

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Российская академия наук
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН
Администрация Томской области
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды
ОАО «Зарубежгеология»
Томское региональное общественное объединение «Росгео»
ОАО «Волковгеология», НАК «Казатомпром»



З. А. Киселева
Л. В. Давыдова
Л. В. Давыдова

РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

МАТЕРИАЛЫ
IV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Томск, 4–8 июня 2013 г.

УДК 614.876(063)

ББК 51.26л0

P15



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(проект №13-05-06023)

Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции (Томск, 4–8 июня 2013 г.); Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 620 с.

ISBN 978-5-4387-0238-2

В сборнике докладов конференции обсуждаются актуальные проблемы, связанные с явлением радиоактивности, распространением естественных и техногенных радионуклидов в различных природных средах. Приводятся данные по радиозоологическому состоянию отдельных территорий, методам анализа радионуклидов. Освещаются вопросы влияния радиоактивности и радиоактивных элементов на биоту и человека, проблемы оценки дозовых нагрузок.

Сборник представляет интерес для геологов, геохимиков, биологов, медиков, экологов и других специалистов, интересующихся проблемами радиогеологии, радиогеохимии, радиозоологии.

УДК 614.876(063)

ББК 51.26л0

Редакционная коллегия

Л.П. Рихванов, док. геол.-мин. наук, профессор
(главный редактор)

С.И. Арбузов, док. геол.-мин. наук, профессор

Е.Г. Язиков, док. геол.-мин. наук, профессор

Н.С. Коваленко, канд. фил. наук, доцент

Ю.В. Колбышева, канд. фил. наук, доцент

Рецензенты:

А.М. Адам, док. тех. наук, профессор

А.В. Мананков, док. геол.-мин. наук, профессор

Н.Н. Ильянсков, док. биол. наук, профессор

Editorial Board

L.P. Rikhvanov, Dr. geol.-mineral. sci., professor
(Editor-in-Chief)

S.I. Arbuzov, Dr. geol.-mineral. sci., professor

E.G. Yazikov, Dr. geol.-mineral. sci., professor

N.S. Kovalenko, Cand. phil. sci., docent

Ju.V. Kolbysheva, Cand. phil. sci., docent

Reviewers

A.M. Adam, Dr. tech. sci., professor

A.V. Manankov, Dr. geol.-mineral. sci., professor

N.N. Ilyankov, Dr. biol. sci., professor

ISBN 978-5-4387-0238-2

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013

© Оформление. Кафедра ГЭГХ ИПР ТПУ, 2013

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

исследования популяций мышевидных на техногенно загрязненных территориях Кудяшева, О.В. Ермакова, О.Г. Шевченко, Башлыкова, О.В. Раскоша	309	Biological effects on populations of rodents in technogenic contaminated territories A.G. Kudyasheva, O.V. Ermakova, O.G. Shevchenko, L.A. Bashlykova, O.V. Raszkova	309
миграция радиоактивных элементов из ТЭЦ-9 (Иркутская область) Кузнецов, В.И. Гребенщикова	313	Water migration of radioactive elements from ash dumps of heat power plant-9 in Irkutsk region P.V. Kuznetsov, V.I. Grebenshchikova	313
метаморфических пород. Классификация относительно влажности Тарасов, И.В. Тарасов	315		315
исследование надежности экосистем на примере склоновых экосистем Кулакхмедов, И.В. Матвеева, В.В. Родина	318	The analysis and research of the ecosystems reliability by an example of a slope Yu.A. Kullakhmedov, I.V. Matveeva, V.V. Rodina	318
радиоактивные элементы – эффективный инструмент прогноза золоторудных объектов Лазарев, В.В. Ромашко, П.В. Кирпильюк	321	FD. Lazarev, V.V. Romashko, P.V. Kirplyuk	321
комплексный подход к оценке индивидуальных нагрузок населения Липкина, К.Н. Апсаликов, Ш.Б. Жакупона, Зингатинова, Е.Т. Масалимов	324	Complex approach to the estimation of the dose burden of the population A.V. Lipikina, K.N. Apsalikov, Sh.B. Zhakupona, Z.S. Zingatinova, E.T. Masalimov	324
проблемы межвидовой экстраполяции эффектов хронического облучения Лыбашевский, В.И. Старченко	327	Problems of interspecies extrapolation of chronic irradiation effects N.M. Lyubashevskiy, V.I. Starchenko	327
корреляционный анализ содержания радиоэлементов при геохимико-поисковых работах на урановое оруденение Лыщенко, Н.Г. Лыщенко	331	Correlation analysis of the contents of radioactive elements in the forecasting and prospecting for uranium mineralization N.G. Lyshenko	331
определения радиоуглерода и трития в радиоактивных отходах и окружающей среде Мазейка, Р. Пятрошюс	334	Analysis of carbon-14 and tritium in radioactive waste and environment J. Mazeika, R. Petrosius	334
использование изотопов урана в качестве индикаторов гидрогеологических процессов Малов, А.И. Малов	337	The use of uranium isotopes as indicators of hydrological processes A.I. Malov	337
оценку радиэкологической ситуации в водоеме- отстойнике Игналинской АЭС после ее закрытия Марчиолениене, О. Ефанова, Я. Мазейка	341	The evaluation of the radioecological situation in the cooling pond of the Ignalina NPP after decommissioning E.D. Marciulioniene, O. Jefanova, J. Mazeika	341
радиэкологическая надежность локальных агроэкосистем Матвеева, И.В. Матвеева	346	Radioecological reliability of local agroecosystems I.V. Matveeva	346
радиохимическая характеристика углей Монголии Машенкин, С.И. Арбузов	349	Radiochemical characteristic of Mongolian coals V.S. Mashenkin, S.I. Arbuзов	349
цитогенетические исследования водного макрофита Elodea Canadensis в зоне влияния горно-химического комбината Медведева, А.Я. Болсуновский	355	Cytogenetic investigations of the aquatic macrophyte Elodea Canadensis in the area affected by the operation of the Mining-and-Chemical Combine M.Yu. Medvedeva, A.Ya. Bolsunovskiy	355

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ

И.В. Матвеева

Институт экологической безопасности, Национального авиационного университета, Киев, Украина, ecoetic@yandex.u

RADIOECOLOGICAL RELIABILITY OF LOCAL AGROECOSYSTEMS

I.V. Matveeva

Institute of ecological safety, National air university, Kiev, Ukraine, ecoetic@yandex.u

Abstract. An agroecosystem is an important source for the subsequent transport of radionuclides from the environment to the man. The higher the factor of radiocapacity of the agroecosystem is the of the more reliable it is in understanding of the reliability of receipt radionuclides by people.

Based on the speed of migration, distribution and redistribution of the radionuclides-tracers-¹³⁷Cs in the components of agroecosystem, and also on size of transition of ¹³⁷Cs to all groups of the population, it is possible to expect the size of reliability given agroecosystem and to estimate the contribution of different components of agroecosystem in the formation of the doses exposed on the population.

Depending on the quantity of radionuclides, which have dropped out on territory it is possible to apply different countermeasures, which efficiency depends on many factors (for example, such as types of soils, humidity, quantity of deposits and etc.) and to estimate their utility.

The application of models and the theory of the reliability for research of ecological processes in different types of ecosystems is useful, as it allows estimating the basic characteristics and fundamental properties of ecosystems, by observation of the behaviour tracers – radionuclides ¹³⁷Cs.

Полученные нами результаты по оценке распределения и перераспределения радионуклидов в агроэкосистеме (на примере с. Галузия, Волынская область) показали заметную динамику формирования дозовых нагрузок на людей. Для оценки и прогноза таких процессов нами предложено использовать модели и теорию надежности. Для этого агроэкосистема рассматривается как система транспорта радионуклидов от почвы к человеку. Нами предложены количественные методы оценки надежности отдельных элементов агроэкосистемы и агроэкосистемы в целом. Данный метод и модели позволили по-новому взглянуть на проблему экологической безопасности человека и рассмотреть проблемы применения защитных контрмер.

Исследования радиологических процессов в агроэкосистемах особенно важны для оценки и прогноза их экологической безопасности для населения, особенно при формировании дозовых нагрузок. Кроме использованного нами раньше метода камерных моделей, считаем необходимым разработать подходы к более общей оценке надежности и устойчивости агроэкосистемы. Речь идет об анализе агроэкосистемы, как системы транспорта радионуклидов от почвы к человеку, средствах и методах модификации данных процессов.

Разработанные нами модели и теория радиоэмкости экосистем позволяют ввести адекватный параметр – фактор радиоэмкости – для определения состояния биоты экосистемы [1, 2, 3].

Радиоэмкость – лимит радионуклидного загрязнения биоты экосистемы, при котором не наблюдаются серьезные изменения ее функционирования. При превышении данного лимита могут наблюдаться угнетение и/или подавление роста биоты. Фактор радиоэмкости определяется как часть радионуклидного загрязнения, способного накапливаться в той или иной части (компоненте) экосистемы,

без нарушения ее структуры. Экспериментальными и теоретическими исследованиями установлено, что чем выше параметр радиоэмкости биоты в экосистеме, тем выше уровень благополучия и надежности биоты в ней. В частности, в исследованиях с растительными экосистемами показано, что способность биоты накапливать и удерживать радионуклидный трассер ¹³⁷Cs, аналог минерального элемента питания растений калия, отображает устойчивость и надежность биоты данной экосистемы [1, 2, 3, 4]. Установлено, что снижение показателя радиоэмкости биоты в растительной экосистеме при влиянии химических поллютантов и при гамма-облучении растений, четко отображает снижение благополучия биоты и надежности экосистемы.

Исходя из проведенных теоретических исследований, можно считать, что, используя параметры скоростей обмена радионуклидов между камерами (α_{ij} и α_{ji}), можно оценивать надежность компонента экосистемы, как элемента системы транспорта радионуклидов по камерам по формуле:

$$P_i = \sum \alpha_{ij} / (\sum \alpha_{ij} + \sum \alpha_{ji}) \quad (1)$$

где P_i – надежность i -го элемента экосистемы, как удерживателя трассера (радионуклида), $\sum \alpha_{ij}$ – сумма скоростей перехода радионуклидов в сопряженные с ней камеры, $\sum \alpha_{ji}$ – сумма скоростей перехода радионуклидов в камеру-1 из сопряженных с ней камер, от которых радионуклиды поступают в данную камеру, надежность этого процесса мы оцениваем через P_i [7].

Таким образом, мы оцениваем надежность i -го элемента экосистемы по его способности, удерживать радионуклиды, которые попадают в него. Далее, зная надежностьную схему – структуру обеспечения надежности транспорта радионуклидов от компонентов экосистемы к человеку, на основе модели надежности можно оценить надежность всей системы транспорта радионуклидов от экосистемы к людям.

вание агроэкосистемы
теории надежности
блоки транспорта радионуклидов
агроэкосистемы с. Галузья [5,
на рис. 1.

Установлено, что основными дозообразующими компонентами данной агроэкосистемы являются 4-е основные пастбища. Эти пастбища функционируют, в надежном виде как параллельная система. Согласно теории надежности [2] общая надежность данной агроэкосистемы, как системы транспорта радионуклидов от пастбищ к людям, может быть представлена в виде суммы параметров надежности составляющих блоков-пастбищ. Для проверки модели данной агроэкосистемы составлена в виде блок-схемы. Установлено, что основной поток радионуклидов от каждого пастбища (пастбища образуют параллельную систему) до популяции населения образует четырехзвенную систему: почва – трава – корова – молоко – мясо – люди. На основе накопленных экспериментальных исследований, по результатам наблюдений и расчетов нами получены скорости переходов между камерами радионуклидовой агроэкосистемы (таблица 1).

Аналогичные данные рассчитаны нами и для остальных трех пастбищ, огорода и леса. Данные таблицы 1 позволяют провести оценки надежности компонентов экосистемы по предложенной нами формуле (1) и, зная последовательный характер связи отдельных компонентов агроэкосистемы с популяцией населения, провести оценку надежности данной агроэкосистемы, как системы транспорта радионуклидов от пастбищ к населению. Результаты расчетов для средних значений скоростей, представлены в таблице 1. Показанный тут подход может быть применен для оценки эффективности разного типа контрмер, которые представлены в таблице 2.

Для анализа используем результаты расчетов, которые показаны в таблице 2. В первом блоке таблицы представлены данные по расчетам надежности транспорта радионуклидов по 4-м пастбищам: сначала при ситуации формирования дозы за счет использования молока, а потом – за счет употребления говядины.

По этим данным были просчитаны величины переходов радионуклидов Cs^{137} ко всем группам населения. Эту величину можно использовать для расчета коллективной дозы, используя величины коэффициентов дозовых цен для Cs^{137} [4, 5, 6] (2×10^{-8} Зв/Бк). Полученная оценка коллективной дозы составляет около 1,6 чел-Зв в год. При этом оценка средней величины индивидуальной дозы облучения людей составляет

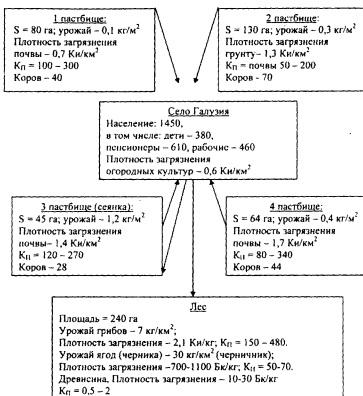


Рис. 1. Принципиальная блок-схема основных составляющих экосистемы с. Галузья Маневичского района Вольской области

Таблица 1. Параметры скорости перехода между камерами для разных составляющих агроэкосистемы с. Галузья (на примере одного из 4-х пастбищ)

Параметр	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение	Описание перехода
Пастбище 1				
a_{12}	0,02	0,06	0,1	почва – растения на пастбище
a_{23}	0,18	0,38	0,58	трава – корова
a_{34}	0,08	0,13	0,18	корова – молоко
a_{45}	0,32	0,52	0,72	корова – мясо
a_{56}	0,6	0,36	0,1	корова – отходы
a_{17}	0,2	0,22	0,36	молоко – дети
a_{18}	0,1	0,15	0,2	молоко – пенсионеры
a_{19}	0,3	0,47	0,47	молоко – рабочие
a_{210}	0,5	0,1	0,0	молоко – вывоз
a_{37}	0,00	0,005	0,009	мясо – дети
a_{38}	0,001	0,004	0,007	мясо – пенсионеры
a_{39}	0,008	0,013	0,018	мясо – рабочие
a_{310}	0,58	0,978	0,98	мясо – вывоз
g_{24}	0,2	0,4	0,6	продукция огорода – вывоз

Таблица 2. Оценка надежности агроэкосистемы без участия контрмер и оценка эффективности применения разных контрмер в агроэкосистеме (на примере с. Галузия) путем оценки надежности поступления радионуклидов Cs^{137} от основных пастбищ (на примере одного пастбища), при средних скоростях перехода радионуклидов между камерами модели

Контрмера	КД * (1)	№ пастбища	Запас р/н, Ки	Надежность транспорта р/н (по молоку)	Надежность транспорта р/н (по мясу)	Надежность общего транспорта р/н	Переход р/н (Ки)	Суммарный переход р/н (Ки) по пастбищам, коллективная доза и КД	КД (2) по надежности
Контрмеры при аварии	1	1	0,0056	0,03	0,022	0,052	0,0008	0,0022 (1,6 чел.Зв) КД=1	1
		2	0,0169	0,025	0,019	0,044	0,0007		
		3	0,0003	0,029	0,027	0,056	0,0004		
		4	0,0011	0,041	0,033	0,074	0,0008		
Добрения	2	1	0,0056	0,015	0,011	0,026	0,00015	0,013 (0,96 люд.Зв) КД=1,7	0,0022; 0,0013 = 1,74
		2	0,0169	0,013	0,009	0,022	0,00037		
		3	0,0003	0,021	0,020	0,041	0,00026		
		4	0,0011	0,025	0,019	0,044	0,00048		
Сейка	3	1	0,0056	0,0106	0,0079	0,0185	0,0001	0,008 (0,6 люд.Зв) КД=2,7	2,75
		2	0,0169	0,008	0,006	0,014	0,0002		
		3	0,0003	0,017	0,016	0,033	0,0002		
		4	0,0011	0,017	0,013	0,030	0,0003		
Горка дернины (3-5 см)	10	1	0,0056	0,0033	0,0024	0,0057	0,00003	0,000032 (0,024 люд.Зв) КД=66,7	69
		2	0,0169	0,0029	0,0022	0,0051	0,00009		
		3	0,0003	0,0069	0,0065	0,0134	0,00008		
		4	0,0011	0,0061	0,0047	0,0108	0,00012		
Феррационные болоты	4	1	0,0056	0,014	0,013	0,027	0,0002	0,0012 (0,88 люд.Зв) КД=1,8	1,8
		2	0,0169	0,013	0,012	0,025	0,0004		
		3	0,0003	0,0104	0,0102	0,0206	0,0001		
		4	0,0011	0,023	0,022	0,045	0,0005		
Феррационные Филльтры (для молока)	5	1	0,0056	0,0297	0,02	0,0497	0,0003	0,0021 (1,6 чел.Зв) КД=1	1,05
		2	0,0169	0,0252	0,0174	0,0426	0,0007		
		3	0,0003	0,026	0,024	0,05	0,0003		
		4	0,0011	0,0416	0,0293	0,0709	0,0008		
Огород		0,2 чел.Зв							

около 1,1 мЗв/год (при норме – 1 мЗв/год).

При этом оценки добавки к коллективной дозе за счет использования продуктов лес (0,34 чел.Зв/год) и продукции огорода (0,2 чел.Зв/год). Тогда суммарная коллективная доза составляет около 2,14 чел.Зв/год, а индивидуальная доза облучения для каждого жителя данного села может составить 1,4 мЗв/год.

В данной агроэкосистеме могут быть задействованы разные контрмеры. В табл. 2 представлены расчетные данные по ряду возможных контрмер для снижения коллективных доз для населения с. Галузия. Из возможных контрмер [4, 5, 6] мы выбрали только некоторые.

Контрмера, которая чаще используется после аварии на Чернобыльской АЭС, – внесения повышенных норм удобрений. При этом коэффициент дезактивации (КД) составляет около 2 единиц. Это означает, что при выращивании продукции растениеводства на повышенных нормах удобрений ожидаемая индивидуальная доза может быть снижена в 2 раза. В таблице 2 представлены данные расчета значений КД по величине снижения дозы при исполь-

зовании этой контрмеры. Расчет показал, что при этом наблюдается снижение поступления радионуклидов в продукты питания людей в 1,74 раза. То есть, получено, что КД по величине экономии коллективной дозы для всего села за счет использования 4-х пастбищ составляет 1,74.

После аварии на ЧАЭС также был использован такая контрмер, как сейка – когда дикие пастбища засевают культурными травами.

Системные расчеты методами теории надежности (при этом экосистема рассматривается как надежностная- параллельная система из четырех пастбищ) составили по всем пастбищам значения КД=2,75. Это приемлемые значения КД.

Эффективным методом дезактивации может быть и удаление на пастбищах верхнего слоя дернины с помощью специальной машины TURF CUTTER. Применение данной контрмеры в 30 км зоне на территории Беларуси и Украины показало резкое, более чем в 10 раз, снижение загрязнения молока и мяса у коров, которых выпасают на обработанном таким образом пастбище. Расчеты показали,

параметрам надежности КД после использования дернины, по величине КД может составить 69 единиц. Следует отметить, что данная контрмера трудовым и экономически дорога.

В Волынской области в качестве контрмер были апробированы такие методы, как введение в желудок коровы радиоактивных болосос (КД=4), а также сепарацию молока от коров молока через специальные фильтры, которые обработаны феррацином (КД=5). Феррацин имеет высокую способность связывать цезий и, тем самым, снижать его содержание в молоке, которое, как известно, является основным дозообразующим продуктом для населения, особенно у жителей сельской местности.

Более детальный расчет на основе предложенной модели надежности позволил провести всестороннюю оценку эффективности данных контрмер. Показано, что по результатам таких системных расчетов КД для феррациновых болосос составил около 1,8 единиц, а феррациновых фильтров 1,05. Это показывает, что локальная эффективность контрмеры еще не гарантирует общей системной эффективности для всей агроэкосистемы.

Для полноты картины на основе предложенного метода мы рассмотрели вариант использования ряда контрмер: внесение удобрений, снятия дернины и применения мульчировки. Считалось, что комбинация контрмер, окажется

заметно эффективнее каждого отдельно примененной контрмеры. Расчет показал, что комбинированное использование контрмер может позволить заметно, до 69 раз, снизить коллективную дозу для данного села. Ясно, что в условиях относительно малых уровней радионуклидного загрязнения использования такой комбинированной системы контрмер не реально. В то же время подобные комбинации могут быть полезными для других интенсивно загрязненных радионуклидами регионов Украины и Беларуси

Заключение

1. Агроэкосистема является важным источником для последующего транспорта радионуклидов из ОС к человеку. Чем больше фактор радиоактивности данной агроэкосистемы, тем она более надежна в понимании надежности поступления радионуклидов к людям.
2. Опираясь на скорости миграции, распределения и перераспределения радионуклидов-трассеров ^{137}Cs в компонентах агроэкосистемы, а также по величине перехода цезия ко всем группам населения, можно рассчитывать величину надежности данной агроэкосистемы и оценить вклад различных составляющих агроэкосистемы в формирование дозовых нагрузок на население.

Литература

1. Азре А.Л., Корогодин В.И. О распределении радиоактивных загрязнений в медленно обмениваемом водоеме // *Мед. радиология*. – 1960. №1. – С.67–73.
2. Yury A. Kullakhmedov Yu. A., Iryna V. Matveeva I.V. and other. Theory of Reliability in Radiation Ecology in Proceedings of International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management. – Israel, 2010. – 275 с.
3. Kullakhmedov Yu. A., Korogodin V.I., Kullakhmedova-Vyshnyakova V.Yu. Radiocapacity of Ecosystems // *J. Radioecol.* – 1997. – 5(1). – P.25–35.
4. Кутлахмедов Ю.А., Корогодин В.И., Кольцов В.К. Основы радиэкологии. – Киев: Выща шк. – 2003. – 319 с.
5. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева И.В., Заитов В.Р. Моделирование радиэкологических процессов методом камерных

моделей на примере села в Волынской области. *Вісник Національного авіаційного університету*. – 2005. – №3. – С.173–176.

6. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева И.В., Исаенко В.Н. Особенности радиэкологических процессов в селе Тернопольской области, оцененных по методу камерных моделей. *Вісник Національного авіаційного університету*. – 2006. – №2. – С.126–128.
7. Кутлахмедов Ю.А., Корогодин В.И., Родина В.В., Матвеева И.В., Петрусенко В.П., Саливан А.Г., Ленишина А.Н. Теория и модели радиоактивности в современной радиэкологии. В сб. материалы: Международной конференции «Радиэкология: итоги, современное состояние и перспективы». – Москва, 2008. – С.177–193.

РАДИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕЙ МОНГОЛИИ

В.С. Машенькин¹, С.И. Арбузов²

¹Чингис Хаан Банк, г. Улан-Батор, Монголия.

²Томский политехнический университет, г. Томск, mashenikin@mail.ru

RADIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF MONGOLIAN COALS

V.S. Mashenkin¹, S.I. Arbuзов²

¹Chingis Khaan Bank, Ulan-Baatar, Mongolia

²Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Abstract. The geochemistry of U and Th in coals of the Mongolia was studied. The evaluations of average contents of uranium and thorium are cited for the main epochs of coal formation in Mongolia. The concentration factors of U and Th in coal deposits were determined.