

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 556.531.4

ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ФОНОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАК ОСНОВА ИХ МОНИТОРИНГА

© 2024 г. Г. Ю. Толкачев¹, Н. В. Коломийцев^{1,*}, Б. И. Корженевский¹¹Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова
(ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова),

ул. Большая Академическая 44, к. 2, Москва, 127434 Россия

*E-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

Поступила в редакцию 08.11.2023 г.

После доработки 03.04.2024 г.

Принята к публикации 03.06.2024 г.

Для водных объектов наиболее опасными загрязняющими веществами являются микроэлементы Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. Исследования донных отложений водоемов позволяют установить неблагополучные участки и определить источники загрязнения. В статье приведена оценка загрязнения донных отложений вышеперечисленными микроэлементами ряда районов Верхней Волги – от Верхневолжских озер до Ивановского водохранилища, на основе сравнения с их фоновыми значениями в отложениях Верхневолжских озер. Результаты исследований загрязненности донных отложений оценены по игео-классам – по загрязненности сорбирующей фракции (<0.020 мм). Приведен сравнительный анализ фоновых значений микроэлементов в отложениях водных объектов Верхней Волги с принятыми значениями в Европе. Дана оценка изменения этих фоновых значений за последние 20 лет. В результате установлено, что для каждой крупной водной системы и каждого географического района необходимо определять собственные региональные фоновые значения и периодически обновлять данные по единой методике. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что, несмотря на значительное количество источников загрязнения, в настоящее время говорить об опасной нагрузке на изученных объектах не приходится.

Ключевые слова: донные отложения, тяжелые металлы, загрязнение, фоновые значения, игео-класс, сорбирующая фракция

DOI: 10.31857/S0869780924040061 EDN: SFQWEY

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы (ТМ) являются частью горных пород и гидросферы. Их количество составляет для Mn, Zn и Cu от десятых до тысячных долей процента в горных породах, в гидросфере это значение обычно на 2–3 порядка ниже [1, 2]. Перераспределение ТМ в водных системах определяется активностью взаимодействия донных отложений (ДО), водной массы и биомасс. ТМ: Hg, Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Co, при определенных обстоятельствах могут представлять опасность для комфортного существования биоты. При оценке экологического состояния водных объектов из-за сильных флуктуаций расходов воды и концентраций взвешенных и растворенных веществ наиболее целесообразна оценка загрязненности их донных отложений (ДО). Среди важных факторов, определяющих распределение и содержание ТМ в верхнем слое ДО, выделяют генетический состав, размерность частиц ДО и наличие в них

органики [3, 4]. Комплексная оценка эколого-геохимического состояния территории или водотока состоит из нескольких взаимосвязанных блоков, один из которых – оценка природного геохимического фона территории. Она необходима для оценки контрастности техногенных геохимических аномалий, в особенности для сред, для которых не разработаны санитарно-гигиенические нормы (ДО поверхностных водоемов в их числе). Химический состав глобальной экосистемы в различных местах земной поверхности различен и тесно связан с геологическим строением территории, ее литологическим составом [12].

Геохимический фон – понятие региональное. По различным данным при выработке экологических нормативов микроэлементного состава почв следует опираться на природные инварианты содержания микроэлементов в почвах. В прикладной геохимии в качестве минимальных показателей содержания используются значения глобального

распространения элементов, например кларков земной коры и гидросферы [13]. Эти значения используются при подсчете коэффициентов концентрации, по которым можно судить о степени накопления элемента-загрязнителя в какой-либо геохимической системе или ее таксономической части, они называются кларками концентрации. За уровень предельно допустимой концентрации микроэлементов в горных породах следует принять превышение среднего регионального фонового содержания на три средних квадратичных отклонения, при уровне вероятности $p = 0.99$. При этом истинная количественная оценка любого природного или геохимического фона по-прежнему требует тщательного исследования и невозможна без экспертных знаний [13].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на многообразие факторов, определяющих состав речных отложений (например, литологический состав грунтов, тип почвы, сельская местность или высокоразвитая промышленность и населенность, а также лесные массивы, концентрация карбонатов и органического вещества), линейные регрессии между 9-ю металлами, определенными во фракциях <2 мкм и <20 мкм, имеют высокие коэффициенты (R^2 тер Pearson) для Cr и Cu (0.94), за которыми следуют Pb (0.90), Cd (0.82), Zn (0.81), Ni (0.76) и Mn (0.72). Низкие и очень низкие коэффициенты найдены для Hg (0.51) и Fe (0.22). Кроме того, гистограммы соотношений металлов <2 мкм и <20 мкм (т.е. наклон линейной регрессии) показывают, что за исключением Cd (1.47) все медианные соотношения других металлов находятся в узком диапазоне (1.24–1.35) [13]. Изучение “мелких” фракций (<2 мкм и <20 мкм) удовлетворяет требованиям мониторинга, инвентаризации и оценки содержания микроэлементов в донных

отложениях. Предпочтение следует отдавать быстрому, простому и экономичному отделению фракции <20 мкм путем просеивания; эта фракция довольно близко соответствует взвешенному веществу в толще водного объекта [6, 14].

В настоящей работе приведен анализ техногенного загрязнения ДО такими ТМ, как Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Co, Ni, Fe, Mn и As. Исследовался участок Верхней Волги, расположенный между озерами Пено и Волго и Ивановским водохранилищем в районе дер. Городня, а также ряд притоков. Исследования проводились авторами в рамках совместных работ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова и сотрудниками Хайдельбергского ун-та. Участки, выбранные в качестве эталонных, находились вблизи озер Волго и Пено. На водосборной территории произрастают смешанные леса, площадь сельхозугодий не превышает 8–9% [8]. При отборе проб песчаные ДО отбраковывались, преимущество было отдано пробам с повышенным содержанием глинистой фракции. Выделение фракции <0.020 мм проводилось посредством мокрого просеивания. Полученный материал высушивался до воздушно-сухого состояния при температуре не выше 60°C во избежание испарения Hg.

Определение концентраций ТМ в полученном материале проводилось методом атомно-адсорбционной спектроскопии. Использовался пламенный атомно-адсорбционный спектрометр PERKIN ELMER4100. Содержание Hg в пробах определялось на специальных приборах MERCURY ANALYZER с приготовлением отдельного стандарта и реагента. Количество ТМ в образцах ДО эталонных участков – озер Волго и Пено – приведено в табл. 1, в которой также указаны фоновые содержания ТМ, принятые по материалам работ в 1983 г. институтами ИМГРЭ и ИВП РАН [8], и приведены фоновые значения для фракции <0.020 мм, используемые в ФРГ для р. Эльба [15].

Таблица 1. Фоновые значения ТМ в ДО Верхневолжских озер – средние значения из озер Пено и Волго (мг/кг)

ТМ	Для фракции <0.020 мм по [8]	По материалам ИМГРЭ, 1983 г. [8]	Для фракции <0.020 мм по [15]
Cd	0.37	0.3	0.3
Zn	125.6	37.0	95.0
Pb	14.47	19.0	20.0
Cu	18.15	35.0	45.0
Ni	20.57	11.0	68.0
Co	10.67	6.3	19.0
Cr	32.17	29.0	90.0
Hg	0.12	–	0.4
As	3.83	–	13.0
Mn	1162.5	680.0	850.0

Значения, приведенные в качестве фоновых в ФРГ, по умолчанию используются как универсальные практически для всех пресных водоемов, в особенности на которых затруднительно или невозможно определение локальных либо региональных фоновых значений.

В качестве базовой методики оценки степени загрязнения ДО ТМ использовалась система классификации ДО по “индексу геоаккумуляции” [14]. Индекс геоаккумуляции (*I-geo*) характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях грунта <0.020 мм:

$$I\text{-geo}, n = \log_2 (Cn/1.5Bn), \quad (1)$$

где Cn – измеренная концентрация элемента n в донных отложениях (фракция <0.020 мм); Bn – геохимическая фоновая концентрация элемента n по [16] или [1].

Представленная система оценки сходна с оценочной шкалой, приведенной в [9]. Выражение $Cn/1.5Bn$, по сути, представляет собой коэффициент накопления, где фоновое значение дается с определенным запасом [7]. На основании уравнения (1) ДО подразделяются на классы качества по каждому ТМ и мышьяку. Индекс геоаккумуляции также успешно используется для оценки степени загрязненности почв ТМ.

Кроме того, была разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [5, 11], что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов (табл. 2). По мнению авторов [12], оптимальной на современном этапе является 4-ранговая оценочная структура, разработанная для экосистем. Многолетние исследования экологического состояния водных объектов в бассейнах рек Европы и России показывают хорошую корреляцию техногенной нагрузки, оцененной

по составу ДО, с биологическим состоянием водных экосистем [6].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам исследований были определены фоновые значения микроэлементов для отложений Верхней Волги (см. табл. 1). При сравнении полученных фоновых значений Верхней Волги с фоновыми значениями [15] установлено следующее: значения Mn и Zn превышают глобальные значения по [15] почти в 1.5 раза; значения Cd и Pb достаточно близки; значения остальных элементов значительно ниже, чем у Г. Мюллера (в 2–3 раза) в [15]. Фоновый уровень большинства микроэлементов донных отложений Верхней Волги значительно выше такового в европейских реках, что связано с географическими особенностями, составом почв и характером водосбора. Повышенное относительно европейского фоновое значение Mn в донных отложениях озер Волго и Пено может объясняться болотистыми почвами водосбора с высоким содержанием Fe и Mn в самих почвах, в воде, и, как следствие, в поверхностном стоке в озера с дальнейшей их аккумуляцией.

Понятие “глобальный литературный” геохимический фон по К.К. Turekian К.Н. Wedepohl [16] определяется как среднее для всех типов горных пород: магматических, метаморфических и осадочных. Если один или два типа пород (магматические или метаморфические) отсутствуют на изучаемой территории, что имеет место в бассейнах рек Верхней Волги, а также Оки [7], то региональные фоновые концентрации могут быть существенно ниже, чем их геохимический фон. Для точной оценки техногенного привноса вещества в речные экосистемы необходима постановка специальных исследований, что, в частности,

Таблица 2. Оценка уровня загрязнения донных отложений по игео-классам и техногенной нагрузки на водные экосистемы

Игео-класс	Уровень загрязнения тяжелыми металлами по [14]	Техногенная нагрузка на водные экосистемы по [11]	
0	Незагрязненный	I	Слабая (малоопасная)
1	Незагрязненный до умеренно загрязненного		
2	Умеренно загрязненный	II	Умеренная (умеренно опасная)
3	Средне загрязненный		
4	Сильно загрязненный	III	Сильная (опасная)
5	Сильно загрязненный до чрезмерно загрязненного		
6	Чрезмерно загрязненный	IV	Чрезмерная (чрезвычайно опасная)

Таблица 3. Значения предельных концентраций основных ТМ в ДО по игео-классам, рассчитанные по отношению к их фоновым содержаниям в озерах Пено и Волго по материалам 2000 г.

Элементы	Фон (мг/кг)	Классы геоаккумуляции (игео-классы)						
		0	1	2	3	4	5	6
Hg	0.12	0.18	0.36	0.72	1.44	2.88	5.76	>5.76
Cu	18.15	27.75	55.5	111.0	222.0	444.0	888.0	>888.0
Zn	125.6	188.4	376.8	753.6	1507.2	3014.4	6028.8	>6028.8
Ni	20.57	30.85	61.7	123.4	246.8	493.6	987.2	>987.2
Co	10.67	16	32.0	64.0	128.0	256.0	512.0	>512.0
Pb	14.47	21.7	43.4	86.8	173.6	347.2	694.4	>694.4
Cr	32.17	48.25	96.5	193.0	386	772.0	1544.0	>1544.0
Mn	1162.5	174.37	3487.4	6974.8	13949.6	27899	55798	>55798.4
As	3.83	5.74	11.48	22.96	45.92	91.84	183.68	>183.68
Cd	0.37	0.55	1.1	2.2	4.4	8.8	17.6	>17.6

доказали исследования загрязнения ТМ в бассейне р. Ока, где концентрации ряда элементов (Cr, Ni, Co и Hg) в ДО меньше, чем их глобальный геохимический фон.

Применение формулы расчета игео-классов на основании имеющихся региональных фоновых значений позволяет рассчитать загрязнения элементами отложений по игео-классам, как для изучаемого региона Верхней Волги с ее притоками, так и в целом для р. Волга от оз. Волго до ее устья (табл. 3). Приведенные значения можно использовать также при оценке загрязнения водоемов и водотоков, расположенных в пределах водосборной территории Верхней Волги.

В табл. 4 представлены уровни загрязнения ДО в водоемах Верхней Волги в игео-классов как на основе данных в табл. 3, так и на основе игео-классов по данным G. Mueller [13]. Для обоснования необходимости определения фоновых значений для каждой водной системы проведен сравнительный анализ уровней загрязнения ДО с различными исходными фоновыми значениями.

На основании данных, приведенных в табл. 4, можно отметить, что максимальные уровни загрязнения ДО приурочены преимущественно к устьям рек Вазуза и Тверца. Ниже Твери загрязнение ДО в р. Волга определяется не выше первого игео-класса. Содержания Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Cr, As, Cd, Hg в ДО превышают фоновые значения, хотя коэффициенты их концентраций незначительные. Наиболее значительными загрязняющими элементами являются: Pb в устье р. Вазуза и в г. Ржев; Cd и Mn в устье р. Тверца; Zn ниже г. Тверь. При этом их максимальные значения не превышают 2–3 игео-классов по обеим системам и находятся в пределах

умеренно и средне загрязненных уровней, а также умеренной техногенной нагрузки. Сравнение двух расчетных систем загрязнения на основе фоновых значений ТМ в ДО не выявило существенных различий в оценке уровня загрязнения, что объясняется в основном их низким содержанием. Однако при высоких уровнях загрязнения, начиная со средне загрязненного, различия в оценках данных систем будут нарастать и становиться значительными.

Целесообразно оценивать фоновые значения микроэлементов в ДО водных объектов периодически, через определенные промежутки времени. Сравнение фоновых значений двух периодов выявило различие по ряду элементов (см. табл. 1). В 2000 г. существенно выше значения Mn, Zn, Co, Ni, Ag; в то же время значения Pb и Cu существенно ниже; значения Cd и Cr практически одинаковы. При этом техногенная нагрузка на изучаемый участок за этот период осталась практически неизменной либо незначительно снизилась. Данные расхождения могут быть объяснены разницей в методическом подходе к отбору проб ДО. Оба подхода предусматривают получение интегральных значений из значительного количества проб ДО. Вместе с тем методика ИМГРЭ [2] подразумевает отбор проб по площади дна независимо от фракционного и гранулометрического состава ДО, в то время как методики G. Mueller [13] и ВНИИГиМ [11] оперируют исключительно с фракцией <20 мкм, что в свою очередь может приводить к разнице в интегральных оценках загрязнения.

Анализ данных по работам 1983 г. показал слабое загрязнение ДО р. Волга выше г. Тверь. В черте города и ниже по течению реки загрязнение ДО выше. Тот же характер носит загрязнение ДО р. Тверца. Преобладающими загрязняющими

ТМ были Zn и Pb. Отмечено загрязнение устьевых участков рек Тверца и Тьмака. Несмотря на расхождение в фоновых значениях, общий уровень загрязнения ДО Верхней Волги в 2000 г. значительно снизился, что свидетельствует о снижении за прошедший с 1983 г. период техногенной нагрузки на данный участок [8].

В процессе исследования любой крупной водной системы следует измерять фоновые значения ТМ в ДО периодически. Для более корректного сравнения и оценки изменений необходимо использовать единую методику отбора, обработки и анализа проб. В процессе периодических измерений повышение концентраций микроэлементов на фоновых участках свидетельствует об увеличении техногенной нагрузки, что в свою очередь дает основание для выведения этих участков из разряда фоновых и определения более подходящих.

По данным о загрязнении тяжелыми металлами ДО Иваньковского водохранилища также проведен сравнительный анализ расчета и гео-классов по европейскому и региональному фоновым значениям. В отложениях водоемов в черте г. Конаково, в частности в ДО рек Сучок и Донховка, для всех элементов кроме Cr европейские и региональные игео-классы практически повсеместно совпадают, ввиду относительно малых концентраций ТМ. Значения региональных игео-классов Cr на 1–2 пункта выше европейских из-за более низких фоновых значений, и как следствие – более значительного превышения над ним. Максимальный уровень загрязнения

ДО р. Сучок соответствует третьему уровню (т.е. среднему уровню загрязнения), что свидетельствует об умеренной техногенной нагрузке, потенциальной опасности дальнейшего возрастания уровня загрязнения и необходимости в разработке рекомендаций по снижению нагрузки. По европейской системе уровни загрязнения ДО по Cr не превышают 1-й – незагрязненный до умеренно загрязненного, что не совсем соответствует действительному положению и может давать иллюзию отсутствия опасности вторичного загрязнения.

ДО Мошковского залива испытывают серьезную антропогенную нагрузку в результате застройки берегов дачными поселками, активного использования малого водного транспорта, а также сброса сточных вод с Конаковской ГРЭС. Сравнение игео-классов показало их совпадение практически для всех изученных элементов, кроме Cr и Zn. В ряде точек отбора игео-класс Zn соответствует первому региональному и второму европейскому уровню, т.е. меньшей техногенной нагрузке. Игео-классы Cr наоборот, увеличиваются на 1–2 уровня относительно европейских, что составляет довольно существенную разницу.

По региональной шкале загрязнений основной загрязняющий металл в ДО представленных районов Иваньковского водохранилища – хром. Максимальный уровень игео-класса по Cr равен третьему – средне загрязненному, и соответствует умеренно опасной техногенной нагрузке, что свидетельствует о потенциальной опасности вторичного загрязнения и, как

Таблица 4. Уровни загрязнения ДО в водоемах Верхней Волги в игео-классах. Числитель – значения по материалам 2000 г., знаменатель – значения по [8]; Ф – фоновое значение

Пункт отбора проб	Hg	Cu	Zn	Ni	Co	Pb	Cr	Mn	As	Cd	Ag
р. Малая Коша	Ф/Ф	1/Ф	0/1	1/Ф	1/1	1/1	0/Ф	1/2	1/Ф	Ф/Ф	Ф/–
4 км выше г. Ржев	Ф/Ф	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	0/0	0/Ф	2/3	1/Ф	0/0	0/–
г. Ржев, мост	1/0	1/0	0/1	0/Ф	0/0	2/2	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	0/–
5 км ниже г. Зубцов	0/Ф	0/Ф	Ф/0	0/Ф	0/Ф	0/0	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	0/–
Устье р. Вазуза	0/Ф	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	3/2	0/Ф	1/2	1/Ф	0/0	Ф/–
г. Старица, мост	0/Ф	0/Ф	1/2	0/Ф	0/0	1/1	0/Ф	1/2	0/Ф	0/0	Ф/–
6 км ниже г. Старица	Ф/Ф	0/Ф	0/1	0/Ф	0/Ф	0/0	0/Ф	1/2	0/Ф	0/0	Ф/–
пос. Мигалово, выше г. Тверь	Ф/Ф	0/Ф	Ф/0	0/Ф	0/0	Ф/Ф	0/Ф	Ф/0	0/Ф	0/0	Ф/–
Ниже г. Тверь	1/0	2/0	2/3	1/Ф	0/0	1/1	1/Ф	Ф/0	1/Ф	Ф/Ф	2/–
Устье р. Тверца	Ф/Ф	1/0	1/2	0/Ф	0/0	1/1	1/Ф	2/3	1/Ф	2/2	Ф/–
д. Городня	1/0	1/0	1/2	0/Ф	0/0	0/0	0/Ф	Ф/0	0/Ф	Ф/Ф	Ф/–

следствие, о необходимости наблюдения и недопущении возрастания техногенной нагрузки. В то же время по европейской шкале содержание Сг в ДО не вызывает опасений. Таким образом, региональные либо локальные фоновые значения и основанная на них шкала загрязнений ТМ являются приоритетными для каждой крупной водной системы.

ВЫВОДЫ

1. Полученные региональные фоновые значения Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As позволяют рассчитать загрязнение ими ДО по игео-классам, как для изучаемого региона Верхней Волги с ее притоками, так и для всей р. Волга. Приведенные значения можно использовать также при оценке загрязнения водоемов и водотоков, расположенных в пределах водосборной территории Верхней Волги. Таким образом, региональные либо локальные фоновые значения и основанная на них шкала загрязнений ТМ являются приоритетными для каждой крупной водной системы.

2. Сравнение региональной и глобальной (или европейской) систем на данном этапе не выявило существенных различий по оценке уровня загрязнения. Это объясняется низким уровнем содержания ТМ. По региональной шкале загрязнений основным загрязняющим ТМ в ДО приведенных районов Ивановского водохранилища является Сг – средне загрязненный уровень, что соответствует умеренно опасной техногенной нагрузке, в то время как, согласно европейской шкале, загрязнение незначительно. Однако при высоких уровнях загрязнения, начиная со средне загрязненного, различия в их оценках будут возрастать.

3. Целесообразно оценивать фоновые содержания ТМ в ДО водных систем периодически, через определенные промежутки времени. Для более корректного сравнения и оценки изменений концентрации ТМ в ДО любых водных систем следует использовать единую методику отбора, обработки и анализа проб.

4. При исследовании крупных водных систем значительное повышение концентраций микроэлементов на фоновых участках изучаемых систем свидетельствует о возрастании техногенной нагрузки. Такое повышение концентраций является

основанием для выведения данных участков из разряда фоновых и поиска более подходящих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 235 с.
2. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
3. *Денисова А.И.* Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. Киев: Наукова думка, 1979. 292 с.
4. *Добровольский В.В.* География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
5. *Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н.* Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 6. С. 15–19.
6. *Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю.* Проблемы оценки загрязнения тяжелыми металлами донных отложений речных бассейнов // Экологические системы и приборы. 2018. № 4. С. 9–18.
7. *Коломийцев Н.В., Райнин В.Е., Ильина Т.А. и др.* Исследования загрязнения донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков // Мелиорация и водное хозяйство. 2001. № 3. С. 11–15.
8. *Кочарян А.Г., Толкачев Г.Ю., Коломийцев Н.В.* Содержание микроэлементов в донных отложениях Верхней Волги (от Верхневолжских озер до Ивановского водохранилища) // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 5. С. 25–27.
9. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами / Сост.: Ю.Е. Саэт, Л.Н. Алексинская, Е. П. Янин. М.: ИМГРЭ, 1982. 73 с.
10. *Савич В.И., Парахин Н.В., Сычев В.Г. и др.* Экология почв. Орел: Изд-во Орловского государственного аграрного университета, 2002. 546 с.
11. Техногенное загрязнение речных экосистем / Под ред. В. Е. Райнина и Г. Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с.
12. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000. 432 с.
13. *Mueller G.* Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. P. 778–783.
14. *Mueller G., Furrer R.* Pollution of the River Elbe – Past, Present and Future // Water Quality International. 1998. V. 1. P. 15–18.
15. *Mueller G., Ottenstein R., Yahya A.* Standardized particle size for monitoring, inventory, and assessment of metals and other trace elements in sediments: <20 µM or <2 µM? // Fresenius' Journal of Analytical Chemistry. 2001. V. 371. N5. P. 637–642.
16. *Turekian K.K., Wedepohl K.H.* Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, Bulletin. 1961. V. 72. P. 175–192.

ASSESSMENT OF REGIONAL BACKGROUND VALUES OF BOTTOM DEPOSITS AT WATER BODIES AS THEIR MONITORING BASIS

G. Yu. Tolkachev^a, N. V. Kolomiitsev^{a, #}, B. I. Korzhenevskiy^a

^a*Kostyakov Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Amelioration,
ul. B. Akademicheskaya 44, bld.2, Moscow, 127434 Russia*

[#]*E-mail: kolomiitsev@vniigim.ru*

Microelements Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As are the most hazardous contaminants for water bodies. The study of bottom deposits in water reservoirs permits the authors us to reveal the endangered sites and determine the contamination sources. The estimation of the bottom sediment contamination by the above-listed microelements is given for a number of the Upper Volga regions, from the Upper Volga lakes to the Ivan'kovskoe water reservoir on the basis of comparing them with the background values for the deposits in the Upper Volga lakes. The results of bottom deposit contamination study have been assessed according to igeo-classes, i.e., the sorbing fraction (<0.020 mm) contamination. The comparative analysis of the background microelement values is performed for the Upper Volga water bodies and the values adopted in Europe. The changes of these background values for the latest 20 years are assessed. As a result, it has been found out that for each major water system and for each geographical region, it is necessary to determine the regional background values of their own and to update data recurrently according to a common procedure. The results obtained permit the authors to conclude that despite numerous contamination sources, the technogenic load at the studied objects cannot be considered hazardous.

Keywords: *bottom deposits, heavy metals, contamination, background values, igeo-class, sorbing fraction*

REFERENCES

1. Vinogradov, A.P. [Geochemistry of rare and scattered elements in soils]. Moscow, AN SSSR Publ., 1957, 235 p. (in Russian)
2. [Geochemistry of the environment]. Yu. E. Saet, B. A. Revich, E. P. Yanin, et al. Moscow, Nedra Publ., 1990, 335 p. (in Russian)
3. Denisova, A.I. [Formation of the hydrochemical regime of the Dnieper reservoirs and methods of its forecasting]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1979, 292 p. (in Russian)
4. Dobrovolskii, V.V. [Geography of trace elements. Global scattering]. Moscow, Mysl' Publ., 1983, 272 p. (in Russian)
5. Kolomiitsev, N.V., Korzhenevskiy, B.I., Il'ina, T.A., Get'man, E.N. [Assessment of technogenic pressure on water bodies by pollution of sediments]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, 2015, no. 6, pp. 15–19. (in Russian)
6. Kolomiitsev, N.V., Korzhenevskiy, B.I., Tolkachev, G. Yu. [Problems in assessing contamination with heavy metals of bottom deposits of river basins]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2018, no 4, pp. 9–18. (in Russian)
7. Kolomiitsev, N.V., Raynin, V.E., Il'ina, T.A., et al. [Studies of sediment contamination as a basis for monitoring the condition of watercourses]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, 2001, no. 3, pp. 11–15. (in Russian)
8. Kocharyan, A.G., Tolkachev, G. Yu., Kolomiitsev, N.V. [The content of trace elements in the sediments of the Upper Volga (from the Upper Volga lakes to the Ivan'kovo reservoir)]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, 2006, no. 5, pp. 25–27. (in Russian)
9. [Methodological recommendations on geochemical assessment of contamination of surface watercourses by chemical elements]. Yu.E. Saet, L.N. Aleksinskaya, E.P. Yanin. Moscow, IMGRE Publ., 1982, 73 p. (in Russian)
10. Savich, V.I., Parakhin, N.V., Sychev, V.G., et al. [Soil ecology]. Orel: Orel State Agrarian University Publ., 2002, 546 p. (in Russian)
11. [Technogenic pollution of river ecosystems]. V. E. Raynin and G. N. Vinogradova, Eds., Moscow, Nauchnyi Mir Publ., 2002, 140 p. (in Russian)
12. [Ecological functions of the lithosphere]. V. T. Trofimov, Ed., Moscow, MGU Publ., 2000, 432 p. (in Russian)
13. Mueller, G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veraenderungen seit 1971. *Umschau* 79, 1979, vol. 24, pp. 778–783. (in German)
14. Mueller, G., Furrer, R. Pollution of the River Elbe – Past, Present and Future. *Water Quality International*, 1998, vol. 1, pp. 15–18.
15. Mueller, G., Ottenstein, R., Yahya, A. Standardized particle size for monitoring, inventory, and assessment of metals and other trace elements in sediments: <20 μM or <2 μM? *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 2001, vol. 371, no. 5, pp. 637–642.
16. Turekian, K.K., Wedepohl, K. H. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*, 1961, vol. 72, p. 175–192.