

УДК: 574.9 (575.2)

Калдыбаев Б.К., д. б. н., kbakyt387@gmail.com;
Кадырова Г.Б., к.б.н.
ИГУ им. К. Тыныстанова
Дженбаев Б.М., bektamat2002@mail.ru, Институт биологии НАН КР

БИОГЕННАЯ МИГРАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОЗЕРЕ ИССЫК-КУЛЬ

С использованием пакета прикладных программ *Erica tool 1.3* был проведен анализ биогенной миграции урана в условиях озера Иссык-Куль. Установлено накопление урана водными организмами, поглощенные дозы облучения, фактор радиационного риска. В пределах поглощенных доз (0-50 мкГр/ч) статистически значимого отрицательного биологического воздействия на организм рыб не наблюдается. Содержание радионуклидов в исследованных рыбах озера Иссык-Куль находится в пределах естественных показателей. Радионуклиды обнаруживаются преимущественно в костной ткани по сравнению с мышцами.

Ключевые слова: вода, рыбы, биогенная миграция, доза облучения, доза радиации, радионуклиды, естественный показатель.

Калдыбаев Б. К., б. и. д., kbakyt387@gmail.com
Кадырова Г. Б., б.и.к.
К. Тыныстанов ат. ЫМУ
Дженбаев Б. М., bektamat2002@mail.ru, КР УИАнын Биология институту

РАДИОНУКЛИДДЕРДИН ЫСЫК-КӨЛДӨГҮ БИОГЕНДИК МИГРАЦИЯСЫ

Erica tool 1.3 колдонмо пакетинин жардамы менен Ысык-Көлдүн шартында урандын биогендик миграциясына анализ жүргүзүлдү. Суу организмдери тарабынан урандын топтолушу, нурлануунун дозасы жана радиациялык коркунуч фактору аныкталды. Нурлануу дозасынын чегинде (0-50 мкГр/саат), балыктардын организмине статистикалык маанилүү терс биологиялык таасир байкалган жок. Ысык-Көлдүн изилдөөгө алынган балыктарындагы радионуклиддердин курамы табигый көрсөткүчтөрдүн чегинде. Радионуклиддер булчуңга караганда сөөк ткандардында көбүрөөк топтолот.

Өзөктүү сөздөр: суу, балыктар, биогендик миграция, нурлануу дозасы, радиация дозасы, радионуклиддер, табигый көрсөткүч.

Kaldybaev B.K., PhD, kbakyt387@gmail.com
Kadyrova G.B. K., candidate of Biological Sciences,
K.Tynystanov ISU

Jeenbaev B.M., bekmamat2002@mail.ru, Institute of Biology National Academy of
Sciences Kyrgyz Republic

BIOGENIC MIGRATION OF RADIONUCLIDES IN ISSYK KUL LAKE

*Analysis of the biogenic migration of uranium with a use the Erica tool 1.3 software package in the conditions of lake Issyk-Kul was carried out. The accumulation of uranium by aquatic organisms absorbed radiation doses, and a radiation risk factor have been established. Within the absorbed doses (0-50 $\mu\text{Gy/h}$), no statistically significant negative biological effects on the fish organism are observed. Radionuclides in investigated fish at Issyk-Kul lake are within natural levels. Natural radionuclides are found predominantly in bone tissue compared to muscle tissue. **Key words:** water, fish, biogenic migration, radiation dose, radionuclides, natural levels*

Озеро Иссык-Куль расположено в северо-восточной части Кыргызстана, между хребтами Северного Тянь-Шаня: Кунгей-Ала-Тоо и Терской-Ала-Тоо, на высоте 1609 м над уровнем моря. Озеро бессточное, в него впадает около 80 сравнительно небольших рек. Из них наибольшими являются Тюп и Джергалан, впадающие с востока. Вода солоноватая (минерализация воды - 5,90 ‰), поэтому зимой она не замерзает. Объём воды равен 1738 км³, площадь зеркала воды - 6236 км², средняя глубина - 278 м, наибольшая глубина 702 м. Протяжённость Иссык-Куля с запада на восток равна 182 км, а с юга на север - 58 км. Климат умеренно морской, при этом озеро оказывает смягчающее влияние. Средняя температура января: -2° -6°, средняя температура июля: +17° +21°. В западных горах, окаймляющих озеро, выпадает всего 115 мм осадков, на восточном берегу - около 600 мм [2].

Согласно исследований проф. В.В. Ковальского (1968), воды рек районов Иссык-Кульской котловины в значительно большей степени обогащены естественным ураном. Очевидно, повышенное содержание урана в водах следует связывать не только с климатическими условиями районов, но и с геологическим строением речных долин, а также особенностями химического состава речных вод, способных хорошо извлекать уран из горных пород. Так, например, если в северных реках России (Северная Двина, Лена, Нева, Кама) содержание урана колеблется в пределах $(2-13) \times 10^{-7}$ г/л, в то время как в реках, впадающих в озеро Иссык-Куль, его концентрация повышается до $(58-71) \times 10^{-7}$ г/л [3]. Согласно ряда проведенных исследований за последние годы содержание урана в воде озера Иссык-Куль варьирует в пределах $(62-65) \times 10^{-6}$ г/л [5].

Материал и методы

Компьютерные программы в настоящее время широко используются в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды. Пакет прикладных программ Erica tool 1.3 используется для радиоэкологической оценки состояния наземных и водных экосистем. Зная содержания радиоактивных элементов в почве или в воде, программа производит расчеты накопления радионуклидов живыми организмами, поглощённых доз облучения, оценку фактора радиационного риска. Элемент радиоэкологической оценки состоит из трех уровней. На первом уровне оценивается фактор радиационного риска, если его значение низкое, то можно ограничиться уровнем 1 (рис. 1). Если значение радиационного фактора повышено, то действие

рекомендуется продолжить оценку на уровне 2. Для статистического распределения показателей используется уровень 3.

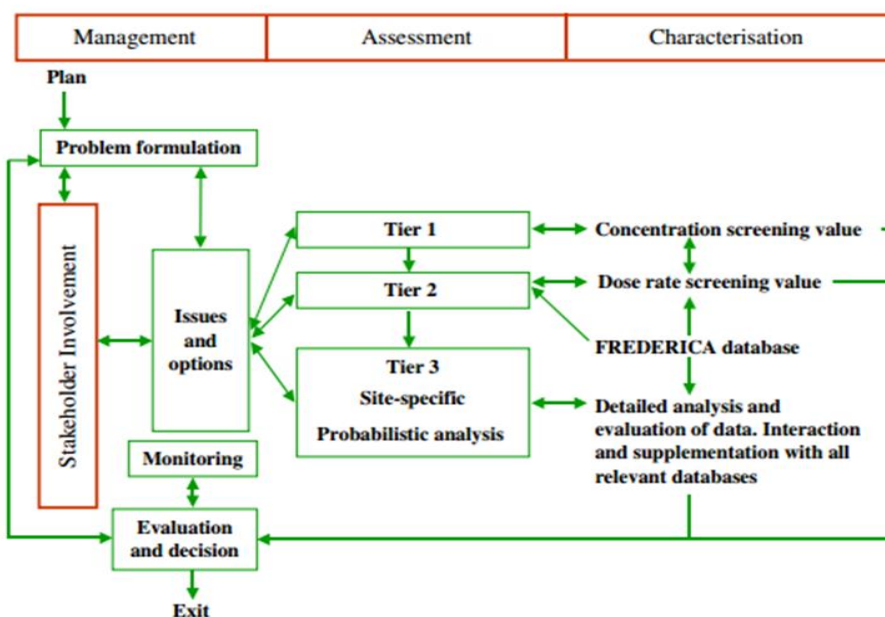


Рисунок 1. Алгоритм программы Erica tool 1.3

Для расчета фактора радиационного риска программой Erica tool 1.3 нами были введены данные удельной активности урана в воде озера Иссык-Куль. Если расчетное значение коэффициента риска выше 1, то существует вероятность накопления радионуклидов живыми организмами. Фактор риска (RQ) был определен по следующей формуле:

$$RQ_n = \frac{M_n}{EMCL}$$

где,

RQ_n = Фактор риска для радионуклида «n»;

M_n = измеренная концентрация активности для радионуклида «n» в среде, Бк л⁻¹ для воды;

EMCL_n = Предельно допустимая концентрация для радионуклидов «n» (в базе данных программы Erica)

Результаты исследований и их обсуждение

При среднем содержании урана в воде озера Иссык-Куль – 0,809 Бк/л, были получены следующие результаты (табл. 1). Среди эталонных организмов уран способен накапливаться водными растениями (190,09 Бк/кг). Уровень поглощенной дозы составил 4,56 мкГр/ч, она может варьировать в пределах 0,47 – 17,9 мкГр/ч. По базе данных программы Erica tool 1.3 поглощенные дозы в пределах (0-50 мкГр/ч) не оказывают статистически значимых отрицательных биологических эффектов на водные растения. При малых дозах радиации возможно незначительно стимулирующее действие на рост (в 1,2 раза). Для озера Иссык-Куль наибольшее видовое разнообразие приходится на группу сине-зеленых (Cyanophyta), диатомовых (Bacillariophyta) и зеленых (Chlorophyta) водорослей, особенно характерна хара ломкая, в отдельных мелководных зонах Иссык-Куля наблюдается их бурный рост. Среднее значение коэффициента риска для водных растений составляет (0,45). Если расчетное значение

коэффициента риска выше 1, то существует вероятность накопления радионуклидов живыми организмами (рис. 2). Расчетное среднее содержание урана в пелагических рыбах составляет 7,11 Бк/кг на сырой вес. Уровень поглощенной дозы составил 0,17 мкГр/ч, она может варьировать в пределах 0,06 – 0,42 мкГр/ч (рис. 3).

Таблица 1. Расчетные данные содержания урана в эталонных организмах, поглощенной дозы и коэффициента риска

Organism	Activity Concentration in organism [Bq kg-1 f.w.]	Total Dose Rate per organism [μ Gy h-1]	"Risk Quotient [unitless]"
Benthic fish	7,11854	0,170985077	0,017098508
Bird	7,11854	0,170845037	0,017084504
Crustacean	2,916395764	0,070112059	0,007011206
Macroalgae	67,28795463	1,625710588	0,162571059
Mollusc - bivalve	25,8856	0,621577747	0,062157775
Pelagic fish	7,11854	0,170845065	0,017084507
Phytoplankton	176,34565	4,259622187	0,425962219
Zooplankton	3,011897417	0,072286056	0,007228606
Vascular plants	190,09	4,56	0,45

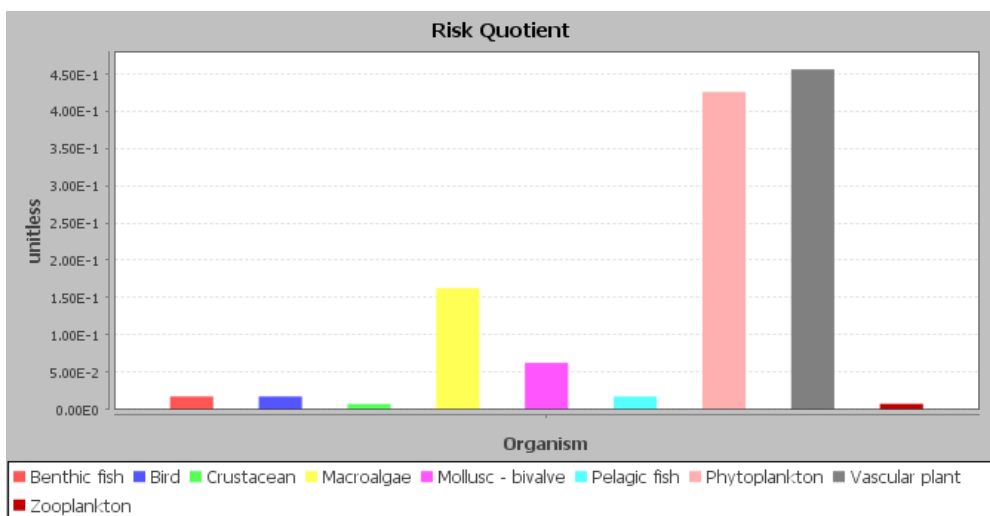


Рис. 2. Коэффициенты риска для эталонных организмов

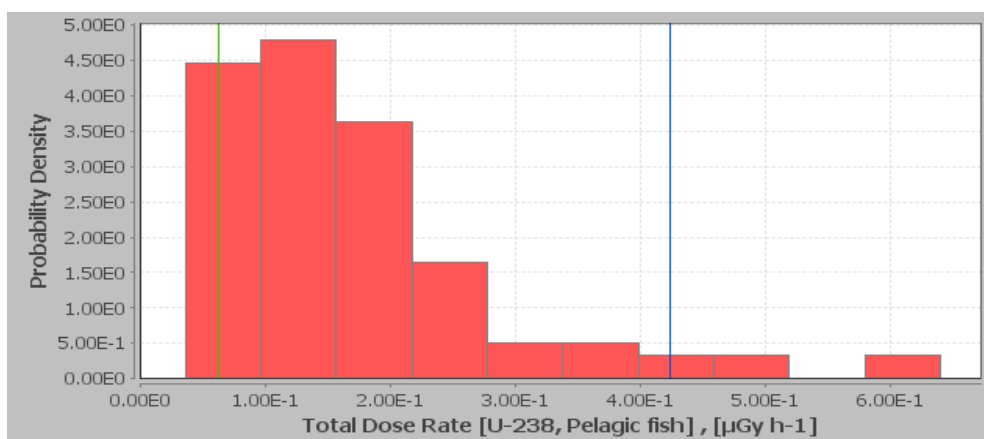


Рис. 3. Возможный предел поглощенной дозы у пелагических рыб
0,06 – 0,42 мкГр/ч

По базе данных программы Erica tool 1.3 в пределах данных поглощенных доз не наблюдается статистически значимых отрицательных биологических эффектов на организм рыб. Известно, что уран преимущественно накапливается в костной ткани, почках, жабрах, а затем в печени, и только небольшая часть удерживается в мышцах. В виду того, что части органов рыб: жабры, печень и кости обычно население не едят, общая суточная доза для урана устанавливается ВОЗ-ом не больше 50 Бк/кг [4].

Сотрудниками лаборатории биогеохимии и радиэкологии института биологии НАН КР было исследовано распределение естественных радионуклидов (²²⁶Ra, ²²⁸Th и ²¹²Pb) в костной и мышечной ткани некоторых видов рыб озера Иссык-Куль [5]. Были выбраны следующие виды рыб:

1. Окуневые – Судак (*Lucioperca lucioperca*, 1958) – хищник и широко распространен (промысловый).
2. Лососевые – Иссык-Кульская форель (*Salmonidae (Salmo ischchan Issykogegarkuni Lushin*, 1932) – бентосные рыбы и хищник (промысловый).
3. Иссык-Кульский чебачок (*Leuciscus bergi Kaschkarov*, 1925) – аборигенный и редкий вид.

Результаты исследований показали, что естественные радионуклиды преимущественно обнаруживаются в костной ткани по сравнению с мышцами, особенно ²²⁶Ra (рис.4). Концентрации естественных радионуклидов варьируют в пределах фоновых значений, так например содержание ²²⁶Ra в общей массе двух летнего судака (*Lucioperca lucioperca*) составило 0,61 Бк/кг на сырой вес, уровень поглощенной дозы - 0,081 мкГр/ч, коэффициент риска - 0,008. Для ²²⁸Th и ²¹²Pb характерны более низкие концентрации.

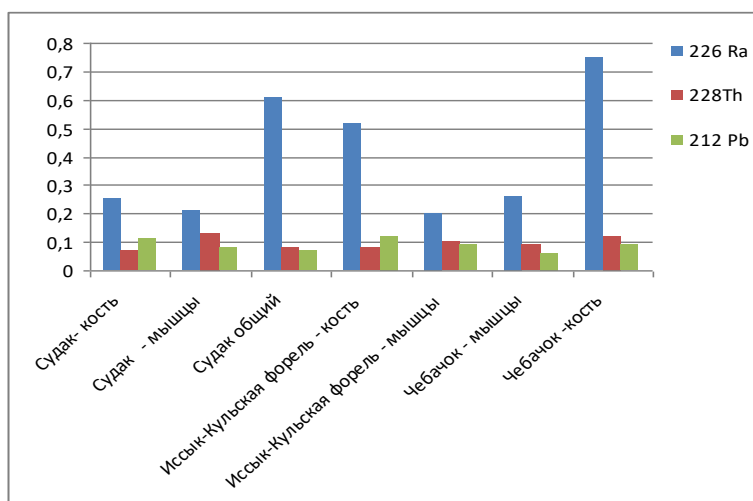


Рис. 2. Содержание естественных радионуклидов в костной и мышечной ткани рыб оз. Иссык-Куль (Бк/кг) на сырой вес

Заключение

Расчеты с использованием программы Erica tool 1.3 показали, что естественное содержание урана в воде озера Иссык-Куль (0,809 Бк/л) является безопасной для живых организмов водной экосистемы, уровень поглощенной дозы, коэффициенты накопления и риска варьируют в пределах нормы. Согласно выводов научного комитета ООН по действию атомной радиации поглощенная доза мощностью 80 мкГр/ч является пороговой дозой. Представленные поглощенные дозы для эталонных организмов в таблице 1 на много ниже данного показателя. Содержание урана и других естественных радионуклидов (²²⁶Ra, ²²⁸Th и ²¹²Pb) в отдельных видах рыб озера Иссык-Куль варьируют в пределах фоновых значений преимущественно радионуклиды обнаруживаются в костной ткани по сравнению мышцами.

Литература:

1. Дженбаев Б.М. Современное состояние Иссык-Кульской урановой радиобиогеохимической провинции / Б.М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, Б.К. Калдыбаев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2013. – Т.53, № 4. – С.432-440.
2. Кадыров В.К. Гидрохимия озера Иссык-Куль и его бассейна / В.К. Кадыров – Фрунзе: Илим, 1986. – 212 с.
3. Ковальский В.В. Урановые биогеохимические пищевые цепи в условиях Иссык-Кульской котловины / В.В. Ковальский, И.Е. Воротницкая, В.С. Лекарев // Тр. Биогеохим. лаб. – М.: Наука, 1968. – Т.ХІІ. – С.25-53.
4. Руководство по контролю качества питьевой воды: Критерии здоровья и другая вспомогательная информация. - 3- изд. – Женева: ВОЗ, 2010. – 112 с.
5. Kulenbekov Zh. Investigation of the natural uranium content in the Issyk-Kul Lake, Kyrgyzstan / Zh. Kulenbekov, Broder J. Merkel // Freiberg Online Geology. 2012, Vol 33. - P. 3-45.