздуха. Измеряя истинное рассеяние пробы и сравнивая его с истинным рассеянием эталона, путем простых вычислений определяем содержание эманации в пробе. Техника такого вычисления приведена при описании эманационного электроскопа. При употреблении фонтактометра предназначенный для исследования воздух переводится в его бак либо грушей, либо при помощи засасывания его в бак вытекающую из бака водою (для чего бак предварительно наполняется водою). Верхний краник бака соединяется каучуковой трубкой с тем объемом, откуда берется проба воздуха, а через нижний краник вода выпускается наружу; освободившийся от нее объем в баке заполняется предназначенным для исследования воздухом. Расчет содержания эманации в пробе воздуха делается так же, как это было сказано при описании фонтактометра. На пути вдуваемого в камеру или в бак воздуха помещают ватный фильтр для задержания пыли и сушильную трубку для задержания влаги.

Фонтактометр по сравнению с эманационным электроскопом обладает приблизительно одинаковой с ним чувствительностью; в смысле же точности получаемых результатов эманационный электроскоп имеет преиму-

<sup>1)</sup> Около 1000 вольт и выше.

щество перед фонтанометром. Для производства измерений нужно выбирать сухое и чистое место, присутствие пыли, влаги и дыма (также и табачного) недопустимо. Приборы необходимо устанавливать на прочной подставке или столе. Измерения следует производить в тени и всячески избегать температурных колебаний и неодинакового нагрева частей прибора. В записях измерений нужно указывать место взятия пробы, ее характер, дату, барометрическое давление, температуру и влажность воздуха. Корпус электроскопа или фонтанометра следует (особенно в сухую погоду) заземлить, для чего его соединяют проволокой либо с трубой водопровода, либо с металлической частью печи, либо с металлическим штырем воткнутым в почву. По окончании измерения бак фонтанометра (или эманационного электроскопа) промывается неактивной водой, а соединительные трубки продуваются (грушею) в течение 10 мин. чистым воздухом.

9. Измерение радиоактивности  
грязей.

Для качественного исследования радиоактивности грязей можно пользоваться  $\alpha$  — электроскопом, в камеру которого помещается диск с пробой грязи. Такого рода измерения не могут дать нам суждения о том, чему обязана радиоактивность грязи, присутствию ли эманации, или радия, или того и другого одновременно. Более точным является в этом случае эманационный метод, для применения которого пользуются либо эманационным электроскопом, либо фонтанометром. Для лучшего извлечения из пробы грязи эманации, грязь нужно разбавить водой, взятой приблизительно в два раза большем количестве, чем проба грязи. Предварительно в бак наливается отмеренная мензуркой неактивная вода и затем в эту воду опускается порция грязи (вес которой определяется, как разность весов стакана с грязью до опорожнения его в бак и стакана с остатками грязи на стенках, после его опорожнения). При наполнении стакана грязью и при переливании грязи в бак нужно избегать тряски и порывистых движений, чтобы предупредить возможные потери эманации.

По наполнении бака водой и грязью, крышка бака закрывается, и бак встряхивается <sup>1)</sup> для перемешивания воды и грязи, и извлечения из нее эманации. Затем измерения производятся так, как это было описано в разделах 3 — 7 этой главы.

Зная количество взятой грязи, не трудно определить содержание в ней эманации. Для решения вопроса, находится ли в грязи только эманация радия или же и сам радий, после первого ее промера, содержимое жбана переливают в бутылку и в закупоренном состоянии оставляют на месяц, после чего еще раз повторяется измерение над этой пробой, взятой из бутылки; обнаруженная теперь эманация будет исключительно принадлежать бывшему в пробе радью, количество которой и определит содержание радия в грязи. Для приблизительного количественного определения радия в грязи, грязь просушивается, измельчается и через месяц

<sup>1)</sup> При применении эманационного электроскопа бак, во избежание загрязнения трубок, при встряхивании закрывается корковой пробкой, которая потом осторожно заменяется металлической крышкой с трубками для продувания.

промеряется  $\alpha$  — электроскопом. Результаты полученных измерений выражаются в урановых единицах. Одной урановой единице будет соответствовать содержание радия приблизительно равное  $5 \cdot 10^{-8}$  гр. радия на один грамм грязи. Точное определение содержания радия этим методом невозможно, так как в грязи еще может присутствовать уран и торий с продуктами их распада.

**10. Определение  
эманационным ме-  
тодом содержания  
радия в горных  
породах.**

Как уже говорилось выше, среднее содержание радия в горных породах имеет величину порядка  $10^{-12}$  грамм радия на один грамм породы. Описанный  $\alpha$  — метод позволяет измерить содержание радия не ниже порядка  $10^{-11}$  грамм радия на один грамм породы; таким образом измерение естественной радиоактивности горных пород является недоступным для  $\alpha$  — метода. Эманационный метод имеет значительно большую чувствительность, чем метод  $\alpha$  — лучей. Это объясняется тем, что при измерении по  $\alpha$  — лучам для ионизации используется излучение только самого поверхностного слоя пробы, насыпанной на диск, в то время, как  $\alpha$  — излучение нижележащих слоев полностью поглощается. Таким образом здесь используется  $\alpha$  — излучение не всей массы активного вещества, а только его поверхностного слоя, масса которого приблизительно раз в пятьдесят меньше всей массы пробы. И то, только половина  $\alpha$  — излучения этого поверхностного слоя, направленная в сторону ионизационной камеры используется для ионизации. При эманационном методе, когда в камеру электроскопа вводится отделенная от радия эманация, имеем то преимущество, что в камере используется для ионизации  $\alpha$  — излучение всей массы эманации, находящейся в объеме камеры<sup>1)</sup>. Исследования показали, что энергия  $\alpha$  — излучения эманации (с ее продуктами распада до радия  $C$  включительно) составляет приблизительно половину всей энергии  $\alpha$  — излучения урана<sup>2)</sup> со всеми его продуктами радиоактивного распада. Из сопоставления этих цифр видно, что от эманационного метода можно теоретически ожидать раз в десять — двадцать большей чувствительности, чем от  $\alpha$  — метода. На практике действительно наблюдается при употреблении одного и того же электроскопа для эманационного метода чувствительность в десять раз большая, чем для  $\alpha$  — метода. В самом деле, описанный выше эманационный электроскоп при промере жидкого эталона с содержанием радия  $10^{-9}$  грам (в равновесии с продуктами распада) дает истинное рассеяние около 6—7 делений в минуту. Значит, наименьшему истинному рассеянию, с которым можно еще работать, равному 0,1 деления в минуту (при натуральном рассеянии 0,2 деления в минуту) будет соответствовать содержание  $1,6 \cdot 10^{-11}$  грамм радия. Беря для извлечения эманации навеску в 10 грамм горной породы, имеем в ней содержание радия в граммах равное нескольким единицам, умноженным на  $10^{-11}$ , т. е. как раз ту величину, какую еще может мерить эманационный электроскоп.

<sup>1)</sup> Электроемкость эманационного электроскопа приблизительно в два раза больше, чем  $\alpha$  — электроскопа.

<sup>2)</sup> С которым в радиоактивном равновесии находится эманация.

Для извлечения эманации из пробы горной породы, взятой в количестве около 10 грамм<sup>1)</sup>, ее измельчают и добавляют к ней в четыре раза большее по весу количество углекислого калия или натрия. Эта смесь помещается в специальный платиновый тигель, в котором она прокаливается до 1000° С, причем порода сплавляется с карбонатом и выделяющаяся из нее при этом эманация переводится в предварительно эвакуированную эманационную камеру (натуральное рассеяние которой определено) и через 3—4 часа определяется количество извлеченной из горной породы эманации. Измерение содержания радия в горных породах по эманационному методу представляет довольно сложную задачу и будет подробно описано во второй части руководства.

### Установка и приклейка лепестка.

При приборах, изготовляемых Гос. Радиевым Институтом, прилагаются две запасных колонки с приклеенными к ним лепестками. При установке колонки в электроскопе нужно колонку установить так, чтобы плоскость движения лепестка была бы перпендикулярна оптической оси, и чтобы нить лепестка была бы видна в поле зрения микроскопа при отклонении лепестка приблизительно на 30°—35° от вертикального положения: при таком угле отклонения получается наибольшая чувствительность. Эта установка достигается поворотом и подыманием или опусканием колонки. В электроскопах Госуд. Радиевого Ин-та имеются двух типов лепестки:

1). Обыкновенного типа с кварцевой нитью, приклеенной к концу лепестка. Практика показывает, что полезно нить приклеивать не к самому концу, а на протяжении значительной части длины лепестка.

2) Лепесток системы проф. С. А. Боровика, представляющий собою узкий язычок, вырезанный из алюминиевой фольги и подвешенный на двух кварцевых нитях, обладающих постоянной упругостью, благодаря которым получается весьма равномерное движение лепестка.

В случае порчи лепестка он может быть заменен новым, вырезанным из сусального золота или очень тонкой алюминиевой фольги. При вырезании лепестка нужно листок сусального золота положить между бумажек и затем острыми ножницами или бритвой вырезать узенькую ленточку 3—4 мм. шириной. Один конец этой ленточки приклеивается к верхней части колонки, смазанной на протяжении 4—5 мм. гумми-арабиком, затем излишек ленточки отрезается, с таким расчетом, чтобы осталась лишь часть лепестка длиной в 2—2½ см. После этого берется тонкая кварцевая (или стеклянная) нить, смазывается спиртовым раствором шеллака и прикладывается к лепестку со стороны обратной колонке и приклеивается к нему, излишек нити отрезается ножницами.

<sup>1)</sup> Для слабо активных пород берут навеску до 50 грамм.

Колонка с приклеенным лепестком помещается в свое гнездо в электроскопе, заряжается и фокусируется в поле зрения микроскопа. Если окажется, что нить при перемещении по шкале выходит из фокуса, то тогда поворотом колонки устанавливают плоскость движения лепестка перпендикулярно оптической оси микроскопа. Когда колонка установлена, определяют равномерность хода нити вдоль шкалы при естественном разряде электроскопа, для чего заряжают его настолько, чтобы нить появилась в начале шкалы и записывают время ее прохождения (определяемое секундомером или часами с секундной стрелкой) через каждое пятое деление. Если окажется, что эти промежутки времени почти одинаковы (колебания не превышают 1—2%) то это значит, что лепесток наклеен удачно; если же движение лепестка неравномерно, то его приходится заменить новым, дающим равномерное спадание. После этого проверяют чувствительность электроскопа в разных участках шкалы, для чего на один из дисков насыпают радиоактивное вещество, например  $U_3 O_8$ , и при действии его лучей определяют скорость движения лепестка в различных участках шкалы. При равномерном движении лепестка чувствительность электроскопа в различных участках шкалы одинакова, и прибор готов для измерений. В виду возможности неодинаковой чувствительности прибора в разных участках шкалы, рекомендуется производить измерения в каком нибудь одном ее участке, например, между 20 и 40 делениями. После зарядки электроскопа обычно наблюдается движение лепестка в обратную сторону, вследствие перехода заряда с изолятора на колонку. Это движение продолжается 5—10 минут, а иногда (когда электроскоп был долго не заряжен) и далее. Измерения нужно начинать, когда обратное движение лепестка прекратится. Чтобы вернуть в пределы шкалы ушедший из них (при обратном движении) лепесток, в камеру электроскопа помещают диск с  $U_3 O_8$ , который своим излучением разряжает колонку, и при этом лепесток возвращается в пределы шкалы. Вынув из камеры диск с  $U_3 O_8$  наблюдают в течение нескольких минут за лепестком и, если окажется, что он равномерно движется вправо, приступают к измерению; в противном случае ждут пока установится равномерное движение лепестка.

Т а б л и ц а I.

Растворимость эманации радия в воде при разных температурах.

$t^{\circ}$	0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
$m$	0,51	0,42	0,35	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10

В первой строке указана выраженная в градусах Цельсия температура воды, а во второй соответствующее значение коэффициента растворимости  $m$  эманации радия в воде.

Т а б л и ц а II.

Распад эманации радия.

Т	Р	Т	Р
0 часов	1	2 дня	0,698
1 "	0,993	3 "	0,588
2 "	0,985	4 "	0,487
3 "	0,978	6 "	0,34
4 "	0,97	8 "	0,237
5 "	0,963	10 "	0,165
6 "	0,956	12 "	0,115
12 "	0,914	14 "	0,081
18 "	0,874	16 "	0,056
24 "	0,835	20 "	0,027
36 "	0,763	24 "	0,013
		30 "	0,005

В колонке под буквою Т указано время распада, а в колонке под буквой R количество оставшейся эманации, считая за единицу ее начальное количество.

Т а б л и ц а III.

Накопление эманации.

Время накопления	Количество накопившейся эманации
0 часов	0
12 — " —	0,086
18 — " —	0,126
24 — " —	0,165
25 — " —	0,171
26 — " —	0,177
27 — " —	0,183
28 — " —	0,19
29 — " —	0,195
30 — " —	0,201
31 — " —	0,207
32 — " —	0,213
33 — " —	0,219
34 — " —	0,225
35 — " —	0,231
36 — " —	0,237
48 — " —	0,302
60 — " —	0,362
72 — " — (три дня)	0,417
Четыре дня	0,511
Пять дней	0,593
Десять дней	0,835
Двадцать дней	0,973
Тридцать дней	0,995

Количество накопившейся эманации выражено в долях того количества эманации, которое соответствует состоянию радиоактивного равновесия.

## П р и м е р ы.

Пример I. Измерение радиоактивности пробы горной породы.

Проба взята (указать место) . . . . .  
 Название породы (напр. известняк с желтым налетом) . . . . .  
 Барометрическое давление 756 мм.  
 Температура воздуха 19° С.  
 Влажность воздуха 67%.  
 Время измерения 20/I-1926 года.  
 Проба предварительно измельчена в металлической ступке и просеяна через сито.  
 Электроскоп заряжен в 11<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.  
 Определение натурального рассеяния начато в 11<sup>h</sup> 52<sup>m</sup>.

Определение натурального рассеяния при вставленном в камеру пустом диске (6 см. диаметр.):

от 11 по 15 дел.	нить шла	22 <sup>m</sup> 6,4 <sup>s</sup>
" 11 " 15 "	" " "	22 20
Среднее . . . . .		22 13,2.

$$4 : \left( 22 + \frac{13.2}{60} \right) = 0,18.$$

Натуральное рассеяние  
= 0,18  $\frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$

Без пополнения заряда электроскопа диск (диаметром 6 см.) с насыпанной измельченной пробой (слой 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> мм.) помещен в камеру.

Спадание при пробе с 16 по 20 делен. 8<sup>m</sup> 42,6<sup>s</sup>.

$$\text{Рассеяние при пробе} = 4 : \left( 8 + \frac{42,6}{60} \right) = 0,459.$$

Истинное рассеяние пробы: 0,459 — 0,18 = 0,279.

$$p = 0,279 \frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$$

Повторение измерений для определения обнаруженной активности.

Натуральное рассеяние (при пустом диске):

от 16 по 20 дел. — 22<sup>m</sup> 18<sup>s</sup>.

$$4 : \frac{60.22 + 18}{60} = 0,179$$

Натуральное рассеяние  
= 0,179  $\frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$

Промер пробы :

от 16 дел. — 20	8 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>
" 16 " — 20	8 28
" 16 " — 20	8 42
" 16 " — 20	8 10
" 16 " — 20	8 32
Среднее . . 8 33,6	

Рассеяние при пробе :

$$4 : \frac{60.8 + 33,6}{60} = 0,467$$

Повторное определение натурального рассеяния:

от 16 по 20 дел. 20<sup>m</sup> 37<sup>s</sup>.

$$4 : \frac{60.22 + 37}{60} = 0,177$$

Натуральное рассеяние  
= 0,177  $\frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$

Среднее значение н. р. :  $\frac{0,179 + 0,177}{2} = 0,178.$

Истинное рассеяние пробы (p) = 0,467 — 0,178 = 0,289.

$$p = 0,289 \frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$$

Сравнение с урановым эталоном U<sub>3</sub> O<sub>8</sub> на том же диске.

От 10 по 30 дел.	4,6 <sup>s</sup>
" 10 " 30 "	4,7
" 10 " 30 "	4,6
" 10 " 30 "	4,6
" 10 " 30 "	4,7
Среднее . . . . . 4,64	

$$20 : \frac{4,64}{60} = 258,6$$

Истинное рассеяние уранового эталона ( $p_1$ ):

$$258,6 - 0,178 = 258,422.$$

$$p_1 = 258,4$$

$\alpha$  — излучение пробы эквивалентно 0,0011 урановой единицы.

**Пример II. Измерение содержания эманации радия в воде источника при помощи эманационного электроскопа.**

Проба взята (указать место нахождения источника и время взятия пробы) . . . . .

$V_1$  950 куб. м. Барометрическое давление 764 мм.  
 $V_2$  2520 " " Температура воздуха . . . 24° С.  
 $V_3$  350 " " Влажность " . . . 71%.

Определение натурального рассеяния 24/VIII-1926.

Прибор заряжен в 10<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>, измерение начато в 10<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

от 15 по 20 дел.	15 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>
" 21 " 26 "	15 45
<hr/>	
Среднее . . . . .	15 38

$$5 : \frac{15,60 + 38}{60} = 0,3198$$

Натуральное рассеяние

$$= 0,32 \frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$$

Проба налита в жбан  $V_4 = 530$  куб. см.

Продут воздух для переведения эманации в камеру в 11<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>. Измерение начато в 11<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>.

Заряжен от 15 до 25 дел.	11 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>
" " 15 " 25 "	11 12,5
" " 15 " 25 "	11 07
" " 15 " 25 "	11 44
" " 15 " 25 "	11 38

Среднее . . . . . 11 26,5

Рассеяние при пробе:

$$10 : \frac{60,11 + 26,5}{60} = 0,874$$

Истинное рассеяние пробы:

$$0,874 - 0,32 = 0,554 \text{ деления в минуту}$$

$$p = 0,554 \frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$$

Градуировка прибора промером жидкого эталона с содержанием радия  $4,2 \cdot 10^{-9}$  грамма.

Продувание эталона для удаления эманации было сделано 23/VIII в 13<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

24/VIII 13<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> заряжен электроскоп до 11-го деления. В 13<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> начато определение натурального рассеяния:

от 15 до 20 дел.	15 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>
" 21 " 26 "	15 32
<hr/>	
Среднее . . . . .	15 26

$$5: \frac{60.15 + 26}{60} = 0,324 \text{ делений в минуту.}$$

Натуральн. рассеяние

$$= 0,324 \frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$$

В 14<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> через эталон продут воздух в эманационную камеру.

Объем груши и трубок = 250 куб. м.

В 16<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> начато определение рассеяния эталона:

От 15 до 25 дел.	3 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>
" 15 " 25 "	3 25
" 15 " 25 "	3 28
" 15 " 25 "	3 34
" 15 " 25 "	3 27
Среднее . . . 3 29,4	

Рассеяние при эталоне

$$10: \frac{60.3 + 29,4}{60} = 2,865$$

Истинное рассеяние эталона:  $2,865 - 0,324 = 2,541 \frac{\text{дел.}}{\text{мин.}}$

Количество эманации, накопленной в эталоне за 25 часов, равно  $0,171 \cdot 4,2 \cdot 10^{-9} = 0,72 \cdot 10^{-9}$  кюри.

Оно распределено в объеме  $950 + 250 = 1200$  куб. см.

В литре воздуха заключается эманации:

$$\frac{0,72 \cdot 10^{-9} \cdot 1000}{1200} = 6,10^{-10} \text{ кюри, чему соответствует}$$

истинное рассеяние эталона = 2,541.

Истинному рассеянию в одно деление в минуту

$$\text{соответствует содержание эманации } \frac{6}{2,541} \cdot 10^{-10} =$$

$= 2,36 \cdot 10^{-10}$  кюри на литр объема камеры и соединительных частей.

Вычисление содержания эманации в пробе:

$C = p \cdot C_0$ ;  $C = 0,554 \cdot 2,36 \cdot 10^{-10} = 1,31 \cdot 10^{-10}$  кюри на литр объема камеры, жбана и трубок.

В литре пробы имелось эманации:

$$\frac{V_1 + V_2 + V_3 + 0,25V_4}{V_4} \cdot C,$$

$$\text{т. е. } \frac{3952,5}{530} \cdot 1,31 \cdot 10^{-10} = 9,77 \cdot 10^{-10} \text{ кюри на литр}$$

$$\text{или в единицах Махе: } 9,77 \cdot 10^{-10} : 3,64 \cdot 10^{-10} = 2,68 \text{ единиц Махе.}$$

$$C_0 = 2,36 \cdot 10^{-10} \text{ кюри на литр.}$$

**Пример III. Измерение содержания эманации в воде источника при помощи фонтантометра.**

Барометрическое давление 764 мм.

Температура воздуха 22° С.

Влажность воздуха 69%.

Объем бака 10,8 литров.

Емкость фонтанометра 13 см.  
Собранный фонтанометр заряжен 11/VI-26.

10<sup>h</sup> 28<sup>m</sup> Положение лепестков:  
справа . . . 18,3 деления  
слева . . . 18,4

10<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> Положение лепестков:  
справа . . . 16,2  
слева . . . 16,3

По приложенной к фонтанометру таблице находим потерю потенциала равной 6 вольтам.

11<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> взята у источника проба 0,8 литра.  
11<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> проба подвергнута тряске в баке.  
11<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> начато измерение.

Первоначальное положение лепестков:  
справа . . . 18,5  
слева . . . 18,4

По прошествии пяти минут в 11<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>:  
справа . . . 15,3  
слева . . . 15,2

По таблице потеря потенциала равна 11 вольтам.  
Рассеяние при пробе 132 вольта в час.

Истинное рассеяние пробы  $p = 132 - 12 = 120 \frac{\text{ВОЛЬТ}}{\text{час.}}$

Емкость фонтанометра: 13 см.

Сила ионизационного тока  $i = 13 \cdot \frac{120}{300.3600} =$   
 $= \frac{156}{108.10^3} = 0,00144$  абсолютной электростатической  
единицы.

Объем взятой пробы = 0,8 литр.  
Содержание эманации в воде в единицах Махе

без поправок:  $\frac{0,00144 \cdot 1000}{0,8} = 1,8$  единиц Махе.

Поправка на излучение продуктов распада: долю  $\alpha$  — излучения эманации находим в таблице на стр. 23, которая для 15 минут равна 0,625.

$$1,8 \cdot 0,625 = 1,125 \text{ ед. Махе.}$$

Поправка на неполное использование излучения у стенок бака:

Объем свободной от воды части бака 10.000 куб. см.  
Его внутренняя поверхность 2400 кв. см.

$$K = \frac{1}{1 - 0,52 \cdot \frac{2400}{10.000}} = 1,14,$$

испр. величина = 1,125 · 1,14 = 1,284 ед. Махе.

Натуральное рассеяние

$$= 12 \frac{\text{ВОЛЬТ}}{\text{час.}}$$

$$p = 120 \frac{\text{ВОЛЬТ}}{\text{час.}}$$

Поправка на распад эманации: с момента взятия пробы до начала измерения прошло (с 11<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> до 11<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>)  $\frac{1}{2}$  часа; по таблице II находим для остатка эманации 0,996, т. е. за это время разрушилась 0,004 часть эманации:

$$1,284 \cdot (1 + 0,004) = 1,289 \text{ ед. Махе } ^1).$$

Поправка на растворенную в воде часть эманации

вводится умножением на  $1 + 0,24 \cdot \frac{0,8}{10}$ , т. е. на 1,02.

$$1,289 \cdot 1,02 = 1,315 \text{ ед. Махе.}$$

Содержание эманации радия в пробе = 1,315 ед. Махе.



Эх. №	1170
"	194 г.
Отдел	

<sup>1)</sup> или  $1,284 : 0,996 = 1,289$  ед. Махе.

## Содержание.

	Стр.
От Главной Геофизической Обсерватории . . . . .	II
Предисловие. <i>А. Верно.</i> . . . . .	V
Введение . . . . .	VII
Руководство к измерению радиоактивности горных пород и водных источников	
I. Подготовка электроскопа к измерениям . . . . .	1
II. Измерение радиоактивности веществ в твердом состоянии по альфа-лучам . . . . .	4
III. Определение содержания урана и радия в минералах по гамма-лучам . . . . .	8
IV. Эманационный метод измерения . . . . .	10
V. Определение содержания эманации радия в водных источниках при помощи фонтометра . . . . .	19
Установка и приклейка лепестка . . . . .	29
Таблицы	
Примеры	

Вх. № <u>1170</u>
" " <u>1948г.</u>
Отдел _____

### ИСПРАВЛЕНИЯ:

Стр.		Напечатано:	Должно быть:
7	выноска	$\frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}$	$\frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{d_1}{d_2}$
14	строка 12 сверху	находилась	находилось
14	" 22 "	заполняющей	заполняющем
33	" 10 "	950 куб. м.	950 куб. см.
34	" 4 "	250 куб. м.	250 куб. см.
36	выноска	1,2849	1,289

---