

ПРОТОЛИТИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО СОРБЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Хаданович Альбина Викторовна

к.х.н, доцент кафедры химии

Белоус Екатерина Михайловна

студентка 4 курса биологического факультета

Сердюков Артем Васильевич

студент 4 курса биологического факультета

УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Республика Беларусь, г. Гомель

Аннотация: Показаны результаты, полученные в ходе проведения модельного сорбционного эксперимента. Приведены показатели сорбции ионов Pb^{2+} и Cu^{2+} донными отложениями реки Сож Гомельского региона. Представлен анализ зависимости протолитической емкости сорбента от значений рК функциональных групп соединений, входящих в состав донных отложений. Поглощение ионов Pb^{2+} и Cu^{2+} изучаемым сорбентом носит сложный характер, свидетельствующий об участии в ходе сорбции функциональных групп различной природы.

Ключевые слова: Тяжелые металлы, окружающая среда, донные отложения, природные сорбенты, протолитическая емкость, рК-спектроскопия, рК-спектр.

PROTOLYTIC CAPACITY OF BOTTOM SEDIMENTS OF UNDER CONDITIONS OF A MODEL SORPTION EXPERIMENT

Hadanovich Albina Viktorovna

Ph.D., Associate Professor of the Department of Chemistry

Belous Ekaterina Mikhailovna

4-year student of the Faculty of Biology

Serdyukov Artyom Vasilievich

4-year student of the Faculty of Biology

Gomel State University named after Francysk Skorina

Republic of Belarus, Gomel

Abstract: The results obtained in the course of a model sorption experiment are shown. The indicators of sorption of Pb^{2+} and Cu^{2+} ions are given. bottom sediments of the Sozh River in the Gomel region. An analysis of the dependence of the protolytic capacity of the sorbent on the pK values of the functional groups of the compounds included in bottom sediments is presented. The absorption of Pb^{2+} and Cu^{2+} ions by the sorbent under study is complex, indicating the participation of functional groups of various nature in the course of sorption.

Key words: Heavy metals, environment, bottom sediments, natural sorbents, protolytic capacity, pK-spectroscopy, pK-spectrum.

При оценке экологической обстановки вокруг крупных городов основное внимание уделяется контролю поступления вредных веществ в водные экосистемы. Главными источниками загрязнения тяжелыми металлами являются промышленные предприятия, которые специализируются на добыче и переработке металлов, получении нефтепродуктов, синтезе химически опасных веществ [1]. Тяжелые металлы – химические

элементы с атомной массой более 50, обладающие свойствами металлов или металлоидов и считающиеся наиболее токсичными. Проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами объясняются широким диапазоном их действия на организм человека, на все его системы, оказанием токсического, аллергического, канцерогенного, гонадотропного влияния [2, 3].

Выделяют шесть наиболее значимых природных источников тяжелых металлов в биосфере и как минимум шесть из них антропогенных (рисунок 1).



Рисунок 1 – Основные источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду

При изучении экологического состояния водных экосистем основным объектом исследований являются донные отложения, образующиеся из оседающих частиц в результате отмирания водной растительности, иллообразования или подмыва и обрушения берегов. Донные отложения включают твердую и жидкую фазу, состоящую из сидементационной воды. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях является основным и важным показателем при изучении экосистем. Благодаря поглощающей способности донные отложения участвуют в процессах самоочищения водоемов и могут вызывать вторичное загрязнение. Этому способствует ветровое смешение, которое вовлекает в верхний слой донных осадков водные объекты, сорбция, десорбция, комплексообразование, диффузия, биологические, микробиологические процессы в системе вода – донные отложения [4].

Проблема изучения процессов поступления и накопления тяжелых металлов в донных отложениях заключается в отсутствии в настоящее время разработанных нормативов, регламентирующих опасный уровень загрязнения. Следовательно, изучение процессов сорбции тяжелых металлов составляющими донных отложения является актуальным.

Цель исследования: Изучение протолитической емкости донных отложений р. Сож в ходе сорбции ионов Pb^{2+} и Cu^{2+} .

Объект исследований: донные отложения, отобранные в старичном комплексе р. Сож, находящегося в окрестностях д. Поляновка (Ветковский район, Гомельская область) и расположен на 15 км выше г. Гомеля. Отбор проб донных отложений и подготовку их к анализу проводили в соответствии [5].

Методы исследования. Расчет характеристик, отражающих протолитическую емкость сорбента проводили методом рК-спектроскопии с использованием

потенциометрического титрования на приборе рН метр-150 МП. В пробы донных отложений вносили растворимые соли Pb^{2+} и Cu^{2+} в дозе 1 ПДК.

Результаты исследований.

В ходе проведения сорбционного эксперимента получены кривые титрования природного сорбента раствором гидроксида натрия (0,1 н р-р) в присутствии ионов Pb^{2+} и Cu^{2+} (рисунки 2, 3).

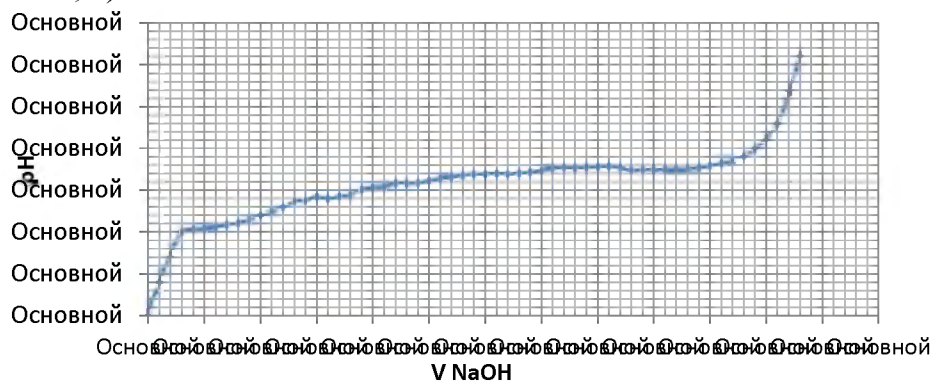


Рисунок 2 – Кривая титрования донных отложений раствором 0,1 н NaOH (доза Pb^{2+} 1 ПДК)

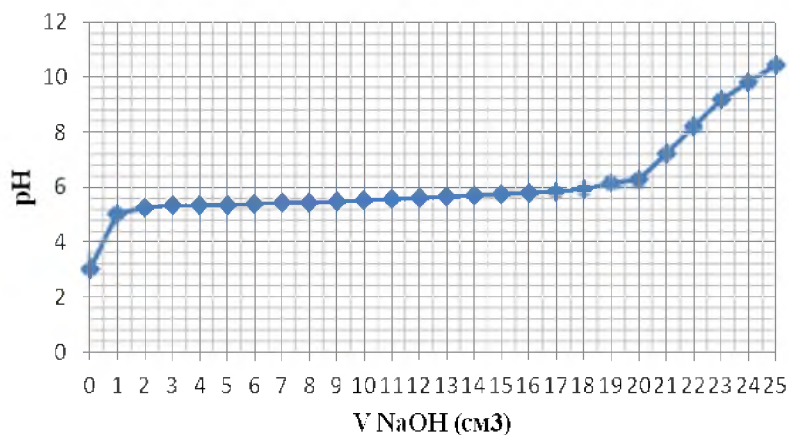
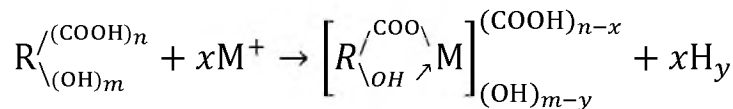


Рисунок 3 – Кривая потенциометрического титрования донных отложений раствором 0,1 н NaOH (доза Cu^{2+} 1 ПДК)

Полученные кривые титрования сорбента служили основой для изучения характера протолитических свойств донных отложений. Метод рК-спектроскопии позволяет провести обработку данных потенциометрического титрования и рассчитать концентрации ионногенных групп титруемого объекта по величине рК кислотной диссоциации [6]. рК – спектр – зависимость концентрации ионногенных групп титруемого объекта от их величины рК (-lg K).

Основные механизмы аккумуляции неорганических веществ донными отложениями являются ассоциацией с органическими веществами осадка, в частности, адсорбция и образования металлоорганических соединений; адсорбция на материале мелких фракций; соосаждение с оксидами железа, марганца или карбонатами. Наличие в гумусовых кислотах функциональных групп свидетельствует об их способности образовывать водородные связи, вступать в донорно-акцепторные и ионные механизмы взаимодействия. Гуминовые соединения – аккумуляторы органического и неорганического вещества, богаты витаминами, каротиноидами, биологически активными веществами, микроэлементами. Связывание тяжелых металлов гуминовыми соединениями в растворенной форме приводит к снижению концентрации их токсичности.

Например:



где M – $Fe(OH)_2^+$, $Fe(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$ или $Al(OH)^{2+}$ [7].

С использованием данных, полученных в ходе титрования, рассчитывали значения рК-функциональных групп донных отложений, участвующих в ходе поглощения изучаемых ионов в интервалах рН 3–4, 4–5, 5–6, 6–7, 7–8, 8–9 и протолитическую емкость сорбента по формуле:

$$q = \frac{V_2 - V_1}{m} * C_{щ} ,$$

где V_1 и V_2 – объемы щелочи, пошедшие на титрование,

m – масса навески (г),

$C_{щ}$ – концентрация щелочи NaOH.

На рисунках 4 и 5 представлены значения рК функциональных групп, входящих в состав донных отложений и зависимость их от значений протолитической емкости.

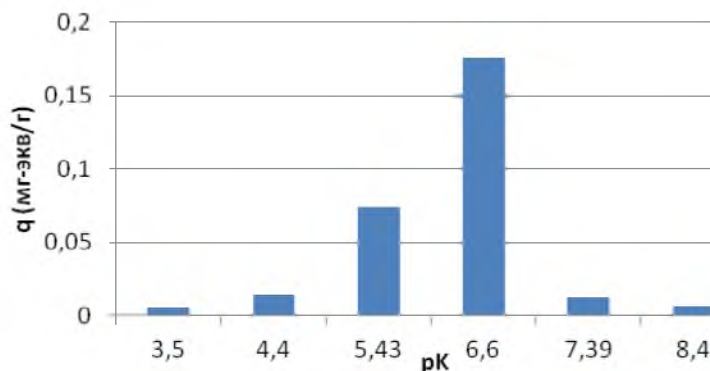


Рисунок 4 – Зависимость протолитической емкости сорбента от рК-функциональных групп (доза Pb^{2+} 1 ПДК)

Минимальные значения протолитической емкости донных отложений в ходе сорбции ионов свинца (II) равны 0,0055 и 0,0065 мг-экв/г для рК 3,5 и 8,4 соответственно. Максимальные значения данного параметра, отражающего поглотительную способность природного сорбента, равны 0,0745 и 0,1755 мг-экв/г при рК 5,43 и 6,6 соответственно. В ходе поглощения ионов меди (II) значения протолитической емкости донных отложений варьировали в интервале 0,01 (рК 3,5) до 0,83 мг-экв/г сорбента (рК 5,5). Максимальное значение данного показателя зафиксировано при рК 5,5 ($q = 0,83$ мг-экв/г сорбента).

Зная значения протолитической емкости сорбента опыта ($q_{оп.}$) и таковые, полученные в ходе титрования холостой пробы ($q_{хол.}$), рассчитывали значения приращения протолитической емкости Δq ($q_{оп.} - q_{хол.}$).

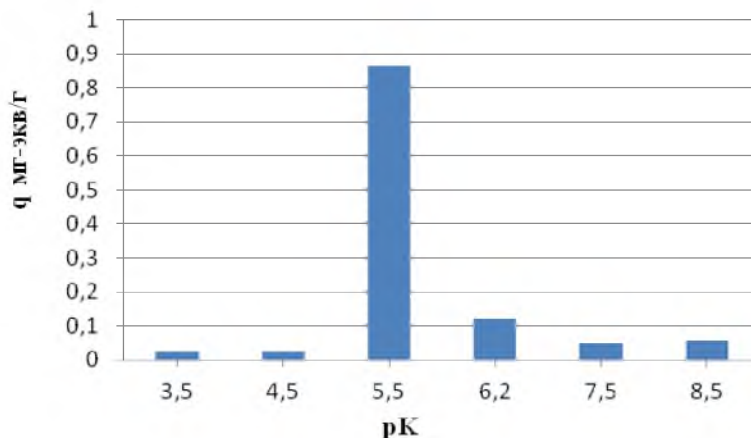


Рисунок 5 – Зависимость протолитической емкости от рК-функциональных групп сорбента (доза Cu^{2+} 1 ПДК)

На рисунках 6 и 7 предоставлен характер зависимости приращения протолитической емкости донных отложений от рК-функциональных групп.

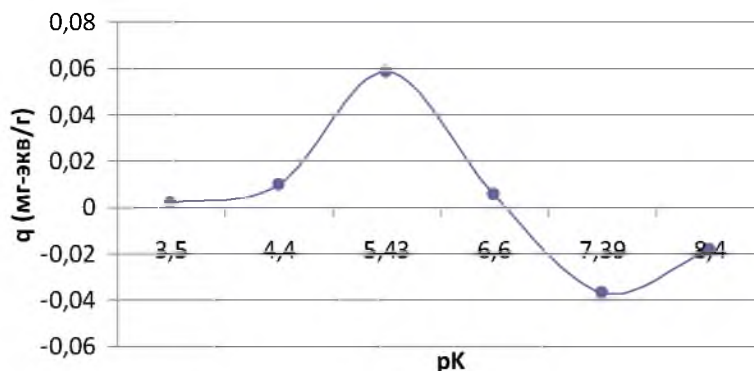


Рисунок 6 – Зависимость приращения протолитической емкости от рК-функциональных групп донных отложений (доза Pb^{2+} 1 ПДК)

Максимум приращения протолитической емкости донных отложений в ходе сорбции ионов свинца (II) отмечен при рК 5,43 ($\Delta q=0,0585$ мг-экв/г). Данный характер поглощения металла обуславливается его миграцией в раствор и поглощением, в частности, гумусовыми веществами, содержащими аминогруппы $-\text{NH}_2$, амидные $-\text{CO}-\text{NH}_2$, спиртовые $-\text{CH}_2-\text{OH}$, альдегидные $-\text{CHO}$, карбоксильные $-\text{COOH}$, кетонные $-\text{CO}-$, метоксильные $-\text{OCH}_3$, фенольные $-\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$, хинонные, гидрохинонные группировки, которые могут быть вовлечены в процессы поглощения изучаемого иона.

Выявленный характер сорбции ионов свинца донными отложениями, вероятно, объясняется их связыванием функциональными группами сорбента кислотной и основной природы. Минимум приращения сорбционной емкости ($-0,037$ мг-экв/г) отмечается при рК 7,39, что, вероятно, указывает на присутствие либо свободных ионов свинца в растворе, либо растворимых гидроксокомплексов [8].

Максимальное значение приращения протолитической емкости сорбента в ходе поглощения ионов меди составило $0,023$ мг-экв/г (рК 8,5), минимальное – ($-0,12$ мг-экв/г при рК 5,4).

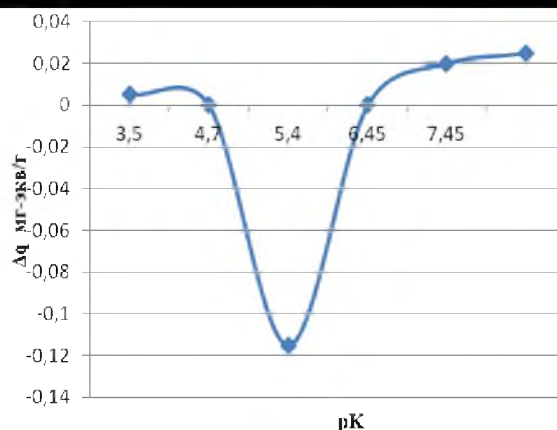


Рисунок 7 – Зависимость приращения протолитической емкости от значений рК функциональных групп донных отложений Cu²⁺ (1 ПДК)

Донные отложения включают в свой состав органические соединения, которые оказывают существенное влияние на их сорбционную способность, способны как замедлять, так и ускорять процесс адсорбции.

Максимумы связывания изучаемых ионов указывают на участие разнообразных функциональных групп в процессах сорбции – фенольных, карбоксильных и групп, имеющих основную природу. Характер поглощения ионов изучаемых металлов сложен, зависит от ряда факторов, в частности, от природы сорбента.

Список литературы:

1. Сорокина Н.Н. Изменение экологического состояния почв по воздействию антропогенных факторов // Красноярский государственный аграрный университет.– 2022.– С. 129–132.
2. Eliza Kulbat Methods of Assessment of Metal Contamination in Bottom Sediments (Case Study: Straszyn Lake, Poland) / Eliza Kulbat Aleksandra Sokołowska // Archives of Environmental Contamination and Toxicology.– 2019. – P. 605–618.
3. Рожкова Н.А. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове близлежащих территорий ТЭЦ-3 (г. Красноярск) // Красноярский государственный аграрный университет.–2021.– С. 62–65.
4. Шарипова О.А. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях озера Балхаш в зависимости от природных и антропогенных факторов / О.А. Шарипова // Вестник Томского государственного университета.– 2015.– № 390.– С.225–230
5. ГОСТ 13.020.10. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Порядок проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях. – Введ. 01.07.2018. – М., ИПК Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды, 2018. – 27 с.
6. Лодыгин, Е.Д. Потенциометрический анализ фульвокислот подзолистых почв методом рК-спектроскопии / Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А // Агрохимия, 2002. – № 3. – С. 78–83.
7. Орлов, Д. С. Химия почв: учебник / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 376 с.
8. Пинский, Д. Л. Поведение Cu (II), Zn (II), Pb (II), Cd (II) в системе раствор – природные сорбенты в присутствии фульвокислоты / Д.Л. Пинский [и др.] // Почвоведение.– 2004.–№ 3.– С. 291 – 300.
9. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов. – М.: Высшая школа, 2002. – 334 с.