

P18-2006-140

Б. Далхсурен*, Ш. Гэрбиш, Ц. Цэрэнгомбо*, Ц. Намчинсурен*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ
В ПОЧВАХ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

* Центр ядерных исследований Монгольского государственного университета, Улан-Батор

Далхсурен Б. и др.

P18-2006-140

Исследование радиоактивности в почвах Западной Монголии

Приведены результаты исследований по определению фоновых активностей естественных и техногенных радионуклидов в почвах западной части Монголии. Показано, что фоновая радиоактивность почв в основном определяется активностью естественных радионуклидов U, Th и K-40. Повышенное содержание U и K-40 наблюдалось в почвах некоторых территорий западной части Монголии, также обнаружен техногенный радионуклид Cs-137 в почвах некоторых сомонов.

Работа выполнена в Центре ядерных исследований Монгольского государственного университета и Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2006

Dalhsuren B. et al.

P18-2006-140

Radioactivity Study of Western Mongolian Soils

Results of a radioactivity study of natural and technogenic radionuclides in soils in the western part of Mongolia are described. It is shown that background radioactivity of soil in the western part of Mongolia is basically defined by the activity of natural radionuclides of U, Th and K-40. The raised content of U and K-40 was observed in soils of the western part of Mongolia and the technogenic radionuclide Cs-137 was also found in soils of some centers of administrative units.

The investigation has been performed at the Nuclear Research Center of the National University of Mongolia and at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2006

В связи с деятельностью человека за последние 50 лет значительно усугубились проблемы радиоэкологии. Выпадение радиоактивных осадков от ядерных взрывов имеет сильную зависимость от географической широты при максимуме выпадений на территориях, расположенных в районах 45° северной широты [1].

Значительная часть территории Монголии как раз находится вблизи 45° , именно там, где происходило максимальное выпадение. Выпадения на этой территории зависят не только от испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне (Казахстан), но и на других ядерных полигонах. Западная часть Монголии находится близко и от ядерного полигона Китая (Лобнор), на расстоянии 500–700 км от границы.

С другой стороны, радиоэкологические исследования западной части Монголии вообще не проводились. Вблизи нашей границы находятся еще приблизительно 20 других ядерных установок, и нет гарантии от аварий, подобных Чернобыльской.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследованы удельные активности элементов естественного происхождения U-238, Th-232, K-40 и техногенного Cs-137 в почвах около 90 сомонов, входящих в 5 аймаков (административно-территориальные единицы МНР): Баян-Ульгий, Гоби-Алтай, Забхан, Кобды и Убс-нур. Определены отношения Th/U. В качестве примера рассмотрим Забханский аймак. Цель нашего исследования заключалась в том, чтобы определить содержание радионуклидов, удельную активность элементов естественного и техногенного происхождения в почвах западной части Монголии и сравнить полученные результаты с мировыми средними значениями. Западная часть занимает почти 1/5 территории Монголии, которая могла подвергаться загрязнению при испытании ядерных зарядов на Семипалатинском и Лобнурском ядерных полигонах [2].

Оценены уровни содержания естественных радиоактивных элементов в окружающей среде и определено их распределение по аймакам, а также уровни содержания радионуклидов техногенного происхождения ^{137}Cs . Рассмотрена зависимость удельной активности элементов и отношение Th/U от типа почвы, составлена карта распределения активности радионуклидов по западной части Монголии [3–4].

Образцы для анализа на содержание U, Th, K-40 и Cs-137 упаковывались в полиэтиленовые контейнеры высотой 13 мм, диаметром 73 мм. Масса

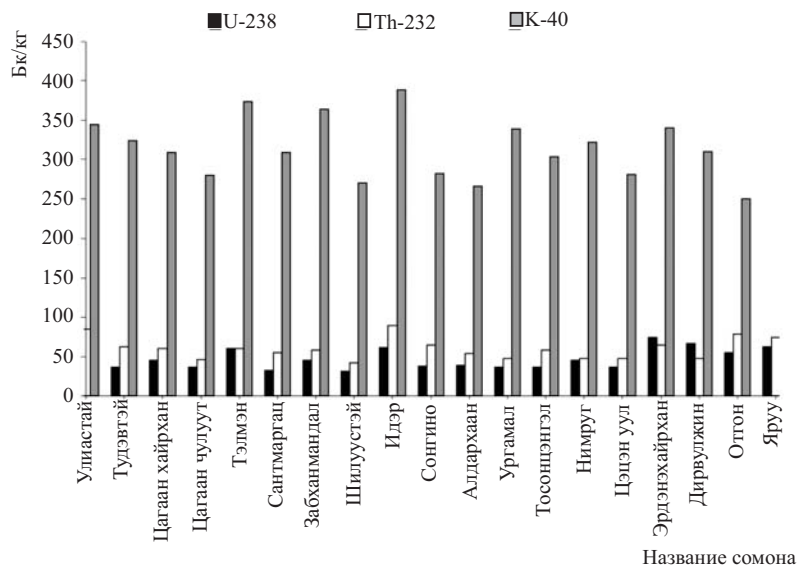


Рис. 1. Пример результатов исследований распределения естественных радионуклидов для почв Забханского аймака

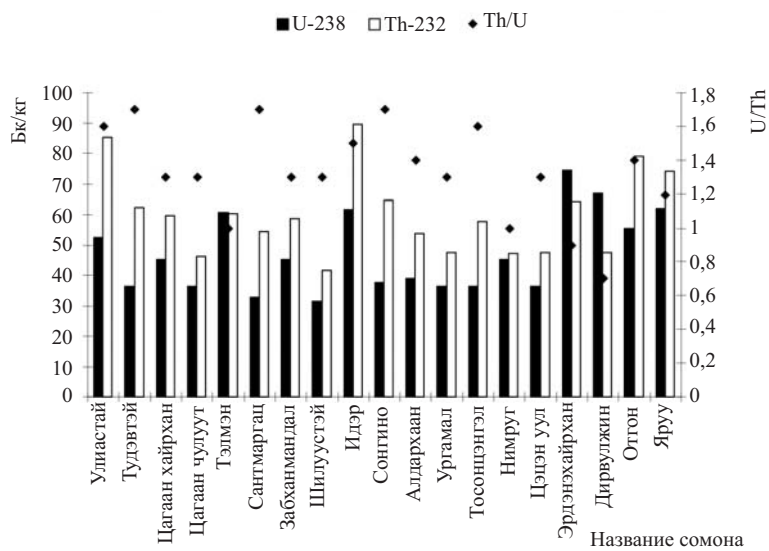


Рис. 2. Содержание естественных радионуклидов U-238, Th-232 и отношение Th/U в почвах сомонов Забханского аймака

образца составляла 50–60 г. Пробы почвы объемом 10×10×5 см собирались на ровной поверхности почвы в четырех точках на расстоянии 1,5–2 км от центра каждого аймака или сомона.

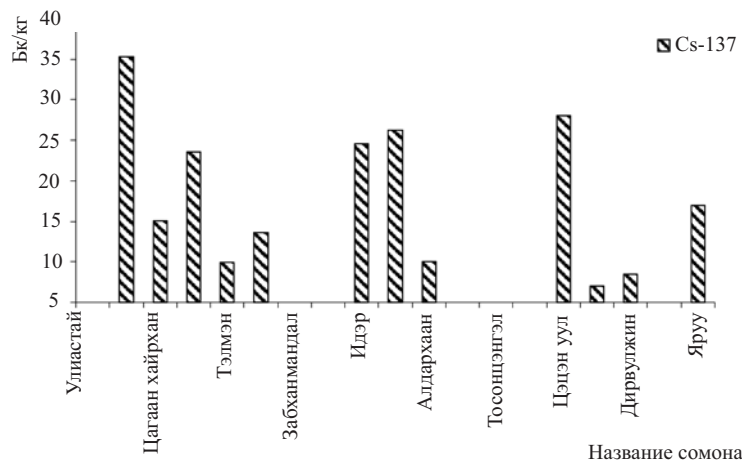


Рис. 3. Удельная активность изотопа ^{137}Cs в почвах Забханского аймака

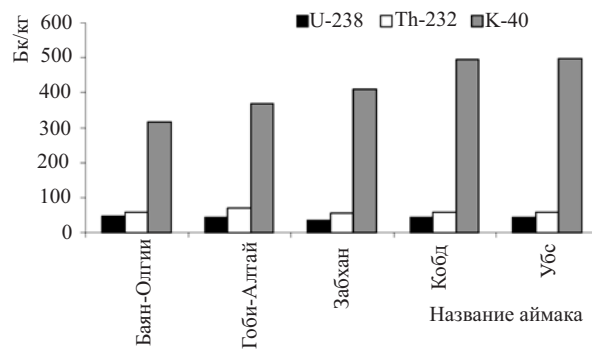


Рис. 4. Распределение удельной активности радионуклидов в почвах западной части Монголии

При определении содержания элементов U, Th, K-40 и Cs-137 в почвах вышеназванных аймаков использовался гамма-спектрометр с HPGe-детектором с разрешением 2 кэВ на линии 1333 кэВ Co-60 Центра ядерных исследований Монгольского университета в Улан-Баторе.

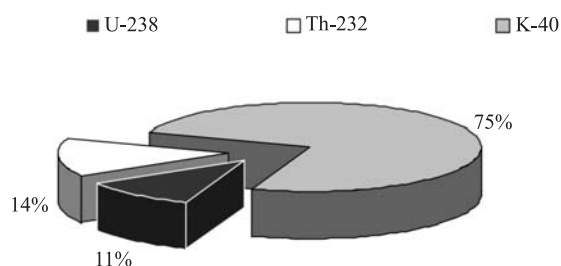


Рис. 5. Соотношение активностей естественных радионуклидов в %

Таблица 1. Удельная активность радионуклидов в почвах сомонов Забханского аймака

Место отбора пробы	Радионуклиды, Бк/кг				Th/U
	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
Улиастай	52,4	85,1	345	—	1,6
Тудэвтэй	36,5	62,3	324	35,3	1,7
Цагаан хайрхан	45,4	59,8	309	15,1	1,3
Цагаан чулуут	36,5	46,3	280	23,6	1,3
Тэлмэн	60,5	60,2	374	9,9	1,0
Сантмаргац	32,8	54,5	309	13,6	1,7
Забханмандал	45,4	58,6	364	—	1,3
Шилуустэй	31,5	41,5	270	—	1,3
Идэр	61,7	89,5	389	24,6	1,5
Сонгино	37,8	64,7	282	26,2	1,7
Алдархаан	39,1	53,7	266	10,0	1,4
Ургамал	36,5	47,7	339	—	1,3
Тосонцэнгэл	36,5	57,8	304	—	1,6
Нимруг	45,4	47,2	322	—	1,0
Цэцэн уул	36,5	47,6	281	28,0	1,3
Эрдэнэхайрхан	74,3	64,3	340	7	0,9
Дирвулжин	66,8	47,6	310	8,5	0,7
Отгон	55,4	78,95	250	—	1,4
Яруу	62,1	74,0	362	17	1,19

Таблица 2. Удельная активность радионуклидов в почвах сомонов Баян-Ульгийского аймака

Место отбора пробы	Радионуклиды, Бк/кг				Th/U
	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
Ульгий	46,4	84,5	477	11,9	1,8
Улаанхус	19,8	53,8	339	31,2	2,7
Цэнгэл	41,3	67,3	450	40,1	1,6
Сагсай	71,19	72,3	496	3,2	1,0
Ногооннуур	34,9	64,3	431	11,8	1,9
Дэлуун	34,9	77	323	—	2,2
Бугат	55,1	67,8	364	34,2	1,2
Буянт	35,9	71	303	24,5	2,0
Толбо	60	68	340	3	1,1
Алтай	39,1	77,7	359	—	2,0
Баяннуур	38,9	67,2	379	3	1,7
Среднее значение	43,6	70,1	369	—	1,6

Таблица 3. Удельная активность радионуклидов в почвах сомонов Гоби-Алтайского аймака

Место отбора пробы	Радионуклиды, Бк/кг				Th/U
	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
Бугат	23,8	59,4	454	46,4	2,5
Жаргалан	29,2	36,7	490	31,2	1,3
Бигэр	25,2	59	428	18	2,3
Халиун	22,7	74,3	503	26,7	3,3
Тугруг	25,2	56,1	431	11,8	2,2
Эрдэнэ	26,6	43,3	431	—	1,6
Дэлгэр	23,2	43	673	—	1,9
Цээл	16,9	17,2	360	—	1,0
Есонбулаг	20	61	400	—	3,0
Алтай	40,4	64,9	414	—	1,6
Чандмань	59,2	65,5	316	20,5	1,1
Цогт	56,7	64,7	356	10,0	1,1
Баянуул	53,9	80,1	473	—	1,5
Шарга	39,6	70,9	404	—	1,8
Тонхил	31,6	69,4	354	—	2,2
Дарви	32,8	65,4	274	—	2,0
Тайшир	37,2	40,6	306	—	1,1
Хохморьт	42,6	50,1	348	—	1,2
Среднее значение	34,2	56,2	411,4	—	1,64

Таблица 4. Удельная активность радионуклидов в почвах сомонов Кобдыского аймака

Место отбора пробы	Радионуклиды, Бк/кг				Th/U
	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
Булган	67,5	78,9	452	14,8	1,17
Буянт	67,1	68,0	580	32,1	1,0
Дарви	38,9	41,9	337	—	1,4
Зэрэг	32,5	48,8	340	—	1,5
Манхан	49,9	62,8	444	—	1,3
Мост	25,0	40,0	567	—	1,6
Мянгад	37,0	68,0	388	—	1,8
Уенч	52,0	65,8	458	—	1,3
Цамбагарав	65,3	73,4	484	—	1,1
Эрдэнэбурен	50,4	70,0	519	24,7	1,4
Ховд	51,0	51,4	411	54,6	1,0
Чандмань	47,4	67,5	517	—	1,4
Алтай	43,1	63,5	478	—	1,5
Монххайрхан	49,1	61,2	567	—	1,2
Цэцэг	47,5	64,3	541	—	1,4
Жаргалант	26,2	28,7	754	—	1,1
Среднее значение	43,2	58,7	495,5	—	1,36

Стандартными материалами являлись Soil-375 (МАГАТЭ), DL-1 (США) и NIM-L (ЮАР). Содержание удельной активности изотопа U определялось в почвах по гамма-линиям 352, 609, 1764 кэВ от Ra-226, а Th-238 — 583, 911, 2614 кэВ от Th-232; K-40 и Cs-137 определены по гамма-линиям 1462 кэВ от K-40, 661 кэВ от Cs-137 соответственно [5].

Для расчета удельных активностей радионуклидов использовалась формула

$$C_x = C_s \frac{I_x m_s}{m_x I_s},$$

где C_x, C_s — удельные активности образца и стандартного материала, m_x, m_s — масса образца и стандартного материала, I_x, I_s — интенсивности гамма-линии образца и стандартного материала.

Информация, полученная на гамма-спектрометре, сравнивалась с известным содержанием радионуклидов стандартных материалов, и для обработки гамма-спектров использовался персональный компьютер с программами GANAAS (МАГАТЭ) и FITZPEAK.

Исходные образцы и стандартные материалы измерялись в течение 3600 с. Результаты исследований показаны на рис. 1–5 и в табл. 1–6.

Таблица 5. Удельная активность радионуклидов в почвах сомонов Убс-нурского аймака

Место отбора пробы	Радионуклиды, Бк/кг				Th/U
	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
Бухморон	34,4	61,9	556	19,1	1,8
Тариалан	42,5	74,5	509	13,8	1,75
Наранбулаг	61,4	69,3	587	—	1,13
Турген	32,8	43	472	—	1,03
Сагил	54,6	52,9	538	11,8	0,93
Давст	27,7	63,7	665	—	2,3
Омноговь	33,9	66,3	673	—	1,96
Улангом	24,9	27,3	518	—	1,09
Баруун турун	29,7	45,9	618	—	1,55
Хархараа	47,4	46,1	405	4,1	0,97
Тэс	36,7	27,7	471	—	0,75
Малчин	35,1	27,4	412	—	0,78
Забхан	34,4	45,4	527	—	1,32
Кобд	65	76	343	—	1,2
Олгий	61,6	77,4	401	62,9	1,12
Хяргас	56	63	383	—	0,94
Зунгоби	50	47,1	342	—	1,63
Зунхангай	47,9	78,2	468	—	1,03
Ондурхангай	68,1	81,5	474	—	1,34
Цагаанхайрхан	48,9	65,6	415	—	1,35
Среднее значение	44,8	58,3	499	—	1,30

Таблица 6. Среднее содержание урана, тория и калия в почвах РФ [4, 5] и западной части Монголии

Регион	U, $\times 10^{-4}$, %	Th, $\times 10^{-4}$ %	K, %	Th/U	Th/K	U/K
Европейская часть и Западно-Сибирская низменность	1,5	6,5	1,2	4,4	5,7	1,3
Восточная Сибирь, Дальний Восток	1,4	6,4	1,1	4,6	5,8	1,3
Средняя Азия, Центральный Казахстан	2,3	6,7	1,6	2,9	4,3	1,5
Кобды	3,43	14,4	1,6	4,2	9,1	2,2
Баян-Ульгий	3,5	17,2	1,2	4,9	14,5	3,0
Гоби-Алтай	2,7	13,8	1,3	5,1	10,6	2,1
Забхан	3,7	14,9	1,01	4,03	14,8	3,7
Убс-нур	3,6	14,3	1,6	4,0	8,9	2,3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Были измерены удельные активности радионуклидов естественного происхождения U-238, Th-232, K-40 в почвах 90 сомонов западной части Монголии. Их среднее значение в почвах Убс-нурского аймака составляет 45 (U-238), 58 (Th-232) и 499 Бк/кг (K-40); Кобдыского аймака — 43 (U-238), 59 (Th-232) и 496 Бк/кг (K-40); Забханского аймака — 47 (U-238), 61 (Th-232) и 316 Бк/кг (K-40); Баян-Ульгийского аймака — 44 (U-238), 70 (Th-232) и 369 Бк/кг (K-40); Гоби-Алтайского аймака — 34 (U-238), 56 (Th-232) и 411 Бк/кг (K-40). Статистическая ошибка анализов не превышала 10–30 %.

Анализ полученных результатов показывает, что содержание естественных радиоактивных нуклидов близко к ноосферному кларку. Их распределение в почвенном покрове в целом близко к нормальному закону и однородно.

Наблюден техногенный радионуклид Cs-137 в почвах 37 сомонов. Полученные результаты показывают, что в почвах Забханского аймака чаще наблюдается радионуклид Cs-137 антропогенного происхождения, чем в других западных аймаках. Этот радионуклид распространен во многих сомонах Баян-Ульгийского и Забханского аймаков, в то же время редок в других аймаках.

Известно, что основными источниками поступления Cs-137 в почву являются глобальные атмосферные выпадения, которые зависят от климатических и экологических особенностей.

По-видимому, некоторые территории не были подвержены влиянию атмосферного выпадения радионуклидов из-за высокогорных цепей и направления ветра.

Из табл. 6 видно, что по сравнению с территорией РФ региональные концентрации естественных радиоактивных элементов на территории западной части Монголии выше для урана в 2, для тория в 2,3 раза, а отношение Th/K в 2,2 и U/K в 2,1 раза; содержание K и отношение Th/U одного порядка. Эти превышения, по-видимому, объясняются составом почвообразующих пород и разнообразием природных и климатических зон с различными типами выветривания [5]. Связь между Th и K более жесткая, чем между U и K, поэтому возрастание концентраций сопровождается возрастанием отношения Th/U.

Повышенное содержание Th, U и K (K-40) очень часто приводит к увеличению золотоносных минералов в составе почвообразующих пород. В связи с этим впервые определены отношения Th/U, Th/K и U/K.

ВЫВОДЫ

1. Были измерены удельные активности радионуклидов естественного происхождения ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K в почвах 90 сомонов западной части Монголии.

2. Анализ полученных результатов показывает, что содержание естественных радионуклидов близко к ноосферному кларку. Их распределение в почвенном покрове в целом близко к нормальному закону и однородно.

3. Наблюден техногенный радионуклид ^{137}Cs в почвах 37 сомонов. Он распространен во многих сомонах Баян-Ульгийского и Забханского аймаков, в то же время редко встречается в других аймаках. По-видимому, некоторые территории не были подвержены влиянию выпадений из-за высокогорных цепей и направления ветра.

4. В зависимости от типа почвы содержание К-40 значительно выше, чем других радионуклидов. Повышенное содержание К (К-40) очень часто приводит к увеличению золотоносных минералов в составе почвообразующих пород.

5. Отношения Th / U отличаются несильно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Часников И. Я. Эхо ядерных взрывов. 2-е изд. Алма-Ата, 1998. 172 с.
2. Челюканов В. В., Савельев В. А. О влиянии ядерных испытаний КНР на радиоактивное загрязнение территории СССР // Метеорология и гидрология. 1991. № 4. С. 118–119.
3. Рихванов Л. П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. ИПУ, ТПУ, Томск, 1997. 383 с.
4. Далхсурен Б. и др. Радиационная экология. Отчет о научно-тематических исследованиях 1997–2005 гг. Улан-Батор: Изд-во Монг. ун-та, 2005. С. 202.
5. Титаева Н. А. Ядерная геохимия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 335.

Получено 19 октября 2006 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 21.12.2006.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,56. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 260 экз. Заказ № 55600.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/