

# ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕСТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Кирпиченкова Д.Д., бакалавр ФГБОУ ВО  
«Российский государственный социальный университет»  
г. Москва

Научный руководитель:  
Зубкова В.М., д-р. биол. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет»  
г. Москва

Современная экологическая обстановка, сложившаяся в Центральном экономическом районе России, обусловлена как естественными, природными, так и техногенными факторами. Объекты, относящиеся к водохранилищам Московской водной системы испытывают постоянный антропогенный пресс, поскольку находятся в районах плотной городской застройки и на территории промышленных узлов.

Основная часть загрязняющих веществ, поступающих в них, концентрируется в донных отложениях, приводя к накоплению их в бентосных организмах, с последующей передачей по трофическим цепям, доходя до человека, что представляет опасность для его здоровья [ 1.Макаханюк, Ж.С. Оценка пространственного загрязнения донных отложений р. Ходца в период летней межени 2019 года [Текст] / Ж.С. Макаханюк, В.М. Зубкова // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов 2020». – Издательство ООО «МАКС Пресс», МГУ имени М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2020/data/section\\_2\\_19231.htm](https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/data/section_2_19231.htm) (Дата обращения: 20.09.2021).

2.Макаханюк, Ж.С. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях реки Ходца в зависимости от их гранулометрического состава [Текст] / Ж.С. Макаханюк, В.М. Зубкова, Л.А. Розумная // Перспективные технологии аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г). – М.: Издательство «Перо», 2021. – С. 148 - 155.)]

Особое внимание привлекают экологические последствия геохимических изменений, связанных с повышением концентраций в донных отложениях тяжелых металлов, т. к., в отличие от других веществ, загрязняющих среду, металлы в естественных условиях не разрушаются, а лишь меняют форму нахождения и достаточно медленно покидают биохимический цикл [3.Макаханюк, Ж.С. Миграция тяжелых металлов в системе береговой грунт – донные отложения – растения реки Ходца в период летней межени 2019 [Текст] / Ж.С. Макаханюк, В.М. Зубкова, Л.А. Розумная // Вестник Астраханского государственного технического университета (АГТУ). Сер.: Рыбное хозяйство. – Астрахань: Изд-во Астраханского гос. тех. ун-та, 2020. – №2. – С. 67-74.]

Поэтому индексы загрязнённости тяжелыми металлами донных отложений могут рассматриваться в качестве показателей загрязнения и индикатора техногенной нагрузки на территории [4. **Н. В. Коломийцев Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязнённости донных отложений / Н. В. Коломийцев, Б. И. Корженевский, Т. А. Ильина, Е. Н. Гетьман // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 6. С. 15-19.**]

Целью исследований явилась оценка состояния донных отложений Пестовского водохранилища по содержанию тяжелых металлов.

Объект исследования – Пестовское водохранилище, предмет исследования – эколого-геохимическая оценка содержания ТМ в донных отложениях.

В основу работы положены материалы как полевых, так и лабораторных исследований, проведенных в условиях 2020 г.

Общая методика работ включала в себя отбор проб донных отложений (08.07.2020), в двух створах, со следующим местоположением и географическими координатами (деревня Долгиниха  $56^{\circ} 5' 51.03''$   $37^{\circ} 38' 58.92''$  и деревня Пестовская Гавань  $56^{\circ} 6' 1.78''$   $37^{\circ} 41' 52.11''$ ). Привязка мест отбора проб осуществлялась с помощью GPS-навигатора Garmin eTrex 20x.

Определение загрязняющих веществ в донных отложениях Пестовского водохранилища проводили в аккредитованной бассейновой **гидрохимической лаборатории ФГБВУ «Центррегионводхоз»**

Результаты исследований. **ПРО ПЕСТОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Таблица 1 – Координаты точек отбора и фоновые содержания тяжелых металлов в донных отложениях Пестовского водохранилища

| Класс опасности | Элемент | Фоновое содержание | ПДК/ОДК |
|-----------------|---------|--------------------|---------|
| 1               | Cd      | 0,09-0,11          | 0,5-1,0 |
| 1               | Pb      | 14,0-16,0          | 20-60   |
| 2               | Cu      | 27,0               | 33-36   |
| 2               | Cr      | 46,0               | 90      |
| 2               | Mo      | 1,0                | -       |
| 2               | Ni      | 20                 | 20,5-40 |
| 2               | Co      | 7,2                | -       |
| 3               | V       | 64,0               | 150     |
| 3               | Mn      | 590                | 1500    |

## 1. Материалы и методы исследования

В ходе работы нами собран и проанализирован материал собственных полевых наблюдений за состоянием водных масс, донных отложений и

затопленных почв Пестовского водохранилища. В ходе полевых экспедиционных исследований изучали донные осадки аквальных комплексов разных типов (пелагиальных: русловых и долинных; литоральных: открытых и защищенных; эрозионных и биогенно-аккумулятивных) в речных, озерно-речных и озерных условиях. Образцы отбирали грунтовой трубкой в верхнем слое отложений от 0 до 10 см. Описание образцов донных отложений различных аквальных комплексов проводилось с использованием классификации грунтов В.П. Курдина, учитывающей их гранулометрический состав и содержание органического вещества. В общей сложности сделано свыше 200 полевых описаний колонок грунта. Химические анализы включали определение методом атомной абсорбции содержания кадмия, свинца, цинка, кобальта, никеля, молибдена, меди, хрома, ванадия и марганца. Для каждой группы аквальных комплексов проанализировано 25–36 образцов донных отложений. Наименьшая изменчивость показателей содержания тяжелых металлов в почвах отмечена для Cd, Co, Mo, Cr (CV от 30 до 50%), наибольшая вариабельность данных характерна для Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, и Mn (CV от 50 до 70%). Геохимическую оценку проводили на основе сравнения полученных данных с кларками и фоновыми показателями химических элементов в природных средах. В качестве параметров естественного фона содержания химических элементов в донных отложениях использовали данные Института водных проблем РАН (ИВП РАН) (для песков открытых аквальных комплексов). Уровень загрязнения донных отложений и затопленных почв определяли по величине суммарного показателя концентрации (СПК).

## 2. Анализ результатов исследования

| Показатель               | 1 створ | 2 створ | 3 створ | 4 створ |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Железо общее             | 2,14    | 2,13    | 2,48    | 2,22    |
| Марганец, 2 <sup>+</sup> | 2,10    | 2,08    | 2,2     | 2,01    |
| Медь                     | 2,03    | 2,02    | 2,05    | 2,04    |
| Цинк                     | 2,00    | 1,89    | 2,0     | 2,66    |

| Номер створа | УКИЗВ | Класс качества | Характеристика загрязненности |
|--------------|-------|----------------|-------------------------------|
| 1            | 4,07  | IV а           | Грязная                       |
| 2            | 4,04  | IV а           | Грязная                       |
| 3            | 4,27  | IV а           | Грязная                       |
| 4            | 4,47  | IV а           | Грязная                       |

Пестовское водохранилище испытывает значительное антропогенное воздействие. За более чем 70-летний период в условиях благоприятного сезонного регулирования стока с малыми колебаниями уровня воды в течение

вегетационного периода внутриводоемные процессы в водохранилище в значительной мере стабилизировались, что обеспечило формирование хорошо выраженных аквальных комплексов. В последние десятилетия ежегодно в бассейн Пестовского водохранилища со сточными водами сбрасывалось до 1–5 т меди, 3–18 т цинка и 30–90 т железа. К концу 90-х годов двадцатого столетия наблюдалось снижение загрязняющего воздействия промышленности и сельского хозяйства на водоем. Среди литоральных аквальных комплексов наименьшей аккумулятивной способностью обладают открытые эрозионные мелководья. Материал их донных осадков обеднен микроэлементами (среднее содержание Cd в донных отложениях – 0.125 мг/кг, Pb – 14.4 мг/кг, Zn – 46.5 мг/кг, Co – 9.0 мг/кг, Ni – 7.1 мг/кг, Mo – 0.85 мг/кг, Cu – 17.0 мг/кг, Cr – 24.0 мг/кг, V – 60 мг/кг, Mn – 607 мг/кг). Это определяется влиянием высокой гидродинамической активности водной массы, вымыванием тонкодисперсных частиц, преобладанием песчаных фракций и окислительной геохимической обстановкой в грунтовом комплексе. Среднее положение по содержанию тяжелых металлов занимают донные отложения биогенно-аккумулятивных аквальных комплексов литоральной зоны по заливам и за островами. Концентрация металлов в большинстве случаев в них выше, чем в среднем по водохранилищу, и существенно больше по сравнению с эрозионными литоральными геосистемами (Co – в 1.3 раза, Pb и Cd – в 1.5 раза, Mo, Cr и V – в 2 раза, Ni и Cu – в 2.5–3 раза). В пределах защищенной литорали выделяются биогенно-аккумулятивные аквальные комплексы сплавин, сильного, умеренного и слабого зарастания. В них также прослеживаются различия по характеру накопления металлов. В водохранилище в условиях разной степени зарастания высшей водной растительностью преобладают макрофитные и органоминеральные отложения, содержащие микроэлементы в количестве, близком к их концентрации в грунтах пелагиально-профундальных русловых аквальных комплексов. Сходные показатели имеют отложения сплавин и участков сильного зарастания. В этих комплексах накапливаются кадмий, цинк, молибден, ванадий в концентрациях, близких к среднему содержанию в грунтовом комплексе водохранилища. Максимальная аккумуляция металлов в зоне зарастания наблюдается в донных отложениях и затопленных почвах аквальных комплексов умеренного и слабого зарастания (среднее содержание Cd – 0.146 мг/кг, Zn – 123.0 мг/кг, Pb – 26.6 мг/кг, Co – 11.6 мг/кг, Ni – 18.6 мг/кг, Mo – 1.6 мг/кг, Cu – 46.3 мг/кг, Cr – 57.6 мг/кг, V – 118.3 мг/кг, Mn – 1446 мг/кг). Эти комплексы особенно выделяются при сравнении с участками сплавин и сильного зарастания по накоплению свинца (больше в 1.5 раза), меди (в 1.4 раза), хрома (в 1.1–2 раза), марганца (в 2 раза). Такое отличие связано с более

активным выходом химических элементов из отмирающей биоты в условиях разреженной растительности и обогащения воды кислородом. В результате быстрого разложения «мягкой» растительности в водной среде с преобладающей окислительной обстановкой поглощенные гидробионтами микроэлементы переходят в состав макрофитного органоминерального ила. Донные отложения Пестовского водохранилища имеют различное происхождение и по-разному концентрируют металлы. Тяжелые металлы обладают, как известно, кумулятивной способностью и совместным действием на живые организмы. С этой точки зрения вызывает интерес суммарный показатель загрязнения донных осадков, определяемый как сумма превышений концентраций (СПК) тяжелых металлов над природным фоном. По значениям СПК выделяют пять уровней загрязнения: 1 – менее 16 (низкий), 2 – 16–32 (средний), 3 – 32–48 (высокий), 4 – 48–64 (очень высокий), 5 – 54–80 (чрезвычайно высокий). Наименьшее загрязнение по суммарному показателю установлено в почвах и грунтах открытых мелководий. Уровень загрязнения здесь низкий, или загрязнение вообще отсутствует. Анализ данных показывает существенные различия загрязнения донных отложений аквальных комплексов по плесам.

### 3. Выводы

На основании анализа полученных материалов можно сделать вывод о существенной дифференциации накопления тяжелых металлов в разных аквальных комплексах Пестовского водохранилища. Аномалии распределения металлов в донных отложениях связаны прежде всего с техногенными источниками химических элементов и внутриводоемными процессами аккумуляции в аквальных комплексах различных типов. Аномалии в донных отложениях полиэлементарны. В них доминируют халькофильные элементы (цинк, медь). Значение суммарного показателя концентрации тяжелых металлов в донных осадках водохранилища изменяется от низкого до очень высокого уровня загрязнения. Наиболее сильными аккумуляторами тяжелых металлов являются пелагиально-профундальные и защищенные литоральные биогенные аквальные комплексы. Экологическая обстановка в этих аквальных комплексах неблагоприятна, в них идет активное накопление цинка, меди, кадмия и хрома. В большинстве случаев содержание химических элементов в донных отложениях существенно выше естественногоестественного фона.

Литература

### Список литературы

1. Моисеенко Т.И. Экотоксикологический подход к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Севера // Экология. – 1998. – Т. 29, № 6. – С. 452–461.
2. Бреховских В.Ф., Волкова З.В. Особенности накопления тяжелых металлов в донных отложениях и высшей водной растительности водохранилищ // Водн. ресурсы. – 2001. – Т. 29, № 4. – С. 441–447.
3. Мокрякова Т.В. Накопление тяжелых металлов макрофитами в условиях загрязнения водной среды // Водн. ресурсы. – 2002. – Т. 29, № 2. – С. 253–255.
4. Зиганшин И.И. Донные отложения озер Республики Татарстан: Автореф. дис. ...канд. геогр. наук. – Ярославль, 2005. – 24 с.
5. Тихомиров О.А. Классификация и оценка экологического состояния аквальных геоэкосистем // Проблемы региональной экологии. – М., 2005. – № 1. С. 28–38.
6. Курдин В.П. Грунты Иваньковского водохранилища // Тр. Ин-та биол. водохранилищ АН СССР. – М.-Л., 1961. – Вып. 4 (7). – С. 328–346.
7. Левченко Л.П. Геолого-экологические исследования территории Тверской области //

Эколого-медицинские аспекты состояния здоровья и среды обитания населения. – Тверь: Твер. обл. тип., 1999. – С. 12–14.

8. Доклад об использовании природных ресурсов и состоянии природной среды Московской области. – Москва: Мск. обл. тип., 2007. – С. 85–87.