

УДК 539.612

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-771-774

СОРБЦИЯ ИОНОВ СВИНЦА ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА НА МНОГОСЛОЙНОМ ГРАФЕНЕ

Е.Ю. Игнатьева, И.Ю. Денисюк, М.В. Успенская

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
Автор для переписки: denisiuk@mail.ifmo.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 08.05.19, принята к печати 31.05.19
Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования: Игнатьева Е.Ю., Денисюк И.Ю., Успенская М.В. Сорбция ионов свинца из водного раствора на многослойном графене // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 771–774
doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-771-774

Аннотация

Исследована сорбция ионов свинца Pb^{2+} на многослойный графене, полученном ультразвуковым разрушением природного графита. Изучение сорбции ионов Pb^{2+} проводилось спектрофотометрическим методом с использованием индикатора ксиленоловый оранжевый. Показано, что сорбция ионов свинца достигает максимального значения сорбционной емкости уже при 10 мин процесса.

Ключевые слова

многослойный графен, свинец, сорбция, ксиленоловый оранжевый, загрязнение воды

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-771-774

SORPTION OF LEAD IONS FROM AQUEOUS SOLUTION ON MULTILAYER GRAPHENE

E.Yu. Ignateva, I.Yu. Denisyuk, M.V. Uspenskaya

ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation
Corresponding author: denisiuk@mail.ifmo.ru

Article info

Received 08.05.19, accepted 31.05.19
Article in Russian

For citation: Ignateva E.Yu., Denisyuk I.Yu., Uspenskaya M.V. Sorption of lead ions from aqueous solution on multilayer graphene. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 771–774 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-771-774

Abstract

The paper presents the study of Pb^{2+} lead ions sorption on multilayered graphene prepared by ultrasonic destruction of natural graphite in the presence of a surfactant. The concentration of Pb^{2+} ions in water was measured by spectrophotometric method using xylene orange indicator. It is shown that the sorption process does not have a threshold character at low concentrations of Pb^{2+} ions, and when their concentration goes up, the efficiency of sorption increases. The dynamics of sorption was studied; it was shown that the sorption of lead ions reaches its maximum sorption capacity value in 10 min. of sorption process.

Keywords

multilayer graphene, lead, sorption, xylene orange, water pollution

Одной из серьезных задач современной экологии является предотвращение загрязнения воды промышленными стоками машиностроительных и предприятий цветной металлургии, приборостроения, содержащие ионы поливалентных и тяжелых металлов. Наиболее токсичными и опасными с точки зрения их биологической активности являются ионы тяжелых металлов, такие как ртуть, свинец, никель, хром и т. п., которые в большей степени загрязняют окружающую среду. Накопление ионов тяжелых металлов могут иметь серьезные последствия для здоровья, такие как повреждение головного мозга, почечная недостаточность и различные когнитивные и двигательные расстройства [1].

Для очистки воды, в том числе питьевой, от примесей ионов тяжелых металлов наиболее широко используют физико-химические методы, такие как коагуляция, обратный осмос, флокуляция, сорбция и т.д. [2]. Однако каждый из используемых методов для очистки вод имеет свои преимущества и недостатки, в частности, применение коагулянтов и флокулянтов дает низкую эффективность процесса из-за малых скоростей гидролиза и хлопьеобразования, использование электрохимических методов накладывают высокие требования к используемым материалам и оборудованию, а также знаний и подготовки персонала.

Сорбционные методы очистки сточных вод, наряду с высокой эффективностью, относятся к наиболее экологически чистым и широко используемым [2]. В качестве реагентов используются различные глины, цеолиты, кремнезем, активированные угли и т.д. Преимуществом применения сорбционных методов является высокая эффективность очистки от одного или нескольких видов загрязнений, однако вопрос утилизации элюированных концентрированных и высококонцентрированных растворов тяжелых металлов после регенерации остается открытым. Это определяет и интенсивные исследования в данном направлении. В представленной работе проведены исследования сорбции ионов тяжелых металлов из воды углеродным наполнителем.

В последние годы проводятся исследования сорбции ионов тяжелых металлов графеном, например, можно указать работу [3]. В статье использован однослойный нанографен как сорбент свинца и показана его эффективность для сорбции при его низком содержании в воде. Однако графен весьма дорогой материал, что препятствует его массовому применению.

В данной работе проведено исследование сорбции ионов свинца Pb^{2+} на поверхность многослойного графена, полученного по методу, описанному авторами ранее [4]. Методика определения ионов свинца в растворе базировалась на статье [5]. Концентрацию ионов свинца определяли спектрофотометрическим методом по интенсивности максимума поглощения комплекса красителя с ионами свинца. В работе были использованы следующие реагенты: дистиллированная вода, ацетат свинца, марки ХЧ, индикатор ксиленоловый оранжевый¹ («ЛенРеактив» 100544ЛР, ТУ 6-09-1509-78), графен. Для приготовления раствора индикатора 6 мг ксиленолового оранжевого растворяли в 10 мл дистиллированной воды.

Спектр поглощения индикатора в зависимости от концентрации свинца при нейтральной рН приведен на рис. 1. Максимум поглощения при 577 нм соответствует образованию комплекса ксиленолового оранжевого с ионами свинца, поэтому изменение интенсивности максимума было принято как способ определения концентрации ионов Pb^{2+} в растворе.

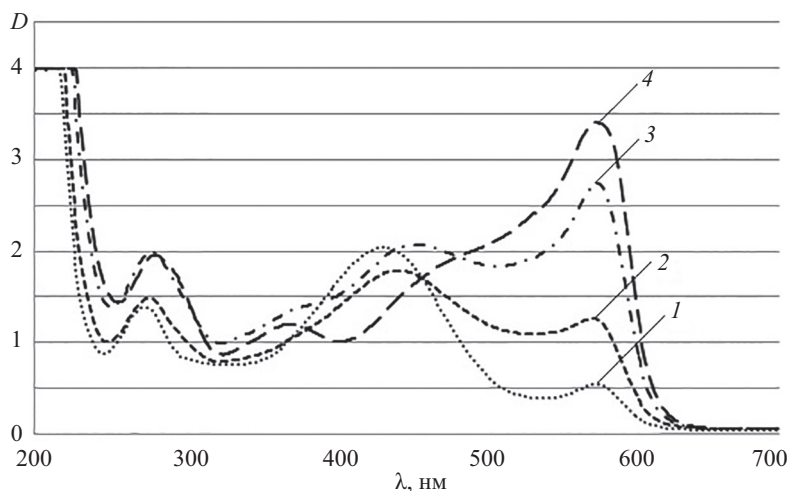


Рис. 1. Спектр поглощения индикатора в зависимости от концентрации свинца Pb^{2+} : 1 — без ацетата свинца; 2 — $C = 1,5$; 3 — $C = 3,8$; 4 — $C = 7,5$.

(D — оптическая плотность, λ — длина волны, C — концентрация ионов свинца Pb^{2+})

В ходе проведения измерений было установлено, что водные дисперсии многослойного графена, полученного ультразвуковым диспергированием природного графита, также приводят к появлению максимума поглощения индикатора, соответствующего комплексу с тяжелым металлом, что может объясняться наличием примесей ионов металлов в природном материале. Поэтому перед проведением экспериментов по изучению сорбции ионов свинца графен был очищен путем обработки концентрированной азотной кислотой в течение 10 мин и затем промыт дистиллированной водой. При этом обеспечивалось также и повышение активности графена при его интеркалировании в среде окислителя.

Хорошо известно, что рН существенно влияет на сорбционную способность активированных углей. Так, максимальной поглотительной способностью обладают активные угли при величине рН равной 4. Было определено, что полученная интеркалированная дисперсия графена имела рН = 5,4.

¹ ТУ 6-09-1509-78.

Далее в подготовленную дисперсию добавляли водный раствор ацетата свинца различной концентрации, перемешивали в течение 10 мин, отфильтровывали и исследовали содержание ионов свинца как указано выше.

Как видно из рис. 1, изменение интенсивности максимума поглощения индикатора зависит от доли ионов свинца.

На рис. 2 представлены количественные значения изменения доли ионов свинца в водном растворе в присутствии (кривая 2) и отсутствии интеркалированной дисперсии графена (кривая 1).

Как видно из приведенных экспериментальных данных, введение углеродсодержащей дисперсии приводит к сорбции ионов свинца Pb^{2+} . При увеличении концентрации ацетата свинца в растворе эффективность сорбции дисперсией графена ионов тяжелого металла — свинца — увеличивается, а затем происходит достижение насыщения.

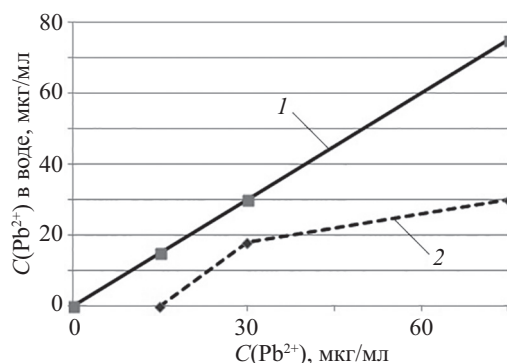


Рис. 2. Концентрация C ионов свинца Pb^{2+} в водном растворе в зависимости от концентрации адсорбата ацетата свинца и наличия дисперсии графена: кривая 1 — в дистиллированной воде, кривая 2 — после сорбции дисперсией графена

Что также подтверждается изучением динамики сорбции ионов свинца дисперсией графена в зависимости от времени сорбции углеродной дисперсией (рис. 3).

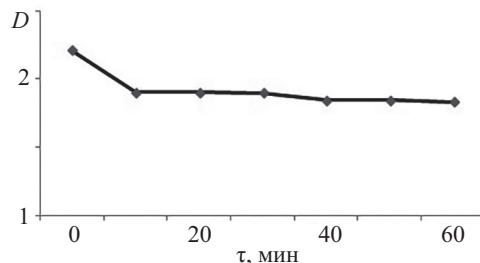


Рис. 3. Изменение оптической плотности (D) в максимуме 577 нм в зависимости от времени (τ) адсорбции свинца графеном

Как видно из рис. 3, уже при 10 мин сорбции происходит достижение значения максимальной сорбционной емкости, зависящей как от природы используемого сорбента, так и его пористости.

В ходе работы было показано, что многослойный графен, полученный разрушением графита, является эффективным сорбентом ионов тяжелых металлов и может быть использован для их удаления из сточных вод.

Литература

- Ишкова С.В., Троц Н.М., Горшкова О.В. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 5. С. 217–222.
- Филатова Е.Г. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. Т. 13. № 2. С. 97–109.
- Verma S., Dutta R.K. A facile method of synthesizing ammonia modified graphene oxide for efficient removal of uranyl ions from aqueous medium // RSC Advances. 2015. V. 5. N 94. P. 77192–77203. doi: 10.1039/c5ra10555b

References

- Ishkova S.V., Trots N.M., Gorshkova O.V. Influence of oil installations on pollution of soil cover by heavy metals and oil products. *Izvestia RAS SamSC*, 2012, vol. 14, no. 5, pp. 217–222. (in Russian)
- Filatova E.G. Wastewater treatment from heavy metal ions, based on the physico-chemical processes. Review. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2015, vol. 13, no. 2, pp. 97–109. (in Russian)
- Verma S., Dutta R.K. A facile method of synthesizing ammonia modified graphene oxide for efficient removal of uranyl ions from aqueous medium. *RSC Advances*, 2015, vol. 5, no. 94, pp. 77192–77203. doi: 10.1039/c5ra10555b

4. Denisjuk I.Y., Logushkova K.Y., Fokina M.I., Uspenskaya M.V. FT-IR-spectra of multilayered graphene and its composition with surface-active material // *Optics and Spectroscopy*. 2018. V. 125. N 6. P. 918–920. doi: 10.1134/s0030400x19020115
5. Кулешова Н.В., Савина Л.А. Фотометрическое определение свинца в водных растворах по реакции с ксиленоловым оранжевым // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: химия*. 2004. № 1. С. 219–224.
4. Denisjuk I.Y., Logushkova K.Y., Fokina M.I., Uspenskaya M.V. FT-IR-spectra of multilayered graphene and its composition with surface-active material. *Optics and Spectroscopy*, 2018, vol. 125, no. 6, pp. 918–920. doi: 10.1134/s0030400x19020115
5. Kuleshova N.V., Savina L.A. Photometric determination of lead in aqueous solutions by reaction with xylenol orange. *Vestnik Nizhegorodskogo Universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Khimiya*, 2004, no. 1, pp. 219–224. (in Russian)

Авторы

Игнатьева Екатерина Юрьевна — студент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-5616-400X, ignateva.ekaterina14@mail.ru

Денисюк Игорь Юрьевич — доктор физико-математических наук, профессор, ведущий профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 7004060393, ORCID ID: 0000-0002-9933-0469, denisiuk@mail.ifmo.ru

Успенская Майя Валерьевна — доктор технических наук, профессор, руководитель международного научно-исследовательского института биоинженерии, профессор факультета прикладной оптики, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 6602189454, ORCID ID: 0000-0003-2510-263, mv_uspenskaya@corp.ifmo.ru

Authors

Ekaterina Yu. Ignateva — student, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-5616-400X, ignateva.ekaterina14@mail.ru

Igor Yu. Denisyuk — D.Sc, Full Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 7004060393, ORCID ID: 0000-0002-9933-0469, denisiuk@mail.ifmo.ru

Maya V. Uspenskaya — D.Sc, Full Professor, Head of International Scientific and Research Institute of Bioengineering, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 6602189454, ORCID ID: 0000-0003-2510-263, mv_uspenskaya@corp.ifmo.ru