

ство проводить измерения ЭРОА радона и плотности потока радона в подпочвенном воздухе, что позволит при проектировании зданий предусмотреть конструктивную защиту от радона и торона.

Необходимо проводить с населением и персоналом города разъяснительную работу о вредных воздействиях радиационных факторов на здоровье человека и о необходимости проведения измерений МэД и ЭРОА радона на рабочих местах и в жилых помещениях.

Литература

1. Бабушкин В.Е. *Основы экологии*. – Германия : Lap Lambert Academic Publishing, 2013. – 162 с.
2. Булатов В.И. *Россия радиоактивная. ЦЭРИС*. – Новосибирск, 1996.
3. *Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009, Сан-ПиН 2,6,1,2523-09*. – Минздрав России, 2009.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ СКОРЛУПЫ ЯИЦ РЯБИННИКА (*TURDUS PILARIS*, PASSERIFORMES, AVES) НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗНОЙ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИЕЙ

Н.В. Барановская¹, Б.Д. Куранов²

¹Томский политехнический государственный университет, Томск, Россия

²Томский государственный университет, Томск, Россия

CHANG OF ELEMENT CONCENTRATION IN EGG SHELL OF *TURDUS PILARIS*, PASSERIFORMES, AVES ON THE TERRITORY WITH DIFFERENT ECOLOGY – GEOCHEMISTRY SITUATION

N.V. Baranovskaya¹, B.D. Kuranov²

¹Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

²Tomsk State University, Tomsk, Russia

В статье обсуждаются данные по содержанию естественных радиоактивных элементов в скорлупе яиц птиц вида *Turdus pilaris*, Passeriformes, Aves. Приведены результаты накопления и соотношения радиоактивных элементов (тория и урана), а так – же других, определенных методом нейтронно – активационного анализа. Сделан вывод о концентрировании урана и уменьшении кальция в зоне влияния техногенеза.

In article discusses the natural radioactive elements content in egg shell of *Turdus pilaris*, Passeriformes, Aves. The results of the accumulation and ratios of radioactive elements (thorium and uranium), as well as others identified by the method of neutron activation analysis. The conclusion about the concentration of uranium and the reduction of calcium in the zone of technogenic influence.

Вследствие наложения природных и техногенных факторов в антропогенно-трансформированных ландшафтах формируются сложные геохимические ассоциации элементов в живых организмах. Особое место среди таких территорий принадлежит ландшафтам, испытывающим комплексное химическое и радиационное воздействие. Изучение специфики элементного состава биологических структур таких территорий весьма актуально как с точки зрения биологических показателей и их изменения, так и с точки зрения разработки параметров экологического нормирования территории.

Исследования проведены в 1994–1997 гг. в Томской области в зоне влияния Сибирского химического комбината (СХК). Первая опытная площадка располагалась в 1 км от реакторных заводов в санитарно-защитной зоне комбината (СЗЗ), вторая – в 10 км от объектов комбината по направлению преобладающих ветров. Первый контрольный участок находился в южных окрестностях Томска в 25 км от комбината в направлении, противоположном господствующим ветрам, второй – в окрестно-

стях пос. Киреевск Кожевниковского района на удалении 60 км от Томска в западном направлении.

СХК включает комплекс предприятий, основной задачей которых до 2008 г. являлась наработка оружейного плутония и обогащенного урана. Со времени пуска, состоявшегося в 1953 г. на комбинате произошло более 30 аварий. По материалам Отдела охраны окружающей среды СХК в большинстве случаев загрязнения не имели выхода за пределы промышленной зоны. Однако многолетняя работа комбината даже при отсутствии крупных инцидентов привела к изменению естественной геохимической обстановки [5, 6]. В настоящее время на СХК продолжают работы по очистке облученного ядерного топлива, переработке высокообогащенного урана и плутония, производству технического фтора, фторидов железа и редкоземельных элементов, а также другие операции с радионуклидами, что позволяет по-прежнему рассматривать комбинат как источник загрязнения окружающей территории [3].

Выбор модельного вида обусловлен тем, что рябин-

ник в основном собирает корм в наиболее загрязненных ярусах наземного биогеоценоза, которыми являются поверхность земли и подстилка [2]. С помощью инструментального нейтронно-активационного анализа изучен элементный состав 52 проб скорлупы. Каждая проба состояла из скорлупы всех яиц одной завершённой кладки. На опытных площадках отобрано 25 проб, контрольных – 27 проб.

Сравнительный анализ средних содержаний элементов в четырех изученных точках показал, что существенных различий не наблюдается, за исключением некоторых элементов, концентрация которых была несколько снижена в зоне влияния СХК – это скандий, хром и золото (рис. 1).

Мы можем говорить лишь о некоторых тенденциях в изменениях количественных характеристик. Так, прослеживается тенденция к уменьшению содержания некоторых элементов по мере удаленности от объектов СХК, включая тяжелые металлы, натрий, барий, редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы (рис. 2). Содержание кальция увеличивается, что можно считать положительным фактом, поскольку этот компонент составляет основу скорлупы и определяет ее механическую прочность. Тенденция к уменьшению количества этого элемента отмечена нами при анализе других живых систем в городских агломерациях и при патологических состояниях [1].

Данные о содержании в скорлупе рябинника столь широкого спектра элементов в литературе отсутствуют, поэтому сложно делать выводы о том, насколько высоки или низки эти показатели. Можно констатировать, что изученные нами техногенно-загрязненные территории характеризуются спектром элементов со средними значениями, приведенными в таблице 1.

Анализ фактического материала по элементному составу скорлупы яиц рябинника позволяет говорить о том, что близость мест отбора проб к томско-северской городской агломерации сглаживает разницу между средними показателями в содержании элементов в скорлупе. Для того, чтобы использовать данный объект в качестве индикатора состояния территории необходи-

мы иные подходы, чем просто анализ тенденций изменений полученных показателей.

Картина распределения элементов на изученных территориях указывает, что зоны, выделенные нами в качестве фоновых, не является таковой по ряду признаков и имеют особенности эколого-геохимического характера, которые находят отражение в живых системах. Для получения картины этой специфики мы нормировали содержания элементов в каждой точке отбора проб к среднему по выборке и получили ряды биологического накопления элементов (табл. 2).

Анализ полученных рядов показал, что превышение среднего значения характерно лишь для железа и скандия в скорлупе яиц у рябинников, гнездящихся в непосредственной близости к СХК и золота – в южном пригороде Томска (в 1,5–2 раза). В целом спектры элементов, незначительно концентрирующиеся в отдельно взятых пробах, имеют своеобразный вид и специфические элементы, по-видимому, отражающие геохимический характер территории обитания и проявляются в данных спектрах элементов. Так, можно отметить, что уран появляется только в биогеохимических рядах характерных для скорлупы яиц рябинников, обитающих в непосредственной близости к СХК. Вероятно, даже столь незначительные отличия в накоплении элементов могут приводить к нарушениям развития на ранних стадиях онтогенеза. У рябинника вблизи комбината доля патологических эмбрионов увеличена в 3,3 раза, а патологическим изменениям подвержено в 2 раза большее число систем органов. У зародышей наблюдается 4-кратное увеличение частоты аномалий развития, многие из которых могут значительно снижать жизнеспособность организма. Поражения органов чувств и ЦНС у эмбрионов в ССЗ СХК встречались в 5 раз чаще по сравнению с контролем. В ССЗ СХК также установлено достоверное увеличение птенцово́й смертности. Птенцы чаще погибали в течение первых дней после вылупления, что говорит о снижении жизнеспособности потомства еще в период эмбриогенеза. На наш взгляд эти эффекты обусловлены сочетанным воздействием комплекса химических факторов и небольших доз радиации [4].

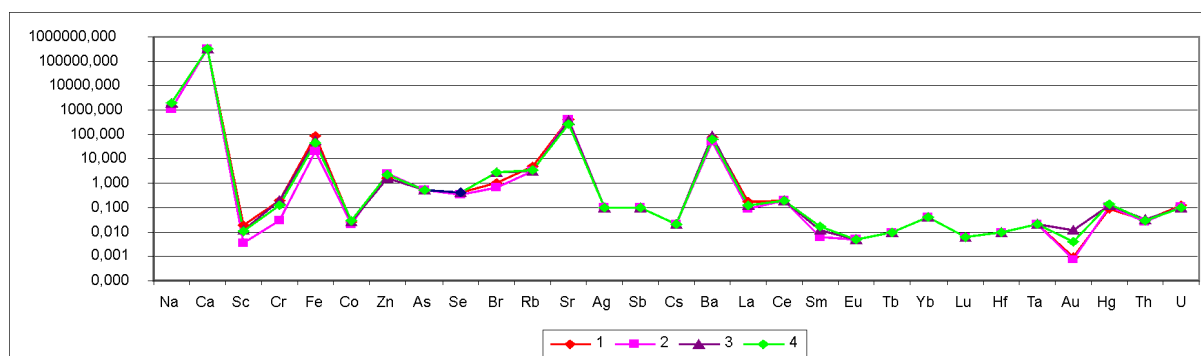


Рис. 1. Изменение содержания элементов (мг/кг) в скорлупе яиц рябинника в зависимости от мест обитания. 1–4 – точки отбора проб: 1 – ССЗ СХК; 2 – 10 км от СХК; 3 – южный пригород Томска; 4 – п. Киреевск Кожевниковского р-на

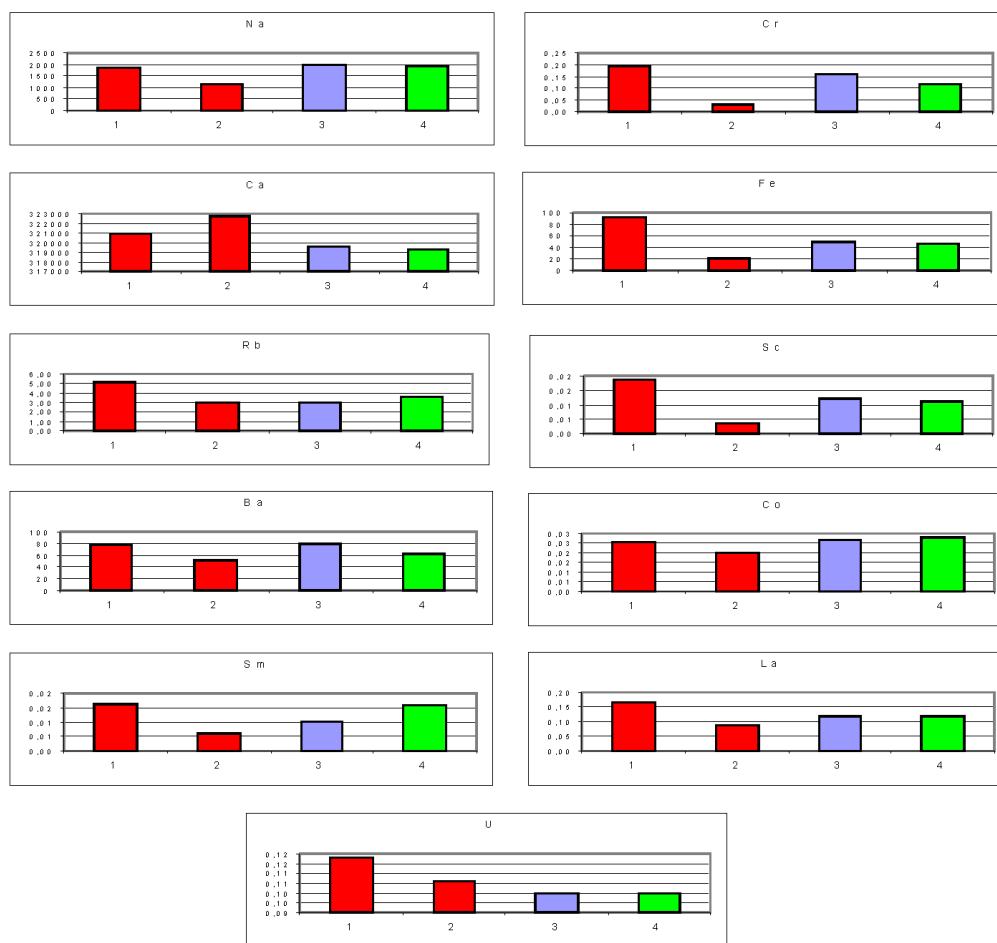


Рис. 2. Изменение содержания отдельных элементов (мг/кг) в скорлупе яиц рябинника в зависимости от мест обитания: 1–4 – точки отбора проб: 1 – СЗЗ СХК; 2 – 10 км от СХК; 3 – южный пригород г. Томска; 4 – п. Киреевск Кожевниковского р-на

Таблица 1. Среднее содержание элементов в скорлупе яиц рябинника (мг/кг)

Элемент	Среднее содержание, ошибка среднего	Элемент	Среднее содержание, ошибка среднего
Na	1767 ± 120	Ba	71 ± 4
Ca	321040 ± 3410	La	0,12 ± 0,008
Sc	0,012 ± 0,001	Ce	<0,2
Cr	0,14 ± 0,03	Sm	0,012 ± 0,001
Fe	55 ± 6	Eu	<0,005
Co	0,026 ± 0,001	Tb	<0,01
As	<0,5	Yb	<0,04
Zn	1,86 ± 0,2	Lu	<0,006
Se	0,4 ± 0,01	Hf	<0,01
Br	1,96 ± 0,3	Ta	<0,02
Rb	3,6 ± 0,3	Au	0,005 ± 0,002
Sr	380 ± 14	Hg	0,11 ± 0,006
Ag	<0,1	Th	0,029 ± 0,001
Sb	<0,1	U	0,11 ± 0,003
Cs	<0,02		

Таблица 2. Биогеохимические ряды накопления элементов в скорлупе яиц рябинника (относительно среднего по организму)

Точки отбора проб	Биогеохимический ряд
СЗЗ СХК	$Fe_2 Sc_{1,6} Rb_{1,4} La_{1,3} Sm_{1,3} Sr_{1,1} Na_{1,1} U_{1,1} Ba_{1,1}$
10 км от СХК	$Zn_{1,4} Sr_{1,1} U_1 Ca_1 Hg_1$
южный пригород Томска	$Au_{2,4} Br_{1,5} Cr_{1,3} Ba_{1,2} Th_{1,1} Hg_{1,1} Na_{1,1} Se_{1,1} Sm_1 La_1 Sr_1 Ca_1 Sc_1 Fe_1 Co_1$
п. Киреевск Кожевниковского р-на	$Br_{1,4} Sm_{1,3} Zn_{1,2} Hg_{1,2} Co_{1,1} Na_{1,1} Th_1 La_1 Ca_1 Rb_1$

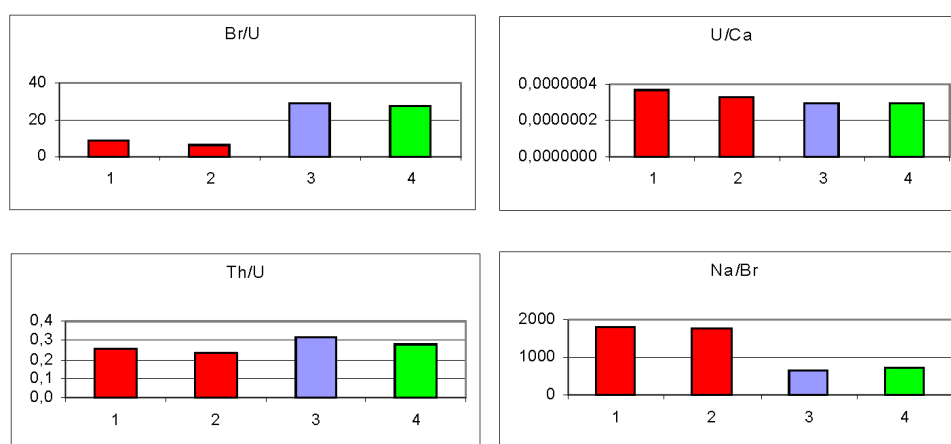


Рис. 3. Изменение соотношений элементов в скорлупе яиц рябинника в зависимости от мест обитания: 1–4 – точки отбора проб: 1 – п. Киреевск Кожевниковского р-на; 2 – южный пригород Томска; 3 – 10 км от СХК; 4 – СЗЗ СХК

Еще более ярким показателем воздействия предприятий ядерно-топливного цикла являются соотношения элементов. Наблюдается резкое изменение показателя бром – уранового отношения в сторону его уменьшения от зоны влияния СХК к южному пригороду Томска и условно-фоновой территории и тенденция к снижению торий-уранового показателя. Отношение натрия к бром и урана к кальцию напротив, повышаются в южном пригороде Томска и в сельской местности (рис. 3). Подобные результаты получены при анализе волос детского населения территории Томского района [1, 6]. Отношение урана к кальцию повышается по мере приближения к техногенному источнику в основном за счет увеличения урана в составе скорлупы яиц. Уменьшение содержания в скорлупе кальция наблюдается при анализе ближней и дальней зон влияния СХК (оно меньше в ближней зоне), а также в южном пригороде Томска, где его содержание еще ниже.

Эффект потери кальция как мы уже отмечали, выявлены нами и в других биологических средах (молоко женщин, листья тополей) [1]. Р. Грином [7] высказывалось предположение, что на снижение содержания кальция и концентрирование химических компонентов (в частности ДДТ) в скорлупе яиц дроздов могут влиять кислотные дожди, образующиеся над городскими территориями и воздействие пестицидов. Автором приводятся результаты исследования в Англии коллекции яиц птиц с 1900 по 1970 гг., показывающие, что с начала производства ДДТ и до момента, когда их применение было

запрещено, индекс толщины скорлупы яиц снизился на 17 процентов.

Таким образом, при анализе скорлупы яиц рябинника установлено, что наблюдаются тенденции в изменении содержания характерных для выбросов, расположенных в непосредственной близости производственных объектов СХК химических элементов. В качестве индикаторного показателя экологического состояния таких территорий целесообразнее использовать показатели соотношений элементов и проводить анализ биогеохимических рядов накопления элементов.

Литература

1. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно – антропогенных экосистем : автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Томск : ТПУ, 2011. – 46 с.
2. Ильенко А.И. Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. – М. : Наука, 1974. – 168 с.
3. Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д. Российская и мировая атомная энергетика. – М. : Изд-во Моск. гум. ун-та, 2008. – 764 с.
4. Куранов Б.Д., Савельев С.В. Репродуктивные показатели и эмбриональные нарушения у рябинника (*Turdus pilaris* L.) в зоне влияния предприятий ядерно-топливного цикла // Экология. – 2009. – № 2. – С. 116–121.
5. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радио-

- экологии. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 1997. – 384 с.
6. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих и др. ; под ред. А.Г. Бакирова. – Томск : Курсив, 2006. – 216 с.
7. Green R.E. Long-term decline in thickness of eggshells of thrushes // *Turdus spp., in Britain. Proceeding of the Royal Society of London. Series B.* – 1998. – [Vol.] 265. – P. 679–684.

ТЕНДЕНЦИИ НАКОПЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ АКТИНИДОВ В ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ

Н.В. Барановская

Томский политехнический университет, Томск, Россия, nata@tpu.ru

TRENDS OF ACTINID CONCENTRATIONS IN LIVING SYSTEMS

N.V. Baranovskaya

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, nata@tpu.ru

В статье представлены данные о накоплении некоторых актинидов в живых организмах. На примере результатов, полученных автором, а так же данных литературных источников, обсуждаются тенденции накопления радиоактивных элементов в биосфере. Показано влияние факторов на их накопление. Приведены результаты анализа отношения тория к урану в живых организмах территории Томской области и других регионов.

The article introduces the data of actinide (Th, U) accumulation in a living substance. By the example of the authors investigation results as well as the data introduced by other researches, the trends in element accumulation in biosphere have been considered. The influence of element chemical origin as well as a number of other factors is shown. The results of analysis for thorium – uranium ratio in different biologic environment are presented by the example of Tomsk and other regions.

Актиниды – это 14 элементов от тория до лоуренсия, следующих в Периодической системе за актинием [13]. Основная масса этих элементов получена искусственным путем, в природе встречаются только три из них – торий, уран и протактиний. Все элементы данной группы радиоактивны и периоды их полураспада таковы, что лишь ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U и ^{244}Pu могли сохраниться на Земле за время прошедшее после образования Солнечной системы [13]. Однако лишь торий и уран встречаются в природе в количествах, представляющих практический интерес. Причем. Эти два элемента не редки: содержание тория составляет $8,1 \cdot 10^{-4}\%$, урана – $2,3 \cdot 10^{-4}\%$.

Промышленными источниками тория служат пески, которые в отдельных случаях могут содержать до 20% ThO_2 . Для урана картина несколько иная, типичные руды содержат лишь около 0,1% этого элемента. При этом, если не считать применения небольших количеств урана для окрашивания стекла, керамики, этот элемент используется только в качестве ядерного топлива.

Таким образом, практически все элементы группы актинидов появляются в природных средах в результате деятельности человека. Так, например, к настоящему времени во всем мире произведено около 1200 т плутония, из которых три четверти получены в реакторах гражданского назначения.

Создание человечеством ядерного оружия и его испытание, а так же развитие ядерной энергетики, начиная с 1945 г., изменило геохимию всех природных сред. Во всех геосферных оболочках планеты появились совершенно новые, ранее неизвестные в природе радиоактивные элементы и их изотопы, включая представителей группы актинидов, а так же ряд изотопов других

химических элементов (технеций, прометий, плутоний, америций, Sr-90, Cs-137 и другие) [26]. До этого времени они могли бы быть обнаружены на планете только в некоторых локальных точках, где около 2 млрд лет. назад функционировали природные ядерные реакторы [34]. Появление этих специфических элементов – индикаторов процесса ядерного техногенеза фиксируется учеными разных стран в виде их концентрирования в депонирующих средах, таких как льды, торф, донные отложения, кольца деревьев и другие [12, 18, 20, 27, 35].

Наши последние исследования показывают, что происходит интенсивное концентрирование радиоактивных элементов в растениях. Так, по данным аналитических исследований материала гербарных и современных сборов растений с 1812 г. [7, 31], на территории юга Сибири происходит накопление урана от ранних этапов к современному (рис. 1).

О глобальном изменении биосферы в результате техногенеза, можно судить по изменению уровня накопления абсолютно чуждого биосфере элемента – плутония. Так, до 1945 г. этого элемента в живых организмах не обнаруживали вообще. В 1953 г. он обнаруживался в количествах 0,0007 Бк/г, в 1954 г. количество возрастает до 0,013 Бк/г, а к 1958 г. активность этого элемента в легочной ткани человека достигает 0,25 Бк/г [22]. Нами установлено [30] интенсивное поглощение данного элемента растительностью в районах функционирования предприятий ЯТЦ. Кроме того, наблюдается динамика увеличения концентрации плутония со временем от периода "доядерного" – до 1945 г. к периоду интенсивных испытаний ядерного оружия (рис. 2) со специфическим снижением до минимальных значений в районах с отсут-