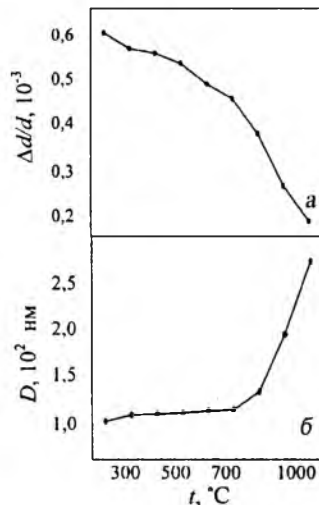


бразговского. Возникновение петель вакансионного типа не полностью коррелирует с полученными ранее [8] изменениями параметров элементарных ячеек. Поэтому следует предположить, что при облучении образуется значительное число точечных вакансий и их малых скоплений, которые не вносят значительного вклада в диффузное рассеяние, но влияют на параметры ячейки. При температуре не более 600 °С большая часть радиационных дефектов отжигается, после чего восстановление структуры идет медленнее. Полного восстановления структуры при 1000 °С не происходит. Облучение приводит к полному разрушению кристаллического кварца в керамике и переходу протоэнстатита в клиноэнстатит (см. рис. 2, диаграммы 1, 2). Отжиг не восстанавливает кристаллическую структуру кварца, приводит к стабилизации фазы клиноэнстатита (см. рис. 2, диаграммы 3, 4).

Определить микроискажения 2-го рода и размеры зерен в материалах позволяет метод регуляризации. Изменение этих параметров в зависимости от температуры отжига подтверждает данные анализа диффузного рассеяния (рис. 3).

Таким образом, по данным рентгеноструктурного анализа и инфракрасной спектроскопии облучение нейтронами до флюенса $3,7 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-2}$ необратимо изменяет структуру силиката магния в стеатитовой керамике СК-1.



Р и с. 3. Зависимость микродеформаций (а) и размеров зерен энстатита (б) в облученных образцах СК-1 от температуры отжига

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривоглаз М.А. Теория рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов реальными кристаллами. М.: Наука, 1967. 336 с.
2. Косенков В.М. Рентгенография в реакторном материаловедении. М.: Энергоатомиздат, 1985. 105 с.
3. Ванина Е.А. Влияние нейтронного облучения на структуру метасиликата магния в оксидной керамике. — Физика и химия обработки материалов, 1997, № 5, с. 5—7.
4. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры силикатов. М.: Изд-во МГУ, 1967. 189 с.
5. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1975. 519 с.
6. Moenke H. Mineralspectren. Berlin: Akademie-Verlag, 1962. 42 p.
7. Лазарев А.Н. Колебательные спектры и строение силикатов. Л.: Наука, 1967. 347 с.
8. Kostyukov N.S., Astapova E.S. Methods of increasing the radiation resistance of composite materials. — J. Advanced Mat., 1996, v. 3(4), p. 292—298.
9. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Гос. научно-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1957, т. 2. 616 с.
10. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Гос. научно-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1957, т. 3. 869 с.

Поступило в Редакцию 13.10.2000

УДК 539.124.17

γ-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ²²²Rn В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Мухамедов А.К., Потешкин Г.В., Салихбаев У.С., Сафаров А.Н.,
Хазратов Т.Х., Хушмуродов Ш.Х. (Самаркандский гос. ун-т),
Муминов И.Т. (Национальный ун-т Узбекистана),

Инояттов А.Х., Рашидова Д.Ш., Холбаев И.Х. (НИИ прикладной физики
Национального ун-та Узбекистана)

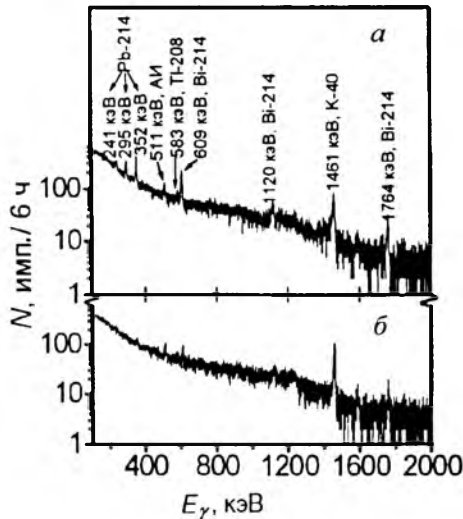
Основной вклад в радиоактивность атмосферы вносит ²²²Rn (T_{1/2} = 3,83 сут, ряд ²³⁸U), поступающий из почвы и природных вод. Его концентрация в почвенном воздухе и природных водах, колеблющаяся в пределах 2,4—4,4 и 0,3—10⁴ Бк/л соответственно, определяется различными методами непосредственно по α- или α-, γ-, β-излучению дочерних радионуклидов и является одной из главных задач радиоэкологии [1].

В настоящей работе γ-спектрометрическим методом определено содержание ²²²Rn в природных водах некоторых скважин Самаркандской и Навоийской областей (см. таблицу).

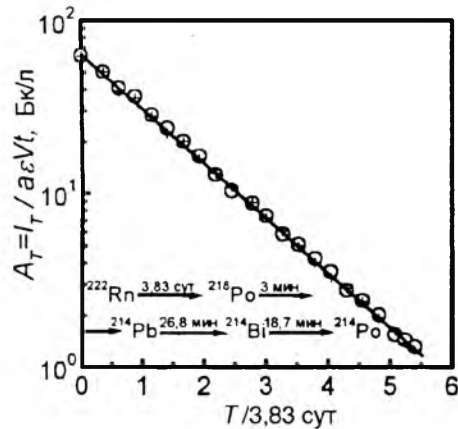
Исследованные источники подземных вод

Номер образца	Глубина скважин, м	Температура воды, °С	Географическое месторасположение
1	250	67	с. Олтинсой, Хатырчинский район, Навоийская область
2	168	40	с. Шуробод, Нурабадский район, Самаркандская область
3	550	20	с. Агалык, Самаркандский район, Самаркандская область
4	650	40	пос. Нурбулак, Нурабадский район, Самаркандская область
5	450	20	г. Самарканд

Измерительная аппаратура и калибровочные источники. Измерения проводили с помощью γ -спектрометра с Ge(Li)-детектором ($V = 100 \text{ см}^3$, $\Delta E = 6,2 \text{ кэВ}$ на $E_\gamma = 1332 \text{ кэВ}$ ^{60}Co). В спектрометрическом тракте был применен линейный усилитель LPA 4910.2 и амплитудно-цифровой преобразователь ПА001 (ОИЯИ, Дубна). Спектрометрическую информацию обрабатывали на IBM PC с помощью пакета программ MARCS (ОИЯИ, Дубна).



Р и с. 1. Измеренный γ -спектр проб воды (образца № 1) для времени выдержки 0,4 (а) и 15 сут (б)



Р и с. 2. Спад активности ^{214}Bi ($E_\gamma = 609 \text{ кэВ}$) (○) и ^{214}Pb ($E_\gamma = 352 \text{ кэВ}$) (×) в пробе воды № 1 ($t = 6 \text{ ч}$, относительная ошибка δA_T изменяется от $\sim 3\%$ для $A_T \approx 60 \text{ Бк/л}$ до 9% при $A_T \approx 2 \text{ Бк/л}$)

Спектрометр по эффективности регистрации γ -излучения калибровали с помощью источников ^{40}K , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{226}Ra и ^{232}Th из комплекта объемных мер активности специального назначения в однолитровых сосудах Маринелли с наполнителями из силикагеля плотностью 980 г/л [2].

Методика измерений. Счетные образцы проб приготавливали непосредственным забором воды из скважины в однолитровые сосуды Маринелли с последующей их герметизацией. В γ -спектрах (S_T) образцов наблюдаются фотопики излучения ^{214}Pb , ^{214}Bi из ряда ^{238}U и ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl из ряда ^{232}Th , а также ^{40}K . Наличие ^{214}Pb , ^{214}Bi в образцах связано с распадом растворенных в воде ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3,83 \text{ сут}$) и ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1620 \text{ лет}$).

В образцах, выдержанных свыше 40 сут ($t/T_{1/2}(\text{Rn}) > 10$), излучение, связанное с распадом ^{222}Rn , исчезает, и в урановом спектре проявляются фотопики излучения ^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb и ^{208}Tl , а также ^{214}Pb и ^{214}Bi , связанные с распадом ^{226}Ra . Разностный γ -спектр $P_T = S_T - U$ в момент измерения T обусловлен излучением дочерних радионуклидов ^{222}Rn : ^{214}Pb и ^{214}Bi .

γ -Спектры прослеживались на периоде полураспада. Энергетический диапазон измерения выбран в интервале $0,05\text{--}2 \text{ МэВ}$, длительность отдельного измерения 6 ч ($t/T_{1/2}(\text{Rn}) = 1/15$). В качестве аналитических линий выбраны фотопики 352 кэВ ^{214}Pb и 609 кэВ ^{214}Bi . По площадям фотопиков I_T в спектрах P_T с учетом длительности измерения t , объема образца V , квантового выхода a и эффективности регистрации излучения ϵ определена активность радионуклидов $A_T = I_T / a\epsilon Vt$ на момент времени измерения T и $A_0 = A_T \exp(0,693t/T_{1/2})$ на момент отбора пробы $T = 0$. Очевидно, что в герметизированных образцах должно выполняться равенство $A(\text{Rn}) = A(\text{Pb}) = A(\text{Bi})$.

Результаты измерений и их обсуждение. Интенсивность излучения ^{214}Pb и ^{214}Bi в спектре образца, измеренном после 40 сут выдержки (фон и излучение дочерних радионуклидов ^{226}Ra), соответствует активности 6 Бк . В разностном спектре $P_T = S_T - U$ проявляются только фотопики излучения ^{214}Pb и ^{214}Bi , интенсивность которых спадает с $T_{1/2}$ ^{222}Rn , их активность в пределах точности измерений совпадает (рис. 1, 2), что свидетельствует о корректности измерений и достоверности результатов. Ак-

тивность ^{222}Rn в пяти образцах вод на момент отбора такова. Бк/л: 57,6, 80,2, 14,5, 30,1 и 12,3 соответственно. Таким образом, определена активность ^{222}Rn в пяти пробах подземных вод, что соответствует известным данным [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Природные изотопы гидросферы. Под ред. В.И. Феронского. М.: Недра, 1975.
2. Свидетельство № 110/95. Образцовые меры активности специального назначения (ОМАСН). ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. С.-Петербург, 1995.
3. Радиоактивность и пища человека. Под ред. Р. Рассела. Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1971.

Поступило в Редакцию 4.11.2000

УДК 539.124.17

РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ЗАРАФШАН

*Мухамедов А.К., Салихбаев У.С., Хазратов Т.Х. (Самаркандский гос. ун-т),
Мунинов И.Т., Худойбердиев А. (Национальный ун-т Узбекистана),
Инояттов А.Х., Рашидова Д.Ш., Холбаев И.Х. (НИИ прикладной физики
Национального ун-та Узбекистана)*

В настоящей работе γ -спектрометрическим методом исследовано содержание радионуклидов в объектах природной среды, отобранных в Самаркандской области Узбекистана на р. Зарафшан (Жамбайский район), ее ветвях Карадарья (Пастдаргомский район), Акдарья (Челекский район), Даргом (пос. Хишрау) и в их прибрежной зоне (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Характеристики образцов отобранных на р. Зарафшан (1), Карадарья (2), Акдарья (3), Даргом (4) и в их прибрежных зонах

Образцы, код	Плотность, кг/л	Место отбора
Вода 1В, 2В, 3В, 4В	1	Река, глубина 0,5 м
Донные отложения 1Д, 2Д, 3Д, 4Д	1,37—1,39	Река, глубина 0,5—0,9 м
Почва 1П, 2П, 3П, 4П1	1,2—1,3	Пойма реки, ежегодно затопляемая в половодье
4П2	1,3—1,34	Пойма реки, затопляемая в отдельные годы
4П3	1,35—1,4	Терраса, 2 м над уровнем воды
4П4	1,35—1,5	Терраса, 14 м над уровнем воды
Хлопчатник 1Х, 2Х, 3Х	0,23	Прибрежные зоны
Камыш 1К, 2К, 3К, 4К	0,22	Берег
Ива 1И, 2И, 3И, 4И	0,24	То же

Методика измерений. Отобранные образцы проб (почвы на глубине до 1 м 1-см слоями) очищали от инородных примесей, доводили до воздушно-сухого состояния, измельчали и герметично упаковывали в однолитровые сосуды Маринелли. Спектр радионуклидов измеряли с помощью γ -спектрометра с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором ($V = 100 \text{ см}^3$, $\Delta E_{\gamma} = 6,2 \text{ кэВ}$ на $E_{\gamma} = 1332 \text{ кэВ}$), помещенного в свинцовую защиту. В спектрометрическом тракте использовали линейный усилитель LPA4910 и амплитудно-цифровой преобразователь ПА001. Спектрометрическую информацию накапливали и обрабатывали на IBM PC с помощью пакета программ МАРС (ОИЯИ). В отдельных случаях, например, при исследовании содержания ^{137}Cs в почве измерения проводили с помощью сцинтилляционного детектора с кристаллом $\text{NaI}(\text{Tl})$ размером $63 \times 63 \text{ мм}$.

Эффективность регистрации γ -излучения определяли с использованием эталонных γ -источников из набора объемных мер активности специального назначения [1], упакованных в однолитровые сосуды Маринелли с наполнителями из опилок ($\rho = 250 \text{ г/л}$), силикагеля ($\rho = 980 \text{ г/л}$) и кварцевого стекла ($\rho = 1800 \text{ г/л}$). Измерения начинали не ранее чем через 6 ч после приготовления образцов, продолжительность регистрации отдельных спектров составляла 3—6 ч.