

УДК 504

В. Л. Ананян, А. А. Степанян, А. А. Кюрегян, А. Г. Налбандян

О радиоактивности донных отложений Малого Севана

(Представлено чл.-кор. НАН РА А. А. Шагиняном 23/III 2004)

Озеро Севан - одно из самых крупных высокогорных пресноводных озер мира. С 1933 г. воды озера используются для ирригации и гидроэнергетики. Уровень воды в нем в настоящее время опустился на 18.6 м. Снижение уровня озера и усиление эрозионных процессов привели к изменению биохимического состава вод и нарушению его устойчивого экологического состояния. Началась эвтрофикация водоема.

Севанский бассейн и само озеро исследовались по многим научным направлениям [1-10]. Нашей задачей являлось изучение радиоактивности донных отложений озера и использование радионуклидов в качестве меток, с целью исследования палеорадиоэкологических особенностей озера Севан.

Отбор донных отложений произведен при помощи трубки Гоина, установленной на катере, зафрахтованном для данной цели у Гидрометслужбы Армении. Первая экспедиция состоялась в сентябре 2002 г. по Малому Севану. Пробы были взяты в трех пунктах. Зафиксированы координаты точек и глубина, с которой взяты пробы (табл. 1). После подъема и раскрытия трубок сверху вниз брались образцы: в пунктах 1 и 2 каждые 10 см, в пункте 3 - каждые 5 см.

Обработка образцов донных отложений проводилась в Лаборатории радиоэкологии ЦЭНИ НАН РА. Образцы были высушены при 70° С до постоянного веса и измельчены. Часть образцов была транспортирована в США для палеоэкологических исследований. Остальная часть оставлена в ЦЭНИ для проведения химических анализов и радиометрических определений.

Измерения активностей ^{40}K , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{137}Cs проведены гамма-спектрометрическим методом в Департаментах океанографии Флоридского (ФГУ) и Луизианского (ЛГУ) гос. университетов (США), в Лаборатории радиоэкологии ЦЭНИ НАН РА, в Лаборатории охраны окружающей среды АрМАЭС, а также в Национальном институте радиационной защиты (НИРЗ) (Чешская Республика).

Калий сравнительно широко распространен в природе. Среднее содержание в земной коре - 2.6 %, а радиоактивный изотоп ^{40}K в естественной смеси изотопов калия составляет 0.0119%. Период полураспада ^{40}K - 1.13×10^9 лет. Атомное отношение изотопов калия $^{40}\text{K}/^{39}\text{K} = 1/85000$.

Концентрация ^{40}K (табл. 3) в пункте 1 в среднем несколько выше, чем в пункте 3. Надо отметить, что содержание калия в почвах Севанского бассейна колеблется в пределах 247-372 Бк/кг. Как видим, концентрация калия в донных отложениях находится в тех же пределах, что и в почвах.

Радий. Радиоактивный изотоп ^{226}Ra - один из дочерних продуктов распада ^{238}U , имеет

период полураспада 1620 лет. При распаде испускает α -частицы (94.3%) и γ -излучение (5.7%). Содержание в почве составляет 1×10^{-10} вес. %.

Концентрация ^{226}Ra в донных отложениях пунктов 1, 2, 3 (табл. 2, 3) находится в пределах одного порядка - 55-22.6 Бк/кг. Содержание Ra в пункте 1 несколько выше, чем в других. По слоям отмечаются небольшие различия. В верхних слоях содержание Ra выше, с глубиной несколько уменьшается.

Надо отметить, что содержание Ra в почвах Севанского бассейна колеблется в пределах 36-77 Бк/кг, в среднем 56 Бк/кг [8], т.е. находится в тех же пределах, что и в донных отложениях озера.

Несмотря на различия в количественных показателях, полученных разными лабораториями, отмечается общая закономерность - содержание K и Ra относительно равномерно распределено по всей глубине колонок, несколько снижаясь с глубиной.

Радионуклид ^{210}Pb (период полураспада 22.3 года) относится к классу как воздушных, так и водных мигрантов. В воздушной среде передвижение ^{210}Pb связано с миграцией его материнского радионуклида ^{222}Rn - радона. ^{210}Pb достаточно быстро оседает на аэрозоли и пылевые частицы, находящиеся в воздухе. Некоторая доля этого радионуклида в адсорбированной форме выпадает на земную поверхность с атмосферными осадками. В природных водах ^{210}Pb перемещается в основном с твердыми взвешенными частицами в виде коллоидов [9]. Некоторые авторы считают, что определенное количество ^{210}Pb присутствует в атмосфере в результате испытаний ядерного оружия [10].

Таблица 1

Описание пунктов

Дата пробоотбора	23/09/2002		
Станции пробоотбора	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 3
NL	40°32'49''N	40°34'32''N	40°33'17''N
LE	045°03'18''E	045°04'23''E	045°00'40''E
Глубина точки пробоотбора	54 м	64 м	14 м
Длина колонки	1.05 м	1.15 м	0.5 м
Количество образцов	9	12	10
Расстояние от причала	3 км	7 км	0.75 км

Таблица 2

**Содержание ^{137}Cs и ^{226}Ra в донных отложениях
Малого Севана,**

Лаборатория ЦЭНИ НАН РА			
Пункт		^{137}Cs , Бк/кг	^{226}Ra , Бк/кг
1	Слой 0–50 см, вес 88 г	200.0	55.5
	Слой 50–100 см, вес 192 г	Не обнаружено	27.0
2	Слой 0–50 см, вес 60.3 г	260.0	46.1
	Слой 50–115 см, вес 229.7 г	Не обнаружено	39.5

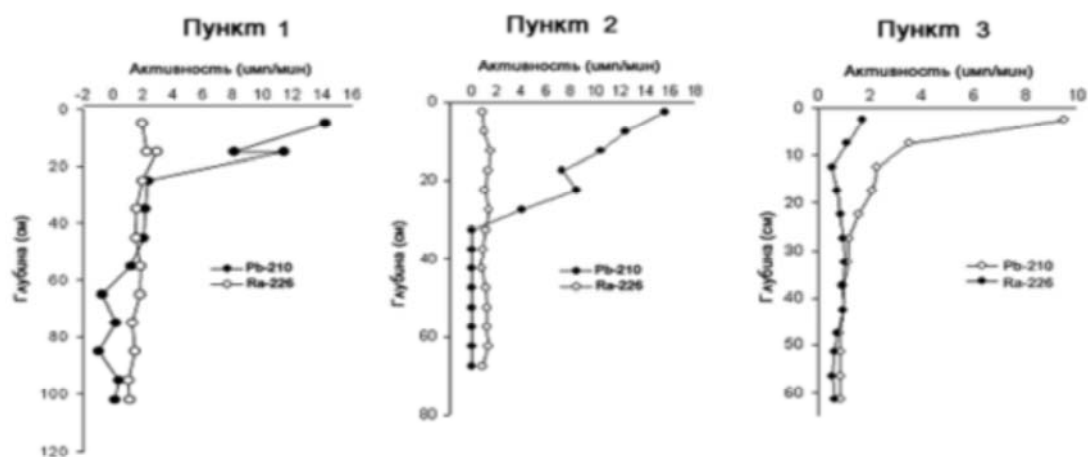
Приведенные в табл. 3 и на рис. 1 данные показывают, что ^{210}Pb концентрируется в поверхностных слоях донных отложений (0-20-30 см), глубже концентрация ^{210}Pb мала. Это указывает на то, что выпадение ^{210}Pb происходит в основном с атмосферными осадками. Глубже его содержание связано с ^{226}Ra . Это очень четко видно на графиках (рис. 1). Как видим, начиная примерно с глубины 30 см концентрация ^{210}Pb изменяется параллельно концентрации ^{226}Ra . При распаде радия образуется радон, который, распадаясь, образует ^{210}Pb .

Цезий (природный) относится к группе малоподвижных элементов, со сравнительно низкой миграционной способностью.

Таблица 3

Содержание ^{40}K , ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra в донных отложениях Малого Севана

		Деп. океанографии ФГУ и ЛГУ		НИРЗ					
Пункт	Глубина, см	^{210}Pb	^{226}Ra	^{210}Pb		^{226}Ra	^{137}Cs		^{40}K
		Бк/кг	Бк/кг	Бк/кг	МДА	Бк/кг	Бк/кг	МДА	Бк/кг
1	0-10	270±37	32±12	182±37		33	133±4		267±38
	10-20	205±43	43±15						
	20-30	72±35	33±14	119±26		38	92±4		473±47
	30-40	62±46	26±14						
	40-50	59±38	25±14		28	38		6	462±47
	50-60	50±43	31±15		21	28		4	238±31
	60-70	-	30±16		27	41		5	389±47
	70-80	-	21±15		33	39		5	450±48
	80-90	-	24±14		39	43		5	366±49
	90-100	-	17±14		26	31		5	470±42
3	Среднее		28.2		20	31		-	422±46
	0-5	158±28	29±10	49±12		20	27±1		138±21
	5-10	59±31	19±11	21±6		19	14±1		131±20
	10-15	38±27	9±9		15	20	3±1		121±22
	15-20	35±25	13±8	-	-	-	-	-	-
	20-25	26±21	14±7		13	18		3	315±26
	25-30	-	16±9		13	20		3	206±23
	30-35	-	17±9		34	35		4	491±36
	35-40	-	16±10	-	-	-	-	-	-
	40-45	-	13±6		25	25		4	222±28
	45-50	-	-		24	24		3	171±26
	Среднее		27.3			22.6			224

Рис. 1. Концентрация ^{226}Ra и ^{210}Pb в донных отложениях М. Севана. Департаменты океанографии Флоридского и Луизианского гос. университетов.

Радионуклид ^{137}Cs (период полураспада 30.5 года) при выпадении с атмосферными осадками на целинных почвах закрепляется в поверхностном 0-5 см слое. В пахотных почвах

он перемешивается и закрепляется на глубину пахотного слоя. В растения ^{137}Cs поступает в основном внекорневым путем [7]. ^{137}Cs считается одним из наиболее опасных продуктов ядерных испытаний. Концентрации ^{137}Cs в донных отложениях Малого Севана показаны в табл. 2, 3 и на рис. 2, 3. Проведенные в различных лабораториях измерения выявили колебания в количественных показателях. Однако при этом прослеживается четкая закономерность - ^{137}Cs накапливается в верхнем 0-40-50 см слое отложений. Глубже он не обнаруживается. Следовательно, наличие ^{137}Cs зафиксировано в донных отложениях под толщей воды на глубине до 60 м.

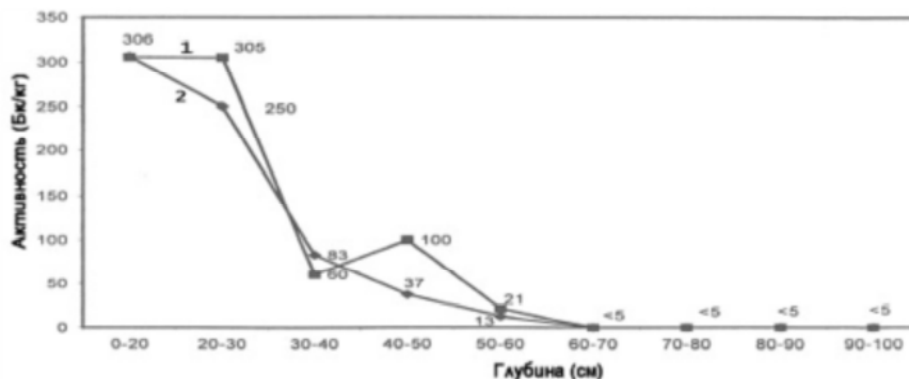


Рис. 2. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях М. Севана, пункт 1, 2. Лаборатория охраны окружающей среды АрмАЭС.

Таким образом, в результате палеорадиоэкологического исследования донных отложений Малого Севана определены концентрации естественных и искусственных радионуклидов ^{40}K , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{137}Cs .

^{226}Ra и ^{40}K распределены равномерно на глубину колонок (1.15-0.5 м). Их концентрации сопоставимы с содержанием в почвах Севанского бассейна.

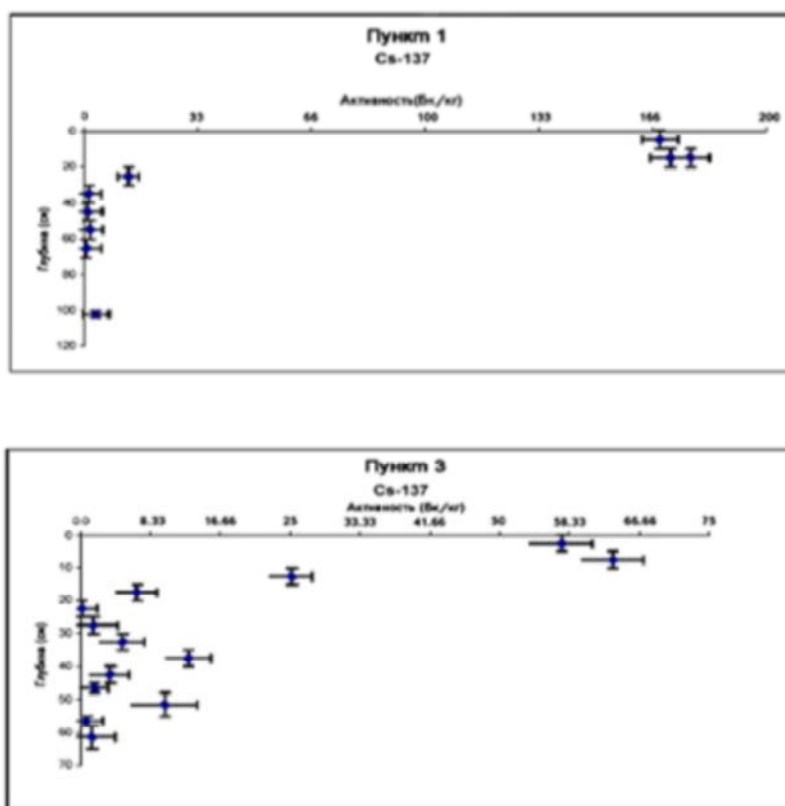


Рис. 3. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях М. Севана. Департаменты океанографии Флоридского и Луизианского гос. университетов.

^{210}Pb концентрируется в основном в верхних слоях отложений (0-30 см), глубже его содержание значительно уменьшается и распределяется параллельно содержанию ^{226}Ra . ^{210}Pb благодаря короткому периоду полураспада в палеорадиоэкологии используется в качестве метки для определения возрастов отложений. ^{137}Cs - один из наиболее опасных продуктов ядерных испытаний. Как показали измерения, он обнаруживается в верхних слоях донных отложений (0-50 см). Это означает, что ^{137}Cs должен также содержаться в воде озера, водных растениях и живых организмах (рыбе, раках, моллюсках). Если мы примем, что содержание ^{137}Cs в слое 0-50 см отложений в 2002 г. составляло 200 Бк/кг, то при отсутствии в дальнейшем новых поступлений примерно к 2300 г. ^{137}Cs почти полностью распадется.

Настоящее исследование осуществлено благодаря гранту N058 - 02/ CRDF 12003 Национального Фонда Науки и Передовых Технологий (NFSAT) и Гражданского Фонда Науки и Развития (CDRF)

Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА

Литература

1. *Александрян В. В., Баграмян Г. А., Чилингарян Л. А.* В сб.: Экологические проблемы озера Севан. Ереван. 1993. С. 50.
2. *Оганесян Р. О.* В сб.: Экологические проблемы озера Севан. Ереван. 1993. С. 46.
3. Бассейн озера Севан (Гокча). Под ред. академика Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. Изд-во АН СССР. 1933.
4. *Капелян П. М., Галстян А. Р., Григорян А. А., Карапетян А. И., Эксузян Ц. О.* Геохимия природных вод бассейна озера Севан. Ереван. Изд-во НАН РА. 1997.
5. *Сатиан М. А., Чилингарян Г. В.* Геология Севана. Ереван. Изд-во НАН РА. 1994. 182 с.
6. *Давтян Г. С., Ананян В. Л.* Исследования радиоактивности почв Армянской ССР (1958-1960). Ереван. 1963. 61 с.
7. *Ананян В. Л., Степанян Э. К.* Особенности миграции ^{90}Sr , ^{137}Cs в системе почва-растение в Республике Армения. Деп. в АрмНИИНТИ 10.11.1993. N36.-AP93. 126 с.
8. *Ананян В. Л.* - Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1989. Т. 13. N2. С. 41.
9. *Дричко В. Ф.* - Итоги науки и техники. Радиационная биология. Т. 4. М. 1983. С. 66.
10. *Моисеев А. А., Иванов В. И.* - Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. М. 1974. 83 с.

Վ. Լ. Անանյան, Ա. Ա. Ստեփանյան, Ա. Ա. Կյուրեղյան, Ա. Գ. Նալբանդյան

Փոքր Սևանի հատակային նստվածքների ռադիոակտիվության վերաբերյալ

Կատարվել է Փոքր Սևանի հատակային նստվածքների հետազոտություն: Որոշվել են բնական և արհեստական ռադիոնուկլիդների՝ ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra և ^{40}K պարունակության: Նմուշարկման խորությունը 1-ին, 2-րդ և 3-րդ կետերում կազմել է համապատասխանաբար՝ 54, 64 և 14 ս: ^{226}Ra և ^{40}K հավասարաչափ բաշխված են ըստ խորության:

^{210}Pb -ը կուտակվում է հիմնականում նստվածքների վերին շերտերում (0-30 սմ), ավելի խորը նրա քանակությունը զգալի նվազում է և բաշխվում ^{226}Ra -ի պարունակությանը զուգահեռ: Միջուկային փորձարկումների արգասիք ^{137}Cs -ը առկա է հատակային նստվածքների վերին շերտերում (0-50 սմ):