

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Рябов, И. Н.* Оценка воздействия радиоактивного загрязнения на гидробионтов 30-километровой зоны контроля аварии на Чернобыльской АЭС / И. Н. Рябов // Радиобиология. – 1992. – Т.32, вып. 5. – С. 662–666.
2. *Travnikova, I. G.* Lake fish as the main contributor of internal dose to lake shore residents in the Chernobyl contaminated area. / A. Bazjukin, L. Skuterub // Journal of Environmental Radioactivity. – 2004. – Vol. 77. – P. 63–75.
3. *Кохненко, О. С.* Гаметогенез щуки (*Esox lucius*) в условиях радиоактивного загрязнения водоемов Беларуси. // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2000. – № 1. – С. 113–116.
4. *Раздорских, А. В.* Содержание  $^{137}\text{Cs}$  у рыб типичных водоемов Полесского ГРЭС в 2003–2005 гг. / А. В. Раздорских // 20 лет чернобыльской катастрофы: сб. науч. тр. / сост. Ю. И. Бондарь, Ю. И. Марченко и др. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – С. 53–55.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА В ПОЧВАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОРУССКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

## LEAD ASSESSMENT IN SOILS AND BOTTOM SEDIMENTS IN THE IMPACT AREA OF BELARUSIAN NUCLEAR POWER PLANT

***А. И. Позднякова, М. Г. Герменчук***

***A. Pozdnyakova, M. Germenchuk***

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь  
anastacia.pozdnyakova@gmail.com  
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Представлены результаты исследований образцов почв и донных отложений по содержанию свинца, которые будут являться исходными данными для анализа возможного химического воздействия АЭС на окружающую среду. Проанализирована способность растительности к накоплению свинца.

Research results of lead containing in the soils and bottom sediments represented which will be consider as background concentrations for the analysis of the possible chemical effects of Belarusian nuclear power plant on the environment are presented. The ability of vegetation to lead accumulation was analyzed.

*Ключевые слова:* фоновый мониторинг, свинец, почва, донные отложения, АЭС.

*Keywords:* background monitoring, lead, soil, bottom sediments, NPP.

Тяжелые металлы входят в перечень наиболее опасных загрязнителей. Их миграция и перераспределение в компонентах экосистемы является важной научной задачей предотвращения негативного воздействия на здоровье населения. Поведение тяжелых металлов в окружающей среде зависит от целого комплекса природных факторов, а также от интенсивности и характера производственной деятельности человека.

По данным ВОЗ, свинец является наиболее распространенным металлом из десяти химических веществ, представляющих угрозу для здоровья населения. Наиболее опасной мигрирующей формой свинца является оксид свинца, который может переноситься на большие расстояния с воздухом и водой. Из атмосферы свинец попадает в почву и воду, а из почвы металл поглощается растениями. Из атмосферы свинец попадает в экосистемы и в результате усваивается живыми организмами. Ежегодная эмиссия составляет свыше 2,5 млн т свинца. Человек поглощает свинец с водой, из воздуха и особенно через пищу. Как и другие металлы, свинец не разлагается в окружающей среде, а меняет только формы миграции. Свинец оказывает влияние на человека, может привести к анемии и расстройству нервной системы, а также может негативно воздействовать на кровь, почки и костный мозг.

Свинец является тяжелым металлом 1-го класса опасности, однако согласно ГН 2.1.7.11-12-5-2004, его предельно-допустимая концентрация в почвах довольно высока – 32 мг/кг. Этот элемент определен ВОЗ к контролю за состоянием почв, входит в перечень элементов, определяемых при локальном мониторинге в Республике Беларусь.

Для того чтобы достоверно оценивать состояние и загрязнение окружающей среды вокруг БелАЭС в период эксплуатации, необходимо понимать, что из гипотетически полученных данных является загрязнением, а что не превышает фоновые значения с учетом миграции стабильного свинца в окружающую среду. С этой целью проводится фоновый мониторинг окружающей среды, в рамках которого выполнялась данная работа.

Пробы почв были отобраны, согласно ГОСТ 17.4.4.02-84, в 12,9-километровой зоне наблюдения БелАЭС, которая утверждена постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям от 30 июня 2016 года № 29. Всего было отобрано 25 проб почв и донных отложений.

Измерения свинца выполнялись на базе РУП «Научно-практический центр гигиены» в лаборатории аналитического и спектрального анализа. Все почвы были высушены до воздушно-сухого состояния согласно ГОСТ

17.4.4.02-84. Подготовка проб к анализу осуществлялась согласно Инструкции 4.1.10-14-5-2006 с помощью многооперационных комплексов пробоподготовки МКП 04. Измерения проводились согласно МВИ.Мн 3280-2009 в пламени ацетилен-воздух на атомно-абсорбционном спектрометре ContAA 700 с пламенной и электро-термической атомизацией (производство Analytik Jena, Германия).

Помимо валового содержания свинца в почве также были определены подвижные формы. Извлечение проводилось ацетато-аммонийным буфером с pH = 4,8. Известно, что свинец почти всегда задерживается в верхних горизонтах [1], поэтому анализировался слой почвы 0–10 см. Данные приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Содержание свинца в почвах на сети комплексного мониторинга

Номер пункта отбора пробы	Концентрация свинца (валовая форма), мг/кг	Концентрация свинца (подвижная форма), мг/кг	Отношение к региональному кларку (валовая форма, 12 мг/кг) [2], %	Отношение к ПДК (валовая форма, 32 мг/кг), %	Отношение подвижной формы к валовой, %
1	3,78	0,53	31	12	14
2	4,19	0,81	35	13	19
3	5,30	0,32	44	17	6
4	4,21	0,62	35	13	15
5	2,73	0,43	23	9	16
6	2,13	0,56	18	7	26
7	5,33	0,53	44	17	10
8	3,96	0,60	33	12	15
9	2,83	0,00	24	9	0
10	3,10	0,00	26	10	0
11	3,35	0,28	28	10	8%
12	3,70	0,00	31	12	0
13	3,79	0,00	32	12	0
14	6,94	0,20	58	22	3
15	4,47	0,00	37	14	0
16	6,18	0,32	52	19	5
17	12,77	0,15	106	40	1
18	6,78	0,23	57	21	3
19	4,92	0,20	41	15	4
Среднее	4,76	0,30	40	15	8

Таблица 2 – Содержание свинца в донных отложениях на сети комплексного мониторинга в зоне наблюдения БелАЭС

Номер пункта отбора пробы	Концентрация свинца (валовая форма), мг/кг	Концентрация свинца (подвижная форма), мг/кг	Отношение к региональному кларку (12 мг/кг), %	Отношение к ПДК (валовая форма, 32 мг/кг), %	Отношение подвижной формы к валовой, %
125	1,02	0,80	9	3	78
126	2,44	0,76	20	8	31
127	0,36	0,21	3	1	59
128	1,36	0,60	11	4	44
129	1,74	0,77	14	5	41
130	1,30	0,72	11	4	55
Среднее	1,37	0,63	11	4	51

Очевидно, что полученные результаты не превышают ни значения регионального кларка, ни ПДК. Любопытно различие в отношениях подвижной формы к валовой: для лесных почв оно составляет в среднем 14 %, а для донных – 51 %.

Помимо почв были проанализированы пробы растительности. Так как в зоне воздействия станции была применена система комплексного мониторинга, которая позволяет наблюдать за изменениями экосистемы в динамике и оценивать негативную нагрузку на каждый компонент в системе в связи с другими, образцы раститель-

ности отбирались в тех же точках, что и пробы почв. Поэтому содержание свинца анализировалось в них через коэффициент биологического поглощения [3]:

$$A_x = \frac{l_x}{n_x}, \quad (1)$$

где  $l_x$  – содержание элемента в золе растений,  $n_x$  – содержание элемента в горной породе или почве на которой произрастает данное растение, кларк литосферы.

В зависимости от величины  $A_x$  химические элементы разделены следующим образом: элементы биологического накопления ( $A_x > 1$ ) и биологического захвата ( $A_x < 1$ ).

Результаты расчетов для лесной подстилки и водной растительности приведены в табл. 3.

*Таблица 3 – Коэффициенты биологического поглощения свинца подстилкой из почв лесного массива с учетом подвижной и валовой форм в зоне наблюдения БелАЭС*

Горизонт лесной подстилки	Номер пункта отбора проб почвы	КБП для валового содержания свинца	КБП для подвижного содержания свинца
A0L	1	1,11	3,96
A0(F+H)	1	4,88	17,39
A0L	2	1,12	2,90
A0(F+H)	2	2,34	6,05
A0L	4	0,47	1,59
A0(F+H)	4	6,50	22,09
A0L	5	0,00	0,00
A0(F+H)	5	5,50	17,59
A0L	6	0,00	0,00
A0(F+H)	6	9,30	17,64
A0L	7	0,00	0,00
A0(F+H)	7	1,42	7,12
A0L	8	0,00	0,00
A0(F+H)	8	0,00	0,00

Показательно, что значения  $A_x$  для подвижных форм выше, чем для валовых, что лучше отображает тенденцию к накопления свинца в лесной подстилке. При этом следует отметить, что в самом верхнем горизонте, содержащем свежий опад, количество свинца на порядок ниже, чем в нижележащем, или вовсе отсутствует.

Также коэффициент поглощения был рассчитан для растений-доминантов травянисто-кустарничкового яруса. Результаты представлены в табл. 4.

*Таблица 4 – Коэффициенты биологического поглощения свинца растениями травянисто-кустарничкового яруса из почв лесного массива с учетом подвижной и валовой форм в зоне наблюдения БелАЭС*

Образец растительности, №	Номер пункта отбора проб почвы	КБП для валового содержания свинца	КБП для подвижного содержания свинца
7	1	0,12	0,43
16	2	0,13	0,32
34	4	0,04	0,29
44	5	0,04	0,08
54	6	0,34	0,85
63	7	0,08	0,42
72	8	0,08	0,26

В образцах водной растительности содержание свинца в подстилке следовое, поэтому были проанализированы образцы травостоя. Результаты расчета коэффициента биологического поглощения представлены в табл. 5.

*Таблица 5 – Коэффициенты биологического поглощения свинца растениями из донных отложений с учетом подвижной и валовой форм в зоне наблюдения БелАЭС*

Образец растительности, №	Номер пункта отбора проб почвы	КБП для валового содержания свинца	КБП для подвижного содержания свинца
15, 16, 17	1	0,97	0,76
19, 20, 21	2	0,36	0,11
29, 30	3	1,50	0,88
26, 27	4	0,33	0,15
23, 24	5	0,83	0,34

Таким образом, можно обозначить, что вклад подвижной формы свинца намного ярче обозначает стадию накопления элемента в лесной подстилке, а также его способность к миграции в травянисто-кустарничковом ярусе.

В донных отложениях подвижная форма свинца составляет 40-80%, что напрямую зависит от специфики этого объекта. Подвижные формы приоритетны для дальнейшей оценки опасности загрязнения тяжелыми металлами почв и донных отложений.

#### **Выводы.**

1. Впервые были получены данные о фоновом содержании свинца в почвах, объектах растительного мира и донных отложениях в зоне наблюдения БелАЭС.

2. Показано, что в зоне наблюдения БелАЭС содержание подвижной формы свинца составляет для лесных почв порядка 8 % (от 0 до 26 %), для донных отложений – около 50 % (от 31 до 78 %).

3. Рассчитан коэффициент биологического поглощения. Установлено, что свинец накапливается в лесной подстилке (максимальное значение – 22,09) и мигрирует в растения травянисто-кустарничкового комплекса (значения не превышают 1, следовательно, происходит процесс захвата). Для водных растений значения  $A_x$  составили менее единицы, значит, идет процесс захвата свинца из донных отложений.

4. Среднее содержание свинца в лесных почвах составило  $4,76 \pm 1,44$  мг/кг; для донных отложений –  $1,37 \pm 0,41$  мг/кг.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Scokart, P.* Mobility of heavy metals in polluted soils near Zn smelters / P. Scokart, K. Meeus-Verdinne, R. De Borger // *Water Air and Soil Pollution.* – 1983. – Vol. 20. – P. 451–463.

2. *Петухова, Н. Н.* Кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // *Докл. АН Беларуси.* – 1992. – Т 36, № 5. – С. 461–465

3. *Перельман, А. И.* Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М., 1999. – 610 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ (ТМРА 3В43) И НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ СЕЗОННЫХ СУММ ОСАДКОВ НАД ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИЕЙ КЫРГЫЗСТАНА**

## **VALIDATION OF SATELLITE (TMPA 3B43) AND RAIN GAUGE DATA FOR SEASONAL SUMM OF PRECIPITATION OVER MOUNTAIN TERRITORY OF KYRGYZSTAN**

***М. О. Рыскаль***

***M. Ryskal***

*Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика*

*marina\_karaseva87@mail.ru*

*Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyz Republic*

Анализируются корреляционные связи и регрессионные зависимости сезонных сумм осадков, получаемых по данным мульти спутниковой модели ТМРА-3В43 и данным наземных метеостанций для сложной горной территории Кыргызстана. В качестве метода сравнительного анализа рассматривались параметры уравнения регрессии и корреляция сумм осадков. По абсолютному большинству наблюдений, прослеживаются значимые статистические связи и зависимости между сезонными суммами осадков, полученными по спутниковым и наземным данным. Таким образом результаты приводимого ниже анализа дают положительный ответ о возможностях прикладного использования расчетных данных сезонных сумм осадков, получаемых с помощью этой модели, для территории Кыргызстана.

For the complex mountainous territory of Kyrgyzstan correlations and the regression dependencies of the seasonal precipitation amounts obtained using the TMPA-3B43 multi-satellite model and ground-based weather stations data are analyzed. As a method of comparative analysis, the parameters of the regression equation and the correlation of precipitation amounts were considered. For the absolute majority of observations, significant statistical relationships and dependencies between the seasonal amounts of precipitation obtained from satellite and ground data were received. Thus, the results of the analysis below give a positive answer about the possibilities of the applied using of the estimated data of seasonal precipitation amounts obtained by this model for the territory of Kyrgyzstan.

*Ключевые слова:* Кыргызстан, горная территория, осадки, спутниковые и наземные данные, сезонные суммы, высотные зоны, корреляция.

*Keywords:* Kyrgyzstan, mountain territory, precipitation, satellite and ground data, seasonal amounts, altitude zones, correlation.