

Примечание: районы: Ч – Чебулинский, Г – Гурьевский, И – Ижморский, К – Кемеровский, Л – Ленинск-Кузнецкий, М – Мариинский, Т – Тисульский, Я – Яйский, Б – Беловский, П – Промышленновский; $0,5 \leq \text{КК} \leq 1,5$

Таблица 3

Геохимическая специализация проб лабазника различных кластеров

Номер кластера	Ранжированный по значению коэффициента концентрации ряд химических элементов: элемент (коэффициент концентрации)	Район (кол-во проб)
1.	U (5,0), TR(Er) (4,6), Hf (4,3), TR(Sm) (4,3), Zr (4,1), Th (4,1), Cs (3,9), Nb (3,7), Ta (3,6), Al (3,5), Y (3,4), TR(Ce) (3,3), Na (2,9), Fe (2,7), Ga (2,5), V (2,1), Tl (1,8), Sb (1,7), Pb (1,6), Si (1,6), Bi (1,5), Sn (1,5), Ti (1,5), Mo (1,4), Cd (1,3), Co (1,3), Rb (1,3), Li (1,2), Ba (1,2), Zn (1,1), Ni (1,1), Cr (1,1), Mn (1,1), P (1,1), Sc (1,1), Cu (1,0), W (1,0), Ag (1,0), Ca (1,0), Sr (1,0), K (0,9), As (0,8), Mg (0,8), B (0,7)	И (2), Б (1), Л (1), П (1)
2.	Sb (1,0); K (1,0), W (1,0), Bi (1,0), Rb (1,0), Cd (1,0), Mg (1,0), As (1,0), Sr (1,0), P (1,0), Ag (1,0), Cu (1,0), Cr (0,9), Ca (0,9), Co (0,9), Ba (0,9), Mo (0,9), B (0,9), Fe (0,9), Sn (0,9), V (0,8), Pb (0,8), Cs (0,8), Ta (0,8), Ti (0,8), U (0,8), Mn (0,8), Na (0,8), Zr (0,7), Si (0,7), Zn (0,7), Ga (0,7), Al (0,7), Sc (0,7), Tl (0,7), Nb (0,7), Ni (0,7), Hf (0,6), Li (0,6), TR(Sm) (0,6), TR(Er) (0,6), TR(Ce) (0,6), Y (0,5), Th (0,5)	И (1), М (1), Ч (3), Т (7), Б (1), Г (4), Л (1)
3.	W (2,2), TR(Er) (1,7), Ta (1,7), Y (1,6), Hf (1,6), Cs (1,5), TR(Ce) (1,4), Al (1,4), TR(Sm) (1,4), Zr (1,4), Bi (1,4), Nb (1,4), Fe (1,3), Ga (1,3), U (1,3), Th (1,3), Mn (1,3), V (1,2), Na (1,2), Co (1,2), Sb (1,2), Ti (1,2), Li (1,1), Sn (1,1), B (1,1), Si (1,1), Pb (1,1), Ca (1,1), Mo (1,1), Cr (1,1), Tl (1,0), Sr (1,0), Mg (1,0), Zn (1,0), Cd (1,0), Cu (1,0), P (1,0), As (1,0), Ba (0,9), Ag (0,9), K (0,9), Ni (0,9), Sc (0,9), Rb (0,8)	И (1), М (3), Ч (3), Т (3), К (5), Г (2), Л (2)
4.	Ni (2,9), Ba (1,8), Cd (1,8), Ti (1,8), Zn (1,6), Cu (1,4), As (1,4), Mn (1,3), Rb (1,3), Sc (1,1), P (1,1), K (1,1), Cr (1,1), Ag (1,0), Bi (1,0), Mg (1,0), Li (0,9), Ca (0,9), Sr (0,9), B (0,9), Si (0,9), V (0,9), W (0,8), Sn (0,8), Mo (0,8), Y (0,8), Fe (0,8), Ga (0,7), Hf (0,7), Zr (0,7), Cs (0,7), TR(Ce) (0,7), TR(Sm) (0,7), Co (0,6), Na (0,6), U (0,6), Al (0,6), Pb (0,6), Nb (0,5), Tl (0,5), TR(Er) (0,5), Th (0,5), Ta (0,4), Sb (0,4)	Я (1), И (1), М (3), Т (2), Г (1)

Примечание: районы: Ч – Чебулинский, Г – Гурьевский, И – Ижморский, К – Кемеровский, Л – Ленинск-Кузнецкий, М – Мариинский, Т – Тисульский, Я – Яйский, Б – Беловский, П – Промышленновский

Весьма контрастным относительным накоплением преимущественно литофильных элементов выделяются образцы первого кластера. При этом обращает на себя внимание яркая специализация на естественные радиоактивные, редкоземельные и редкие элементы.

Пробы четвертого кластера на общем фоне обособляются смешанной халькоксидеро-литофильной ассоциацией концентрирующихся элементов.

Таким образом, региональную биогеохимическую дифференциацию исследованных районов Кемеровской области необходимо проводить с учетом особенностей природных и техногенных особенностей мест обора проб. Существенное искажение в обобщенные биогеохимические характеристики территорий вносит подчиненное количество образцов с аномальным отклонением в уровнях накопления ряда элементов.

Работа выполнена при поддержке грант РФФИ 15-17-10011.

ЕСТЕСТВЕННАЯ ПРИРОДНАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ ПОЧВ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

А.Н. Злобина

Научный руководитель профессор Л.П. Рихванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Высокое содержание радионуклидов в почвах, горных породах влечет за собой повышенные концентрации радиоактивного газа радона, что в свою очередь приводит к опасной радиэкологической обстановке.

Одним из первых о районах с повышенной радиоактивностью писал американский ученый Меррил Эйзенбад в середине прошлого века: «известны два источника высокой природной радиоактивности: минеральные источники и районы монацитовых песков или других природных отложений» [4]. С тех пор было открыто несколько регионов с высоким содержанием естественных радиоактивных элементов в почвах. Примером могут служить почвы района Посус-ди-Калдас в Бразилии, почвы штата Керала в Индии, почвы острова Ньюе, почвы южно-китайской провинции Гуандун, почвы французского региона Овернь, монацитовые пески побережья Азовского моря.

Причиной формирования высоких концентраций естественных радиоактивных элементов в почвах, прежде всего, могут быть высокие концентрации этих компонентов в первичных почвообразующих породах, а также различные геологические процессы, приводящие к накоплению радиоактивных элементов [2].

Целью данной работы является изучение природы высокой радиоактивности почв и радиоэкологических последствий в районах с повышенным содержанием радионуклидов в почвах.

Геохимические и минералогические исследования почв из южно-китайской провинции Гуандун и французского региона Овернь показали, что максимальное накопление редких земель и радиоактивных элементов происходит в тонкой песковой (0,04) и (0,01) и глинистой фракциях. По данным электронно-микроскопического анализа в почвах провинции Гуандун были выявлены фосфаты тяжелых и легких редких земель, минералы монацита, редкоземельная цериевая фаза с торием, минерал ксенотим с примесями тяжелых редких земель и тория, рутил, касситерит, также циркон со следами урана, тория и гафния.

По результатам гамма-спектрометрического анализа профиля почв по генетическим горизонтам провинции Гуандун на глубину 160 см (рис.1) наблюдается увеличение содержания урана, тория и калия с глубиной. По отдельным генетическим горизонтам элементы распределяются в зависимости от характера и интенсивности почвообразующих процессов. Торий является менее активным мигрантом. Распределение тория по почвенному профилю дифференцировано слабее, чем у остальных элементов. Однако существующие вариации в распределении тория позволяют проследить тенденцию к его накоплению в горизонтах (B2, BC, C) параллельно с увеличением содержания тонкодисперсной (0,04) фракции. Почвы провинции Гуандун относятся к почвам гумидных районов с повышенным увлажнением, где интенсивно идут процессы аккумуляции урана из почвенных растворов, что особенно наблюдается для гумусовых горизонтов (A).

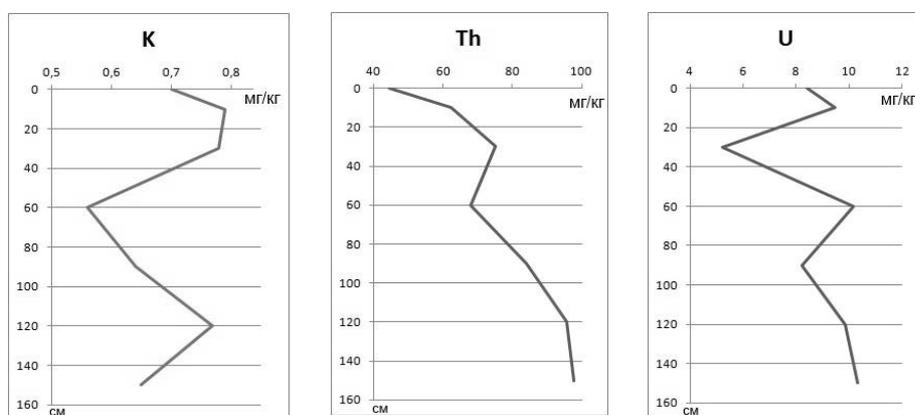


Рис.1 Содержание K, Th, U (мг/кг) в профиле почвы провинции Гуандун (глубина 160 см) по результатам гамма-спектрометрического анализа

Радон в исследуемых районах имеет высокие концентрации в почвенном воздухе. Например, исследования в районе г. Чжухай в провинции Гуандун (рис.2) показали, что содержания ^{222}Rn - до 1199 kBq/m^3 , ^{220}Rn - до 400 kBq/m^3 [6]. Повышенные концентрации радона отмечаются на обнажениях выветрелых гранитов.

Следует отметить, что в провинции Гуандун для строительства используют кирпич из местной глины, которая обладает высокой радиоактивностью. Внутри здания из этих кирпичей, концентрация радона и γ -излучения очень высоки. Доза облучения населения от естественных источников, накопленная на душу населения за год равна $5,87 \text{ мЗв/г}$. Это более чем в 2 раза больше, рекомендованной UNSCEAR (1988).

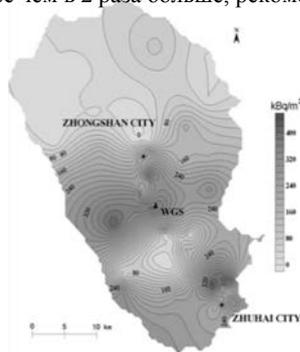


Рис.2 Карта концентрации газа ^{220}Rn (kBq/m^3) в районе города Чжухай, провинция Гуандун [6]

При попадании элементарных частиц (γ -кванты, электроны, протоны и нейтроны) в ядро клетки происходит ионизация молекул воды, которые нарушают химическую структуру ДНК. В этих местах происходят разрывы ДНК, что приводит к возникновению дополнительных, индуцированных радиацией мутаций (хромосомных aberrаций). По данным Isamu Nayata в лимфоцитах жителей Южного Китая наблюдается увлечение частоты транслокации клеток, хромосомных aberrаций [5].

Эквивалентная доза, получаемая двенадцатитысячным населением курортного города Гуарапари (Бразилия), достигает 175 мЗв/год, вблизи города Посус-ди-Калдас эта доза в 800 раз превосходит средний уровень и достигает 250 мЗв/год. Исследования, проведенные в Посус-ди-Калдас (Бразилия), показали, что у населения и рабочих, занятых добычей и переработкой монацита, отмечаются значительные аномалии хромосом по сравнению с контрольными группами населения. В штате Эспирито-Санту были отмечены нарушения репродуктивной функции женщин и изменения здоровья новорожденных, однако точной взаимосвязи с повышенной естественной радиоактивностью в этих районах выявлено не было [7].

Средняя мощность поглощенной дозы в воздухе за счет земного излучения в штате Керала (Индия) составляет 11440 мкГр/год, что в 5 раз превышает средний радиационный фон излучения. Результаты исследования заболеваемости синдромом Дауна на данной территории показывают, что заболеваемость в штате Керала выше, чем в соседнем штате Мадрас (без залежей монацитовых песков) и в среднем по Индии. Также N. Kochupillai отмечает, что степень генетического дефекта занимает промежуточное положение между видимыми хромосомными ошибками с одной стороны, и точечными мутациями, затрагивающие структурные изменения, которые могут вызвать умственную отсталость, с другой стороны [7].

Важно заметить, что если большие дозы радиации оказывают неблагоприятные эффекты на живые организмы - угнетают деление клеток, рост и развитие, то малые дозы стимулируют практически все физиологические процессы. Конкретные величины малых доз зависят от видовой характеристики, для млекопитающих они лежат в диапазоне до 0.5 Гр. Важным проявлением радиационного гормезиса является феномен адаптивного ответа, заключающийся в повышении устойчивости различных биологических объектов к воздействию поражающих доз радиации в случае предварительного облучения в малой дозе. Исследования холма в штате Минас-Жерайс (Бразилия) с высоким природным уровнем радиации показали множество радиорезистентных насекомых (*Drosophila willistoni*), червей и растений [3].

Учеными доказаны негативные эффекты на здоровье человека, связанные с превышением средней дозы излучения, это хромосомные и генные изменения, заболевания лейкемией, раком легких, саркомой. Однако при изучении районов с высоким содержанием радионуклидов в почвах особое внимание следует уделять радиорезистентным организмам, способным к адаптации в условиях повышенной радиоактивности. Возможно, это поможет понять защитные биологические механизмы от высоких доз облучения.

Литература

1. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозологии: учебное пособие. – Томск, 1997. – 384 с.
2. Рихванов Л.П. Циркон-ильменитовые россыпные месторождения – как потенциальный источник развития Западно-Сибирского региона. – Кемерово, 1993. – 214 с.
3. Cordeiro A. Radioresistance of a natural population of *Drosophila willistoni* living in a radioactive environment. // Mutation research. - Volume 19, Issue 3, 1973. С. 325-329
4. Eisenbud Merrill. Environmental radioactivity: from natural, industrial and military. – Academic Press, 1997. – 656 с.
5. Isamu Hayata. Chromosome Translocation in Residents of the High Background Radiation Areas in Southern China// J. Radiat. RES., 41: Suppl., 69–74 (2000)
6. Nanping Wang. Determination of Radioactivity Level of 238U, 232Th and 40K in Surface Medium in Zhuhai City by in-situ Gamma-ray Spectrometry // Journal of Nuclear Science and Technology, 2005, 42:10, 888-896.
7. Sternglass, Ernest J. Cancer Mortality Changes around Nuclear Facilities in Connecticut// Sources and Effects of Ionizing Radiation. – NYC, 1982. С. 345.

РУТУТЬ В ВОЗДУХЕ, ВОДЕ, ПОЧВАХ И ДОННЫХ ОСАДКАХ ОСТРОВА РУССКИЙ ЯПОНСКОГО МОРЯ

М.В. Иванов

Научный руководитель профессор А.С. Астахов
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток,
Россия

Ртуть и ее соединения, которые, как общепризнано, являются одними из наиболее опасных экотоксикантов, их трансформация и миграция в окружающей среде в связи с различными техногенными процессами являются едва ли не центральными в проблеме химии и экогеохимии тяжелых металлов.

Остров Русский расположен в заливе Петра Великого в Японском море, южнее Владивостока (наименьшее расстояние между континентальной частью города и островом равно 800 метрам). От полуострова Муравьев-Амурского, где расположена основная часть Владивостока, Русский отделен проливом Босфор Восточный. С запада остров омывается водами Амурского залива, а с юга и востока - Уссурийского. На юго-западе проливом Старка отделен от следующего острова архипелага - острова Попова. Территория острова - 97,6 кв. км, длина - около 18 км, ширина - около 13 км. Население - 5 360 жителей.

В работе использованы пробы воздуха, почв и донных осадков, отобранные в экспедициях 2013-2015 годах. Пробы отбирались дночерпателем Ван Вина. В августе 2015 на маломерном судне ТОИ ДВО РАН было отобрано около 35 поверхностных донных осадков с глубин от 8 до 44 метров. Было отобрано около 20 проб поверхностных почв. Было пройдено автомобильной съёмкой на скорости 20-40 км/ч около 550 км по грунтовым дорогам о. Русский. Опробованы основные горные породы острова (рис 1.).