

Графики измеренных концентраций

Графики измеренных концентраций загрязнений, приведенные к единому масштабу, выводятся на экран для дополнительного визуального анализа с возможностью внесения комментариев в протокол работы программы и принятия окончательного решения относительно возможности включения рассматриваемых месячных наблюдений в базу данных.

Формирование исправленного месячного файла. Комментарии

После исключения «подозрительных» наблюдений (имеется в виду исключение всей совокупности измеренных концентраций загрязнителей атмосферы, учитываемых в заданном режиме работы программы) на заданные дату и время формируется и записывается добавка к файлу соответствующей базы данных. Дополнительные комментарии вносятся в протокол работы.

Пересчет многолетних месячных средних значений контролируемых параметров

В случае, когда рассчитаны среднемесячные значения и дисперсии всех анализируемых величин, осуществляется пополнение многолетних рядов среднемесячных значений и коррекция их многолетних средних значений и дисперсии.

Исходные данные для программы

1. Начало и конец анализируемого периода

2. Список анализируемых данных, их наименования в исходных файлах с результатами измерений (колонок «Название») и наименования в формируемой «исправленной» базе данных (колонок «Переменная»), допустимые границы их изменений (колонок «Максимум» и «Минимум»), значения допустимых среднеквадратичных отклонений при усреднении около метеорологических сроков (колонок « σ »), а также максимально возможные среднеквадратичные отклонения месячных значений каждой из анализируемых концентраций загрязнений (колонок « $\sigma_{\text{мес}}$ »). Пример приведен в таблице 1.

3. Пути к каталогам с данными отдельных пунктов наблюдений.

Таблица 1 – Пример входной информации об анализируемых загрязнениях

Переменная	Название	Минимум	Максимум	σ	$\sigma_{\text{мес}}$
SO2	Диоксид серы (мкг/м3)	0	100.	10.	200.
CO	Оксид углерода (мкг/м3)	50.	2000.	30.	200.
NO2	Диоксид азота (мкг/м3)	0.	100.	20.	200.
NO	Оксид азота (мкг/м3)	0.	100.	20.	200.
O3	Приземный озон (мкг/м3)	0.	200.	40.	100.
Бензол	Бензол (мкг/м3)	0.	2.	0.1	1.
Толуол	Толуол (мкг/м3)	0.	2.	0.1	1.
Ксилол	Ксилол (мкг/м3)	0.	2.	0.1	1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

RESULTS OF THE RESEARCH ON HEAVY METAL CONTENT IN BOTTOM SEDIMENT IN THE SUPERVISED AREA OF THE BELARUSIAN NUCLEAR POWER PLANT

А. И. Позднякова, М. Г. Герменчук
A. I. Pozdnyakova, M. G. 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*

В статье представлены результаты исследования донных отложений в зоне наблюдения Белорусской АЭС. На основе литературных данных были рассчитаны приблизительные коэффициенты содержания тяжелых металлов в донных отложениях и в водоеме в целом. На основании экспериментальных данных были оценены фоновый и критический уровни загрязнения рек в зоне наблюдения Белорусской АЭС.

The article presents the results of bottom sediment study in the supervised area of the Belarusian NPP. The approximate coefficients of heavy metal content in bottom sediment and in a water body as a whole are calculated on the basis of a literature review. According to the experimental data, both background and critical river pollution levels are estimated in the supervised area of the Belarusian NPP.

Ключевые слова: фоновый мониторинг, тяжелые металлы, загрязнение водоемов, донные отложения, АЭС.

Keywords: background monitoring, heavy metals, bottom sediment, NPP, water pollution.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-195-201>

Донные отложения являются сложным для оценивания объектом окружающей среды. В результате внутри-водоемных физико-химических и биохимических процессов, происходящих с веществами как естественного, так и технического происхождения, донные отложения аккумулируют загрязнение и могут быть вторичным источником загрязнения для воды и гидробионтов [1].

Металлы в водоеме могут находиться в различных формах: растворенные, сорбированные и аккумулярованные фитопланктоном, удерживаемые донными отложениями в результате седиментации, адсорбированные на поверхности донных отложений, находящиеся в адсорбированной форме на частицах взвеси [2]. Исследования показывают, что содержание металлов в поверхностных водах не дает полной характеристики загрязнения водоема, так как основная часть загрязнителей скапливается в речных наносах. Таким образом, донные отложения являются важным объектом фонового мониторинга.

Как правило, при оценке экологической обстановки на окружающую среду вокруг атомной электростанции основное внимание уделяется воздействию радиоактивных выбросов и сбросов радиационно-опасного объекта. Однако, Белорусская атомная электростанция (далее – Белорусская АЭС), как любой промышленный объект, и во время строительства, и во время эксплуатации оказывает воздействие нерадиационного характера. В рамках системы комплексного мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС предусмотрен мониторинг загрязнения донных отложений в зоне рек Лоша, Полпе, Вилия и Гозовка. Донные отложения являются индикатором загрязнения водоемов, поэтому чрезвычайно важно получить фоновые концентрации тяжелых металлов в период строительства Белорусской АЭС, чтобы в дальнейшем оценивать величину антропогенной нагрузки на экосистемы данного объекта.

Фоновый мониторинг тяжелых металлов в донных отложениях в зоне наблюдения Белорусской АЭС является важнейшей частью экологического мониторинга и тесно связан с гидрологическим мониторингом.

Исследования проводились в 12,9 км зоне наблюдения Белорусской АЭС, которая утверждена постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям от 30 июня 2016 года № 29. Пробы донных отложений были отобраны согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. Точки отбора проб на реках Гозовка, Вилия, Полпе, Лоша показаны на Рисунке 1. Всего было отобрано 6 проб донных отложений.

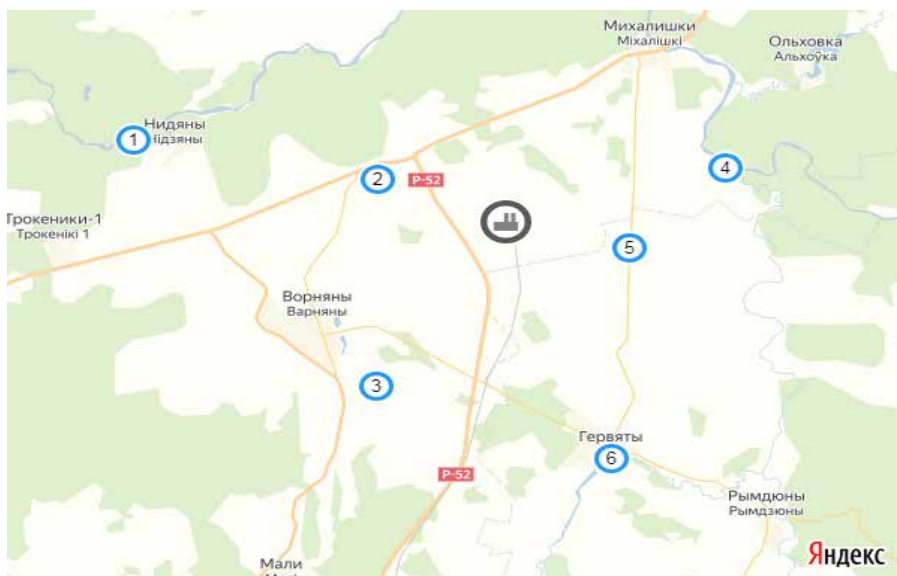


Рис. 1 – Карта отбора проб донных отложений в зоне наблюдения Белорусской АЭС

Исследования выполнялись на базе РУП «Научно-практический центр гигиены» в лаборатории аналитического и спектрального анализа. Пробы донных отложений 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 ContrAA 700 с пламенной

и электротермической атомизацией (производство Analytik Jena, Германия). Усредненные результаты анализа донных отложений представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Статистический анализ удельной концентрации тяжелых металлов в донных отложениях рек Вилия, Полле, Лоша, Гозовка в зоне наблюдения Белорусской АЭС

Химический элемент	Min	Max	X	σ	m	Кларк	ПДК	Неопределенность измерения, мг/кг
Pb	1,07	8,39	4,0	2,73	1,12	12	32	0,41
Cd	0,33	2,50	1,60	0,68	0,28	0,05	0,5	1,16
Cr	1,25	6,96	3,16	2,13	0,87	36	100	0,73
Zn	6,63	27,92	17,50	7,59	3,10	35	55	3,98
Cu	0,92	4,19	2,69	1,27	0,52	13	33	0,18

Примечание: Min – минимальное значение элемента, мг/кг; Max – максимальное значение элемента, мг/кг; X – среднее значение, мг/кг; σ – стандартное отклонение; m – ошибка среднего; Кларк – данные по региональным кларкам [3], расширенная неопределенность измерений рассчитана при $k=2$, $P=95\%$.

По представленным данным видно, что содержание тяжелых металлов сильно колеблется (минимальное и максимальное отличаются в 4-8 раз), средние значения металлов в целом ниже кларка, за исключением кадмия. И минимальное, и максимальное содержание кадмия значительно превышает кларк. Максимальное содержание кадмия (зафиксировано в реке Лоша) превышает ПДК в 5 раз.

Согласно исследованиям [2] кадмий почти полностью сорбируется донными отложениями. Он сопоставим по токсичности со свинцом, которая снижается в присутствии цинка. Содержание цинка в р. Лоша составляет 14,5 мг/кг – 42% от кларка.

Проблема оценки загрязнения донных отложений обусловлена тем, что в настоящее время не существует разработанных ПДК, регламентирующих опасный уровень загрязнения. Поэтому обычно показатели оцениваются либо относительно фоновых содержаний тяжелых металлов, либо относительно кларка в почве. Однако согласно сравнительной характеристике, приведенной авторами [4], эти нормативы близки к предельным содержаниям, принятым ВОЗ и Европейской комиссией.

Для оценки потенциального воздействия тяжелых металлов на бентос в Канаде были разработаны уровни начала воздействия (НВ) и уровни наиболее вероятного воздействия (НВВ), которые рассчитаны на основе токсикологических исследований по изучению воздействия тяжелых металлов на гидробионты. Сравнивая эти показатели (Таблица 2) с белорусскими нормативами, можно отметить, что отечественные ПДК являются более строгими, чем уровни начала воздействия (НВ).

Таблица 2 – Сравнение полученных данных для тяжелых металлов в донных отложениях с белорусскими и канадскими нормативами

Химический элемент	Канада		ПДК/ОДК для почв Беларуси, мг/кг	Полученные значения для донных отложений в зоне наблюдения БелАЭС, мг/кг
	Уровень начала воздействия (НВ), мг/кг	Уровень наиболее вероятного воздействия (НВВ), мг/кг		
Pb	35,0	91,3	32	4,0
Cd	0,6	3,5	0,5	1,6
Zn	123,0	315,0	55	17,5
Cu	35,7	197,0	33	2,7
Cr	37,3	90,0	100	3,2

Сравнивая полученные значения концентраций тяжелых металлов в донных отложениях с канадскими нормативами, можно заметить, что кадмий значительно превышает уровень начала воздействия, однако еще не достиг уровня наиболее вероятного воздействия. Это означает, что вероятность неблагоприятного воздействия на биоту составляет 12% [4]. Остальные металлы находятся в значительно меньших количествах по сравнению с нормативами. Следовательно, в данном случае вероятность неблагоприятного воздействия будет около 2-5%.

В литературе [5] представлены данные по максимальным и минимальным содержаниям тяжелых металлов в водах, донных отложениях и гидробионтах. Анализ этих данных можно использовать для расчета коэффициентов накопления тяжелых металлов в донных отложениях и гидробионтах. Полученные результаты приведены в таблице 3. Взаимодействие донных отложений с водой и миграция тяжелых металлов зависит от многих факторов (рН, гранулометрический состав, природа элемента (металла), минерализация воды и др.). Поэтому приведенные результаты являются лишь приближенными значениями, которые характеризуют поведение металлов в водоеме.

Из таблицы видно, что кадмий, как было указано выше, практически полностью сорбируется донными отложениями, в то время как половина свинца находится в растворенном состоянии. Хром, медь и цинк лишь частично находятся в растворенной форме, основная часть их соединений аккумулируется в донных отложениях.

Используя приведенные соотношения и результаты, полученные для донных отложений, отобранных в зоне наблюдения Белорусской АЭС, можно приблизительно вычислить фоновый уровень общего содержания металлов

в водоемах. Подставляя нормативы или уровни начала воздействия, можно получить критические уровни загрязнения водоемов. Результаты расчетов представлены в Таблице 4.

Таблица 3 – одержание в воде и донных отложениях относительно общего уровня загрязнения некоторыми тяжелыми металлами

Химический элемент	Максимальный уровень загрязнения гидробионтов, мг/кг	Максимальный уровень загрязнения водоема, мг/кг	Вклад воды в общий максимальный уровень загрязнения	Вклад донных отложений в общий максимальный уровень загрязнения
Cr	2100	500	22%	78%
Pb	5032	10500	48%	52%
Cd	433	18043	0,3%	99,7%
Cu	1000	400	28%	72%
Zn	6705	33240	15%	85%

Таблица 4 – Фоновый и критический уровни общего содержания тяжелых металлов в реках в зоне наблюдения Белорусской АЭС

Химический элемент	Фоновый уровень общего содержания тяжелого металла в водоеме				Критический уровень общего загрязнения водоема (рассчитан из ПДК)
	Р. Виляя	Р. Гозовка	Р. Полпе	Р. Лоша	
Cr	3,04	5,25	5,51	2,19	128,09
Pb	9,38	4,74	6,82	10,75	61,09
Cd	1,65	0,97	1,94	2,51	0,50
Cu	2,71	3,56	5,14	4,80	45,94
Zn	20,77	20,22	23,70	17,26	64,37

Из таблицы видно, что во всех реках проявляется проблема повышенного содержания кадмия – критический уровень превышен в 2-5 раз. Содержание остальных металлов значительно ниже критического уровня, рассчитанного на основе ПДК.

Таким образом, используя полученные коэффициенты, данные фонового содержания тяжелых металлов в донных отложениях, есть возможность рассчитать критические уровни загрязнения водоема тяжелыми металлами. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования загрязнения и оптимизации системы мониторинга водоемов.

Выводы.

1. В результате анализа удельных концентраций тяжелых металлов в пробах донных отложений на 6 репрезентативных точках проведена оценка фонового состояния донных отложений в зоне наблюдения Белорусской АЭС. По результатам анализа установлено, что большинство металлов не превышает региональный кларк для почв, однако разница между максимальным и минимальным значениями составляет порядка 4-8 раз.

2. Содержание кадмия во всех пробах донных отложений значительно превышает региональный кларк для почв, в большинстве проб содержание кадмия превышает ПДК в 2-5 раз. Самое высокое содержания кадмия зафиксировано в р. Лоша.

3. По результатам сравнения полученных значений содержания тяжелых металлов в пробах донных отложений в зоне наблюдения Белорусской АЭС с белорусскими нормативами и канадскими уровнями воздействия отмечено, что кадмий превышает канадский уровень начала воздействия, однако уровень наиболее вероятного воздействия еще не превышен. Остальные металлы находятся в незначительных количествах по сравнению с нормативами обеих стран.

4. На основе литературных данных показана способность донных отложений аккумулировать различные тяжелые металлы. Так, кадмий практически полностью осаждается на дне водоема, так же как большая часть цинка, хрома и меди. А половина поступающего в водоем свинца остается в растворенном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – Москва : Высш. Шк., 2002. – 334 с.
2. Будников, Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г.К. Будников // Соросовский образовательный журнал, 1998. Вып. 5. – С. 23-29.
3. Петухова, Н. Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Докл. АН Беларуси. 1992. Т 36. № 5. – С.461–465
4. Овчарова, Е.П. Методические подходы к оценке загрязнения донных отложений реки тяжелыми металлами (на примере р. Свислочи) / Е.П. Овчарова [и др.] // Природопользование. 2016. Вып. 30. – С. 50-59.
5. Никаноров, А.М. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. / А.М. Никаноров, А.В. Жулидов, А.Д. Покаржевский. -Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 44 с.