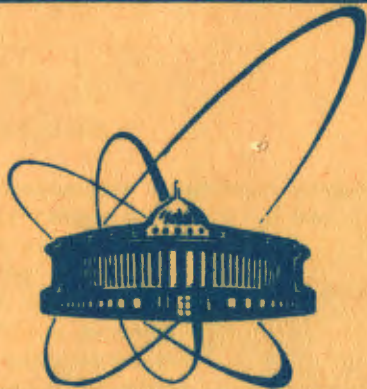


83-388

e +



сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

4385/83

22/8-83

18-83-388

Г.Н.Флеров, С.П.Третьякова, Л.В.Джолос,
М.С.Пазылов¹, А.Н.Султанходжаев¹, С.У.Латипов¹,
А.Д.Беляев², А.И.Муминов², А.М.Усмандияров²

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАДОНА.
В ПОЧВЕ И ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ

¹ Институт сейсмологии АН УзССР, Ташкент.

² Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.

1983

ВВЕДЕНИЕ

Аномальные изменения концентрации радона в почве и термальных водах свидетельствуют о происходящих деформациях земной коры и могут служить указателем предстоящего землетрясения в данном районе^{/1/}.

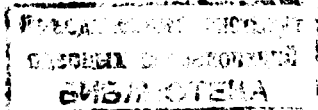
В природе радон имеет три изотопа - радон - ^{222}Rn , торон - ^{220}Rn и актинон - ^{219}Rn , которые образуются соответственно в рядах радиоактивного распада урана (^{238}U), тория (^{232}Th) и актиноурана (^{235}U) и представляют собой газообразные вещества - эманации. Все изотопы радона испытывают альфа-распад, образуя альфа-активные продукты. Два последних изотопа радона (^{220}Rn , ^{219}Rn) - короткоживущие. Радон-222, период полураспада которого равен 3,8 дня, используется в практике геологических исследований как индикатор ряда природных процессов. Исследования, проводимые в сейсмоактивных районах, показывают, что резкое изменение концентрации радона является предвестником тектонических землетрясений. Для определения концентрации радона в непрерывном потоке воды или при ее дискретном отборе обычно используют сцинтилляционный метод. В последнее время для регистрации альфа-активности радона применяют трековые детекторы^{/3-5/}.

Цель данной работы - выявление возможности использования диэлектрического альфа-чувствительного детектора для регистрации вариаций радона в почвах и подземных водах, связанных с тектонической обстановкой региона.

Объектом был выбран Ташкентский геодинамический полигон^{/2/}. Этот район активен в сейсмическом отношении, наиболее изучен; в настоящее время там ведется комплекс сейсмологических, геофизических, гидрогеосейсмологических исследований по поискам предвестников землетрясений^{/1/}.

ВЫБОР ДЕТЕКТОРА И ГЕОМЕТРИИ ОБЛУЧЕНИЯ

Наиболее чувствительными по отношению к альфа-частицам являются такие трековые детекторы, как нитратцеллюлозный и аллилгликолькарбонатный^{/3-5/}. Первый менее чувствителен, изготавливается в виде тонких пленок, и для него разработаны приборы автоматического просмотра. В данной работе использовался такой детектор типа LR-115-11 фирмы КОДАК /Франция/^{/6/}, представляющий собой тонкую /толщиной всего 13 мкм/ пленку, окрашенную в красный цвет. Для удобства эксплуатации она наносится на лавсановую бесцветную пленку толщиной 100 мкм и легко с нее снимается.



Химическая обработка экспонированного детектора проводится в 10-20% растворе NaOH при температуре 60 °С до конечной толщины нитратцеллюлозного слоя /6 мкм/. Ширина канала трека альфа-частицы при этом колеблется от 7,5 до 10 мкм и зависит от ее энергии. При указанном режиме обработки детектор регистрирует альфа-частицы с энергиями от 4,1 до 1,7 МэВ с эффективностью около 80%.

При выборе методики измерения почвенного радона использовались 2 вида геометрии. В первом случае в шурфе диаметром 130 мм на глубине 750 мм в почве устанавливался стакан /вверх дном/, на внутреннюю поверхность дна стакана прикреплялся детектор чувствительной стороной вниз /7/.

При подборе размеров стакана измерялась плотность треков в соотношении диаметр-высота от 60:600 до 100:100 мм и конусности 40°. В пределах ошибки плотность не менялась. Это свидетельствует о том, что "эффективный" объем регистрируемого радона остается постоянным.

В работе /7/ было показано, что уменьшение плотности треков может происходить при конденсации влаги на поверхности детектора. Для снижения "точки росы" /за счет перепада температур/ проводились специальные исследования. Оказалось, что при температуре воздуха над шурфом ниже 10 °С и влажности ~90% при горизонтальном расположении детектора на его поверхности с временем экспозиции 5-7 сут. образуются капельки влаги. При вертикальном положении детектора поверхность /за время экспозиции 7 сут./ была сухой. Однако дальнейшее понижение температуры до 5 °С и ниже при той же влажности вызывает конденсацию влаги. Снизить температуру появления росы до 0 °С помогает слой толченого мела в количестве 10-20 г под стаканом на дне шурфа.

Исследование распределения количества треков по высоте стакана показало, что максимальная плотность наблюдается на высоте 5 см от дна шурфа. Вероятно, этот максимум можно объяснить вкладом эманации торона, альфа-частицы которого имеют энергию 6,3 МэВ, чему соответствует пробег в воздухе 5 см. Период полураспада торона - всего 56 с, поэтому он не успевает продиффундировать в стакан на большую высоту. Однако у него образуется ряд быстро распадающихся продуктов, которые могут давать фоновый вклад в регистрацию треков от распада радона-222 за счет их диффузии и большой энергии α -частиц.

Для снижения фона была опробована другая геометрия регистрации, ранее предложенная в работе /8/ и представленная на рис.1. В этом случае на глубине 0,8 м устанавливалась труба из поливинилхлорида. Внутри нее на высоте 30 см от дна шурфа помещалась полиэтиленовая трубка, в верхней части которой укреплялся детектор чувствительной стороной вниз. Весь остальной объем трубы заполнялся термоизолирующим материалом. "Точка росы" в этом случае снижалась до <-10 °С на поверхности земли. При смене детектора полиэтиленовая трубка вынималась.

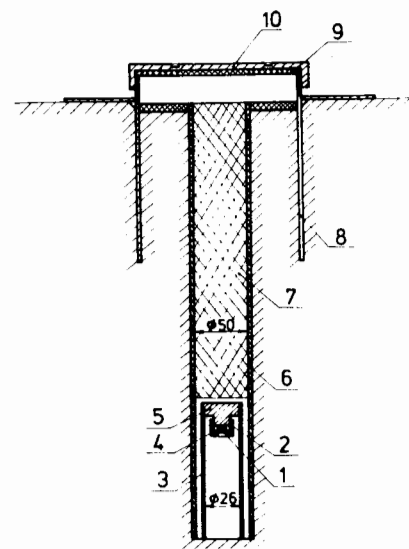
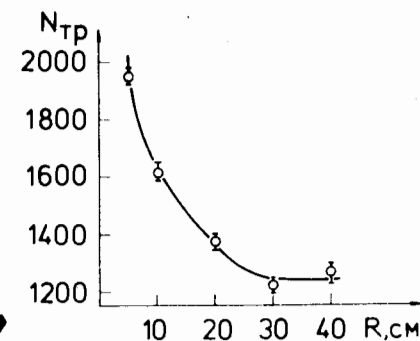


Рис.1. Схематический разрез шурфа и устройства для регистрации почвенного радона: 1 - детектор; 2 - держатель детектора; 3 - полиэтиленовая трубка диаметром 26 мм; 4 - термоизолятор /поролон/; 5 - крышка; 6 - виниловая труба диаметром 50 см; 7 - теплоизолятор /искусственная кошма/; 8 - оголовок; 9 - прокладка, 10 - крышка.

Рис.2. Распределение зарегистрированных треков альфа-частиц эманации радона по высоте трубки диаметром 26 мм от дна шурфа.



На рис.2 показано распределение треков по высоте полиэтиленовой трубки диаметром 26 мм. Кривая выходит на плато при длине трубки 25 см. Для работы была выбрана трубка высотой 30 см.

Как и при использовании стакана, время экспозиции составляло от 5 до 7 сут. Плотность треков в трубке по сравнению с плотностью в стакане уменьшилась примерно на 40%.

Для измерения фона продуктов распада, которые могут садиться на стенки трубки, после 5-суточной экспозиции она вынималась из шурфа и помещалась на плексиглас, менялся детектор. Плотность треков за первые сутки составляла примерно 20% от среднесуточной экспозиции. При последующей экспозиции в течение недели число треков не превышало фона детектора. Это означает, что продукты распада радона-222, осевшие как ядра отдачи на стенках трубки, составляют суточную альфа-активность не менее 20%, т.к. возможно, что они неполностью оседают на стенках трубки после распада радона.

Для изучения колебаний концентраций радона в термальных водах альфа-чувствительный детектор помещался в линию с установкой для непрерывной регистрации активности воды /9/ в устье скважины

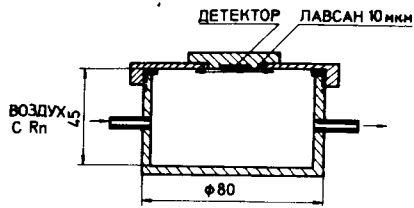
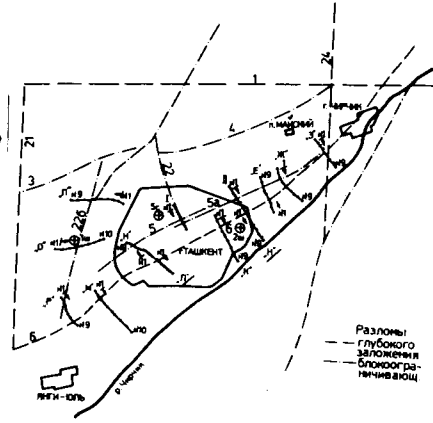


Рис.3. Схема камеры для регистрации альфа-активности радона, извлеченного из термальных вод.

Рис.4. Схема расположения разломов, проходящих в районе Ташкента: 1 - Карачатаузский, 4 - Майский, 5,5а - Северо-Ташкентский, 6 - Каржантауский, 21 - Ташминводский; 226 - Кара-Камышский, 24 - Багишский, 22 - Келесский^{/9/}. Буквами алфавита обозначены линии расстановки детекторов в шурфах, которые показаны точками и нумеруются от 1 до 9-10.



в специально изготовленную камеру /рис.3/. Объем пропускаемого через камеру обогащенного радоном воздуха контролировался счетчиком. Смена детектора осуществлялась без нарушения воздушного потока, т.к. детектор был отделен от исследуемого объема лавсановой пленкой толщиной 8 мкм^{/10/}.

Просмотр детекторов осуществлялся двумя способами: с помощью оптического микроскопа с увеличением 100-600х и при помощи истрогового счетчика, специально изготовленного в ВНР^{/11/}. Во втором случае полное время определения числа треков на одном детекторе составляет 10 мин, воспроизводимость счета - 97-99% с эффективностью 70% от полного количества треков, регистрируемых детектором.

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕГИСТРАЦИИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА-222

С целью апробации трекового метода регистрации радона и уточнения местоположения Северо-Ташкентского, Кара-Камышского и Каржантауского разломов^{/9/}, расположенных в пределах Ташкентского геодинамического полигона, были установлены детекторы вдоль /через 5-12 км/ и поперек разломов /через 400-500 м/. Схема расположения шурфов показана на рис.4. Использовалась геометрия "труба в трубе".

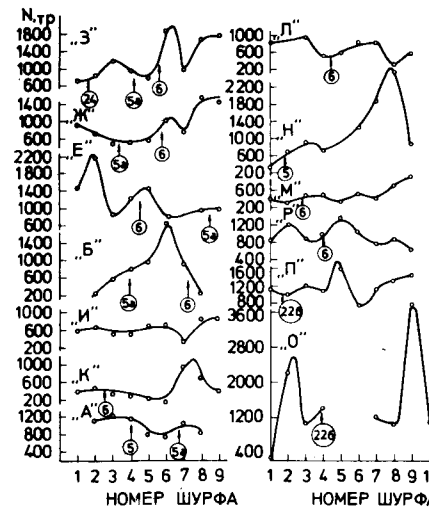


Рис.5. Результаты измерений числа треков альфа-частиц эманации радона в диэлектрических детекторах, помещенных в шурфах, расположенных в разломах района Ташкента. Время измерения - 7 сут, нормировка треков - на 30 мм². Стрелками указаны разломы, представленные на рис.4.

На рис.5 показано распределение числа треков по шурфам, расположенным поперек исследуемых разломов. Стрелками указаны разломы, расположенные по схеме рис.4. Можно видеть, что максимумы плотности треков в основном совпадают с указанными разломами. Это подтверждает действенность используемой методики регистрации Rn. Кроме того, таким способом можно определять наиболее активные точки в разломах для систематического наблюдения.

В период 1980-1982 гг. для систематического наблюдения на Каржантауском /ул.Луначарского, Ташкент/ и Кара-Камышском /пос.Назарбек/ разломах^{/9/} были установлены детекторы в шурфах глубиной 75 см на дне переведенного стакана. Кроме того, радоновая эманация измерялась в скальной штольне около водохранилища Чарвак^{/9/}, находящегося примерно в 100 км от Ташкента. Детекторы размещались в горизонтальном и вертикальном шурфах глубиной 75 см в стаканчиках. Около Чарвакской плотины проводятся прогностические работы и наблюдается сейсмоактивность района. Через водохранилище проходят разломы Кепкольский и Кумбельский^{/9/}, их пересекает Каржантауский^{/9/}. Штольня расположена в 200 м от плотины и пересекает небольшой разлом Ишонкуприкский^{/9/}, который входит в Кепкольский. Смена детекторов проводилась через 5-7 сут.

Полевые эксперименты по изучению аномального изменения концентрации радона в подземных водах трековым методом проведены на скважине Ташкентского артезианского бассейна "Победа"^{/9/}. Подземные воды, в которых изучались концентрации радона, относятся к сеноманскому горизонту мела. На участке работ этот горизонт прослеживается на глубине 1800-2000 м^{/12/}. Вода пресная, минерализация 0,5-1,2 г/л, температура в устье скважины - около 70°С. В настоящее время проводятся гидросейсмологические исследования поисков предвестников землетрясений на базе этих вод^{/9/}, включающие в себя изучение газодинамического, радиоактивного и изотопного состава подземных вод. Скважина оборудована установкой для непрерывной регистрации содержания радона, растворенного в воде. Производится ежедневный лабораторный анализ

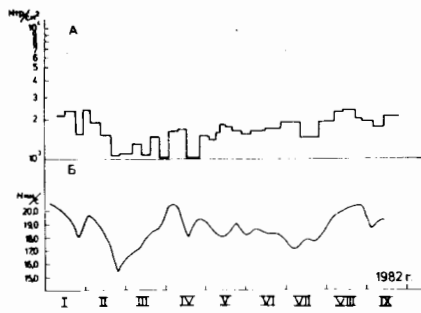


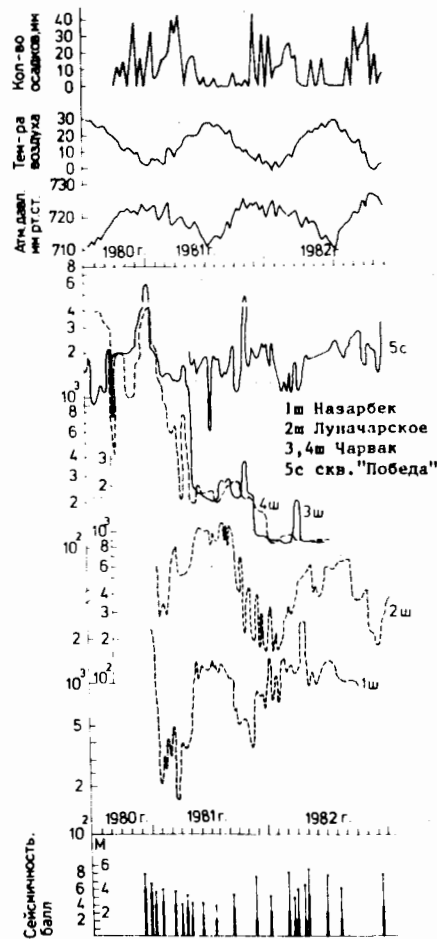
Рис.6. Измерение эманации радона, извлеченного из термальной воды, двумя методами: кривая А - с помощью трекового детектора, кривая Б - электронным методом /с использованием ФЭУ/, на оси ординат: для /А/ - суточная плотность треков альфа-частиц, /Б/ - число импульсов в секунду, по оси абсцисс - календарное время измерения.

Рис.7. Результаты систематического измерения в течение 1980-82 гг. эманации радона в почве /кривые 1ш-4ш/ и в термальной воде /кривая 5с/. Точки наблюдения 1ш, 2ш и 5с соответствуют разломам, показанным на рис.4, а 3ш и 4ш - разломом, расположенным в 100 км от Ташкента, у Чарвакского водохранилища. Три верхние кривые характеризуют атмосферные условия /давление, температуру, количество осадков/, а нижняя - сейсмоактивность исследуемого района, выраженную в баллах /столбик/ и магнитуде /точка/.

проб воды. Среднее содержание радона колеблется в пределах 4-8 эманов. Наблюдались аномалии, связанные с землетрясениями.

На рис.6 приведены результаты измерения концентрации радона за 1982 год в термальных водах с помощью нитрата целлюлозы /кривая А/ и ФЭУ /кривая Б/. Данные двух методов хорошо коррелируются, что дает основание сделать вывод о возможности применения трекового метода для измерения аномалий радоновых эманаций.

На рис.7 представлены результаты проведенных исследований за



период 1980-1982 гг. в районе пос.Назарбек /кривая 1ш/; ул.Луначарского в Ташкенте /кривая 2ш/, в штольне около водохранилища Чарвак /3ш и 4ш/, на скважине "Победа" /кривая 5с/. Плотность треков альфа-частиц, зарегистрированных детектором, нормирована на одни сутки в 1 см^2 . Статистическая ошибка счета - менее 3%.

Аномалии в концентрациях радона могут быть связаны с атмосферным давлением, температурой воздуха, количеством атмосферных осадков. Поэтому на рис.7 представлены данные указанных параметров окружающей среды за время измерения. Там же показаны данные и по сейсмичности исследуемого района, выраженные в баллах и магнитуде ^{/13/}.

Наблюдаемая регулярность колебаний плотности треков в зависимости от календарного времени, очевидно, связана с лунно-солнечными приливами, что свидетельствует о чувствительности используемого метода. Аномалии в этой цикличности должны привлекать внимание, так как они могут свидетельствовать о геофизических процессах в недрах Земли.

В расположении кривых 1ш и 2ш на рис.7 можно видеть некоторую закономерность, связанную с временем года. Меньшая плотность треков наблюдается зимой. Однако сезонная зависимость в некоторых точках явно нарушена, особенно это заметно на кривой 1ш /Назарбек/.

Сопоставление полученных данных по эманации радона с помощью описанного метода, с сейсмичностью изучаемого района указывает на некоторую аномалию в плотностях треков при повышенной сейсмоактивности. Это особенно относится к зимним периодам 1980-1982 гг. Данные по Назарбекскому землетрясению ^{/13/} довольно хорошо согласуются с результатами, представленными на рис.7.

Для того, чтобы судить о кинетике изменения концентрации радона в связи с сейсмоактивностью, необходимо уменьшить время экспозиции. Из рис.7 видно, что детекторы можно менять через 2-3 дня, поскольку собственный фон их не превышает 10 треков/ см^2 .

Интересным представляется положение, предложенное в работе ^{/13/}, где наблюдается зависимость времени аномального изменения концентрации радона от магнитуды землетрясения.

На основе проведенных исследований можно сделать следующее заключение:

1. Трековые детекторы надежно регистрируют радон в почве и термальных водах в описанных видах геометрии опыта.
2. Метод не требует сложной аппаратуры, прост в обработке и получении информации.
3. Результаты регистрации количества радона в термальных водах на установке с ФЭУ и трековым детектором показали на возможность их использования для измерения аномалии в концентрациях радона в скважинах.

4. Изучение поперечного сечения разломов в районе Ташкента показало, что плотность треков в центре разлома и на его периферии может различаться в 5 раз. Эти эксперименты позволяют точно определить расположение разлома и выбрать наиболее оптимальную точку для систематического наблюдения за вариациями концентрации радона.

5. Сравнение изменения плотности треков и атмосферных условий /давление, температура, количество осадков/ показало, что сезонные вариации за исследуемый промежуток времени выражены слабо, возможно, из-за высокой сейсмичности данного района.

6. Сопоставление результатов по измерению эманации радона и сейсмичности данного района указывает на необходимость уменьшения времени экспозиции до 2-3 сут, расширения числа пунктов систематического наблюдения для получения более широкой информации по аномальному изменению концентрации радона в связи с сейсмоактивностью.

Авторы выражают глубокую благодарность Т.Закирову за помощь в работе и полезные обсуждения результатов, К.И.Меркиной, Т.И.Рыбаковой, И.В.Ивановой, В.А.Пономаренко за помощь при обработке и просмотре детекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садовский М.А. и др. Тектонофизика, 1972, 14, с.295-307.
2. Султанходжаев А.Н. и др. В кн.: Радиоактивные эманации при изучении геологических процессов. Изд-во "ФАН" УзССР, Ташкент, 1979, с.80-83.
3. King C.Y. Nature, 1978, 271, p.516-519.
4. King C.Y. J.Geophys.Res., 1980, 85, p.3065-3078.
5. Fleischer R.L. Geophys.Res.Lett., 1981, 8, p.477-480.
6. Knöfel T.M.J. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 171, p.339-345.
7. Fleischer R.L. et al. J.Geophys.Res., 1978, 83, p.3539-3549.
8. Seidel I.L. et al. Proc.11th Int.Conf. SSNTD. Bristol, Sept.7-12, p.517-532. Pergamon Press, Oxford, 1981.
9. Султанходжаев А.Н. и др. Узб.геол.журнал, 1973, № 4, с.33.
10. Третьякова С.П., Пономаренко В.П. 4-е Совещание по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. ОИЯИ, P18-82117, Дубна, 1982, с.307.
11. Varnagy M. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1977, 141, p.489-497.
12. Султанходжаев А.Н. и др. Методические рекомендации к гидро-сейсмологическим исследованиям. Изд-во "ФАН" УзССР, Ташкент, 1980, с.134.
13. Султанходжаев А.Н. и др. Узбекск.геол.журнал, 1982, № 5, с.33.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1983 года.

Флеров Г.Н. и др.

18-83-388

Методика измерения радона в почве и термальных водах

Исследованы возможности использования диэлектрических детекторов для регистрации аномальных изменений концентрации радона в почвах и подземных водах. Использованы два вида геометрии при выборе методики измерения почвенного радона. Замечена регулярность колебаний плотности треков в зависимости от календарного времени и атмосферных условий. Показано, что трековые детекторы надежно регистрируют радон в почве и термальных водах, что различие плотности треков в центре и на периферии разломов позволяет точно определить их расположение и точку наблюдения за изменением концентрации радона. Сопоставление результатов указывает на необходимость уменьшения времени экспозиции и расширения числа пунктов систематического наблюдения.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Flerov G.N. et al.

18-83-388

Techniques for Radon Measurements in Soils and Thermal Waters

The possibilities of using dielectric detectors to record variations of radon concentration in soil and in underground waters are investigated. The technique for measuring soil radon was chosen using two geometries. It has been noted that there is some regularity in the variations of the track density depending on the calendar time and on the atmospheric conditions. It is shown that track detectors are capable of registering radon in soil and in thermal waters reliably and that the difference between the track densities at the centre and in the periphery of abyssal fractures permits the accurate location of tracks and the determination of the point to observe changes in radon concentration. The comparison of the results leads to the conclusion that the exposure time should be reduced and the number of points for systematic observation should be increased.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод Л.В.Пашкевич.