

24/2-83



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

5575/83

18-83-445

С.П.Третьякова, Л.В.Джолос, И.Л.Нерсесов*,
Г.И.Войтов*, В.Д.Павлов*

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА
В ВОЗДУХЕ ПОЧВЫ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ

* Институт физики Земли АН СССР им. О.Ю.Шмидта

1983

Большой интерес вызывает возбужденная сейсмичность, обусловленная заполнением крупных водохранилищ. Известны и описаны десятки случаев, когда после создания водохранилищ сейсмическая активность возрастала, происходили сильные и разрушительные землетрясения ^{/1/}.

В Советском Союзе возбужденная сейсмичность изучается на нескольких крупных водохранилищах - Нурекском, Ингури, Черкейском, Зейском, Чарвакском, Токтогульском ^{/2,3/}.

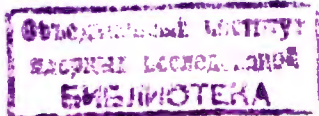
Токтогульская бетонная плотина /высотой 214 м/ сооружена в нижнем течении р. Нарын на юге Киргизии. Проектный объем водохранилища - 19 км³. Водохранилище расположено вдоль Талас-Ферганского разлома - крупнейшего тектонического образования Центральной Азии ^{/3/}.

Район Токтогульского водохранилища высокосейсмичен. Имеются следы крупных землетрясений, происходивших в голоценовый период. В 60 км от нынешнего гидроузла произошло крупнейшее в Средней Азии Чаткальское ^{/3/} землетрясение 1946 г. с $M = 7,6$. Вследствие повышенной сейсмической активности района строительства детальные исследования здесь начались уже в период изыскательских работ и позволили правильно оценить сейсмическую опасность района, учтенную при проектировании гидросооружения ^{/3/}.

Наполнение водохранилища началось в 1973 г., к лету 1980 г. уровень воды у плотины достиг 167 м, объем водохранилища 13,3 км³. Далее воду начали сбрасывать, и к началу 1983 г. параметры водохранилища достигли 150 м и 9,7 км³ соответственно ^{/3/}. Система наблюдений /5 экспедиционных и 9 телеметрических сейсмических станций/ позволяет локализовать эпицентры землетрясений в районе гидроузла с точностью не хуже 0,5 км по площади и 1,0 км по глубине. Регистрируются землетрясения в диапазоне магнитуд $M = 0,5-5,0$. Установлено, что в районе Токтогульского водохранилища наблюдается возбужденная сейсмичность, и выражается она в возрастании числа слабых землетрясений / $M = 0,5-2,0$ / в непосредственной близости от гидроузла. Глубина очагов этих землетрясений - до 5 км.

Максимальное количество слабых землетрясений в этой области приходится на лето 1979 г. в период наибольшей скорости увеличения уровня воды. В дальнейшем сейсмическая активность уменьшилась и вышла на уровень, который был до строительства водохранилища. Возможно, это связано с прекращением быстрых перепадов уровня воды, медленным понижением его к 1982 г.

В 1981 г. в районе Токтогульского водохранилища началось изучение изменений во времени содержания радона в воздухе



почвы с целью прогноза землетрясений. Возможность этого метода основывается на следующих соображениях.

Изотопы радона /радон, торон и актинон/ являются продуктами α -распада радия / ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{223}Ra /. Все они α -излучатели и соответственно имеют периоды полураспада 3,825 дня, 54,5 и 3,92 с. Это - важный параметр, позволяющий оценить возможную протяженность миграции газа от места локализации материнских продуктов.

Второй важный параметр для таких оценок - величина коэффициента диффузии; при диффузии газа в воде в зависимости от температуры последний он изменяется от $0,67 \times 10^{-5}$ до $1,65 \times 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ в температурном интервале $0-30^\circ /4/$.

Попытки оценить дальность миграции ядер ^{222}Rn в рыхлых водонасыщенных грунтах с учетом периода полураспада химического элемента и значения коэффициента диффузии не привели к величинам больше 10-12 м^{15/}. Это заставляет искать особый механизм образования длительных /во времени/ радоновых аномалий в атмосфере почв и подпочв сейсмически активных областей. В последнем случае известное влияние на выход радона имеет атмосферное давление, а также суточные и сезонные температуры, количество атмосферных осадков и т.д. Однако, как показано в^{14/}, ни один из указанных параметров не может определяюще влиять на формирование длительных /более 2-3 мес/ радоновых аномалий, экстремальные значения которых, например, в пределах разлома Сан-Андреас^{15/}, как правило, коррелируются с сейсмическими событиями магнитуды 3,5-4 и более.

Для объяснения описанного эффекта, по-видимому, можно рассмотреть два альтернативных варианта. Согласно одному из них^{16,17/}, радоновые аномалии, в первую очередь - в изливающихся водах источников и скважин, можно рассматривать как следствие воздействия на структуру горных пород энергии акустических волн при возникновении упругих деформаций в массивах горных пород. По мнению авторов работы^{18/}, указанный эффект сопровождается срывом сорбированных поверхностями горных пород ядер радона, переводом их в подвижное состояние с последующим выносом водами в область разгрузки. Однако такой механизм переноса ядер радона в почвы и подпочвы явно не "работает" в рыхлых отложениях с достаточно глубоким уровнем грунтовых вод /более 10 м/. Поэтому приходится допускать альтернативный вариант образования длительных /наряду с короткими, спонтанными/ радоновых аномалий за счет переноса ядер радона восходящими конвективными потоками газов-носителей, в качестве которых можно рассматривать азот, CO_2 , CH_4 или их смеси в любых композициях. Наиболее плотны потоки таких газов в тектонически разуплотненных зонах^{19/}; соответственно, эти зоны отчетливо выделяются в газовой-геохимических полях, в том числе - в органо-минеральном слое осадочных отложений и в водах коры выветривания.

В сейсмически активных областях естественная "кусковатость"^{10/} и мобильность земной коры обеспечивают ее высокую проницаемость. Омывая на своем пути эманулирующие поверхности горных пород, газы-носители мобилизуют ядра радона и выносят их в область стока - атмосферу Земли. По-видимому, именно таким механизмом можно объяснить крайне неравномерное распределение радона в атмосфере, при котором его содержание в трехсотметровом слое воздуха над сейсмически активным южным Казахстаном и Средней Азией в 10-25 раз превышает содержание ядер радона над Русской плитой, Западной Сибирью и заполярными областями СССР^{11/}.

Такой механизм образования радоновых аномалий в атмосфере почв и подпочв не противоречит образованию других газовой-геохимических аномалий в сейсмически активных областях^{12/} и вытекает из существующих представлений о динамике формирования структуры очаговых зон тектонических землетрясений^{13/}.

Методика наблюдений за изменением радона состояла в следующем.

Диэлектрический детектор размером 10x20 мм укреплялся на дно внутри плексигласового стаканчика, имеющего форму усеченного конуса, основания которого 55 мм и 70 мм и высота 90 мм^{14/}. Стакан устанавливался в шурф глубиной 600-800 мм, диаметром 250-300 мм. Для предохранения от осыпания стенки шурфа укреплялись досками, а верх закрывался. Перед установкой стаканчик плотно закрывался пленкой-мембраной, удерживаемой специальным кольцом^{14/}. Пленка предназначена для предохра-

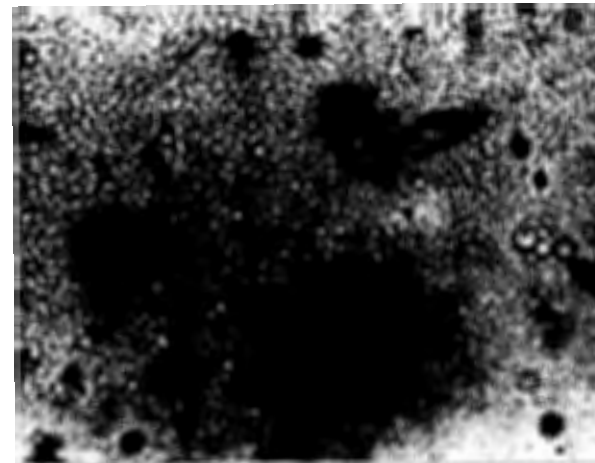


Рис.1. Микрофотография треков альфа-частиц в детекторе на основе диэтиленгликольбисаллилкарбоната после травления в 30% растворе КОН при 70° в течение 5 ч. Увеличение 800 X.



Рис.2. Схема расположения пунктов измерения почвенного радона в районе Токтогульского водохранилища.

нения стаканчика от попадания в него влаги. В шурф стаканчик ставился вверх дном. Как правило, стаканчики устанавливались на 10 дней.

Для регистрации альфа-частиц радона использовались слои пластика, изготовленного на основе диэтиленгликольбисаллилкарбоната ¹⁵/₁. Этот детектор отличается высокой чувствительностью и эффективностью регистрации альфа-частиц до энергии 60 МэВ. Гомогенность свойств позволяет получать хорошо воспроизводимые результаты.

Усиление треков альфа-частиц до видимых в микроскоп размеров проводилось путем обработки облученных слоев в 30% растворе гидроксида калия в течение 5 ч при температуре 70°С.

На рис.1 показана микрофотография треков альфа-частиц радона-222 после указанного режима обработки. Просмотр и подсчет треков проводился на оптическом микроскопе при увеличении 100X.

В районе Токтогульского водохранилища измерение радона производилось на трех сейсмических станциях /рис.2/.

Станция Карасу находится в зоне Талас-Ферганского разлома в долине р. Карасу ³/₁. Шурф сделан в рыхлых отложениях поймы реки, мощность которых составляет первые десятки метров. Расстояние от шурфа до реки - 30-35 м.

Станция Каракуль находится в пределах Карасунского грабена в 25 км к юго-западу от Талас-Ферганского разлома ³/₁. Шурф находится на первой речной террасе, сложенной галечниками. Расстояние до реки Карасу - 40-50 м.

Станция Токтогул расположена к северо-востоку от Талас-Ферганского разлома. Шурф пройден в лёссовых отложениях, слагающих 4-5 террас, мощность которых в районе станции - 1-1,3 км. Расстояние до водохранилища - 5 км.

На рис.3 показано временное изменение эманации радона, выраженной суточным количеством треков на см², для трех точек наблюдения. Кривая "Б" показывает изменение сейсмичности района за исследуемый отрезок времени в виде месячной суммы корней квадратных из энергии землетрясений. Эта величина пропорциональна деформациям, происходящим в недрах Земли. На этом же рисунке представлены измерения уровня воды у плотины /В/ и скорость изменения его во времени /Г/.

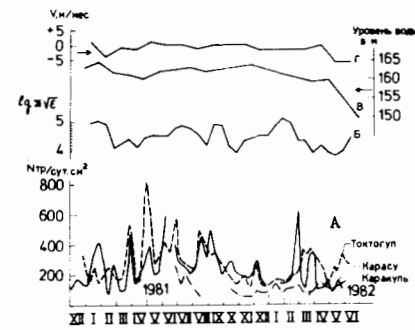


Рис.3. Временные изменения: А - активности радона, выраженной в суточной плотности треков, систематически измеряемой в трех точках - Токтогул, Карасу, Каракуль; Б - сейсмичности района, выраженной как месячная сумма корней квадратных из энергии землетрясений; В и Г - уровни воды и месячной скорости колебаний уровня воды Токтогульского водохранилища.

При сравнении всех полученных результатов за 1981-1982 гг. можно сказать, что изменение концентрации радона в почве во всех трех пунктах измерения проходило одинаковым образом, чему свидетельствует аналогичный ход кривых. Наблюдается зависимость выхода радона от времени года: зимой концентрация ниже, чем летом. Однако эта регулярность иногда нарушается, что может быть связано с происходящими деформациями в данном районе. Так, например, на станции Карасу в зимние месяцы 1981 и 1982 гг. наблюдалось резкое повышение эманации радона.

Некоторой мерой сейсмичности района может служить кривая "Б". При сравнении хода этой кривой с кривыми плотности треков можно видеть явную корреляцию изменения эманации радона с энергией землетрясений. Эти результаты свидетельствуют о чувствительности описанного метода определения радона, если учесть, что магнитуды зарегистрированных в этот период времени землетрясений не превышали 2,5-3,0.

Колебание уровня воды в скважинах и водохранилищах относится к гидрогеодинамическому предвестнику землетрясений. Поэтому и кривые "В" и "Г" можно рассматривать как характеристику происходящих в данном районе деформаций приповерхностного слоя Земли ¹³/₁. Однако в данном случае трудно провести четкую корреляцию между кривыми уровня и кривыми, связанными с энергией землетрясения /Б/ и плотностью треков. Возможно, это возникает из-за некоторых усреднений результатов по времени. Результаты по измерению плотности треков альфа-частиц в трековых детекторах показывают, что экспозицию детекторов можно снизить до 2-3 суток. Возможно, в этом случае будет более четко видна зависимость изменения концентрации радона от возбужденной сейсмичности.

Авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флерову за постоянный интерес к работе, К.И.Меркиной, Т.И.Рыбаковой, И.В.Ивановой за помощь при обработке детекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гупта Х., Растоги Б. Плотины и землетрясения, "Мир", М., 1979.
2. Негматуллаев С.Х. Возбужденная сейсмичность вблизи Нурекского водохранилища. Сб. статей. "Дониш". Душанбе, 1975.
3. Simpson D.W. et al. Tectonics and seismicity of the Toktogul reservoir region, Kirgizia, USSR, Journal of geophysical research, 1981, v. 86, N B1, p. 345-358.
4. Brocker W.S., Peng T.H. Jellus, 1974, v. 26, N 1-2.
5. King Chi-Ju, Nature, 1978, v. 271, No. 5645.
6. Андреев П.Ф. и др. Журнал физической химии, 1960, т. 34, №11.
7. Грацинский В.Г. и др. Изв. АН СССР, сер. физика Земли, 1967, №10.
8. Султанходжаев А.Н. и др. Узбекский геологический журнал, 1977, № 2.
9. Тугаринов А.И. и др. Геохимия, 1975, № 11.
10. Садовский М.А. ДАН СССР, 1979, т. 247, № 4.
11. Болтнева Л.И. и др. ДАН СССР, 1980, т. 251, № 2.
12. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей, "Мир", М., 1976.
13. Мячкин В.И. и др. В книге: "Поиски предвестников землетрясений". "Наука", М., 1976.
14. Likes R.S. et al. Nucl. Instr. Meth., 1979, 159, p. 395-400.
15. Cartwright B.G. et al. Nucl. Instr. Meth., 1978, 153, p. 457-460.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 июня 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2 81 513	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Третьякова С.П. и др. 18-83-445
Изучение изменений содержания радона в воздухе почвы в эпицентральной зоне

Методом трековых детекторов изучалась возможность регистрации аномальных изменений концентрации радона в почве. Исследования проводились в области Талас-Ферганского разлома в период 1980-1982 гг для изучения возбужденной сейсмичности в связи с созданием Токтогульского водохранилища.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Tretyakova S.P. et al. 18-83-445
Investigation of Changes in Radon Concentration of Epicentral Zone Soil Air

Using the track detector method a possibility was studied to detect anomalous changes in radon concentration in soil. The investigations were performed in the region of Talas-Fergan cleft during 1980-1982 in order to study excited seismicity in connection with the creation of the Toktogul storage lake.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой