

4. Химический состав поверхностных слоев частиц атмосферных аэрозолей (Новосибирская и Иркутская область) / В. П. Иванов [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 51-63.

5. Исследование атмосферных аэрозолей методами рентгеновской дифракции и рентгеновской спектроскопии поглощения с использованием синхронного излучения / В. В. Кривенцов [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. № 10. С. 609-613.

6. Федорова Н. В. Оценка состава твердых фаз аэрозолей в природно-технических системах и перспективные направления утилизации продуктов их накопления в городах Прибайкалья : автореф. дис. канд. техн. наук. Иркутск, 2008. 18 с.

7. Химический состав снежного покрова в заповедниках Прибайкалья / О. Г. Нецветова [и др.] // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 66-72.

8. О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2007 г. : докл. М-ва природных ресурсов и экологии Иркут. обл. Иркутск, 2008. С. 286.

9. Першина Н. П., Полищук А. И. Оценка химического состава атмосферных осадков на территории Северо-западного федерального округа России и Финляндии по результатам международного российско-финско-норвежского проекта «Экогеохимия Баренцева региона».

10. ГН 2.1.5.2280-07 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

УДК 544.723.21:631.412

*А.А. Варфоломеев**, *Н.П. Космачевская*, *А.Д. Синегибская*,
А.А. Ершов, *О.Б. Русина*, *Т.А. Донская*

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЕРХОВОГО ТОРФА БРАТСКОГО РАЙОНА ПО ОТНОШЕНИЮ К d-МЕТАЛЛАМ

Исследованы сорбционные свойства верхового торфа Братского района по отношению к ионам Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} в статических условиях. Показано, что верховой торф обладает высокой сорбционной способностью по отношению к d-металлам, превосходящей зачастую сорбционную способность активированного угля. Изученный торф предложено использовать в качестве дешевого сорбента для очистки сточных вод, ликвидации последствий экологических аварий.

Ключевые слова: верховой торф, сорбция, тяжелые металлы.

Химическое загрязнение природных объектов окружающей среды продолжает оставаться одной из главных причин ее деградации. Особую опасность представляет загрязнение тяжелыми металлами, обладающими токсичностью, высокой устойчивостью в объектах окружающей среды при низких значениях предельно допустимых концентраций.

Тяжелые металлы присутствуют в сточных водах процессов гальванического покрытия металлами и многих металлургических процессов, встречаются они в самых разнообразных сточных водах тяжелой и легкой промышленности, а также в шахтных водах [1]. Многие из них образуют токсичные соли, поэтому допускаются в водах лишь в очень малых концентрациях, следовательно, для их

* – автор, с которым следует вести переписку

удаления требуются высокоэффективные методы.

Одним из эффективных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов является сорбционный метод, позволяющий проводить доочистку от низких концентраций загрязнителей. Особый интерес представляет использование в качестве сорбентов доступных природных материалов, в частности торфа.

Торф – органическая горная порода, образующаяся в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения, при недостатке кислорода и содержании не более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество. Торф распространен повсеместно, так как каждый пятый гектар земной поверхности представляет собой болотные почвы.

В качестве объекта исследования отобран верховой торф низкой степени разложения заболоченных почв р. Вихоревой (п. Кузнецовка Братского района). Исследуемый торф малой степени разложения представляет собой волокнистую массу светло-коричневого цвета. По составу торф – сложная полидисперсная многокомпонентная система, включающая горючую или органическую часть, влагу (в естественном состоянии 86-95 % по массе), минеральные примеси. Органическая масса содержит следующие компоненты: гуминовые кислоты (40-50 % по массе), битумы (1,12-17 %), водорастворимые и легкогидролизуемые вещества (10-60 %), целлюлоза (2-10 %), негидролизуемый остаток (лигнин, 3-20 %). Торф имеет высокую пористость – 96-97 % по объему.

В работе рассматриваются сорбционные свойства верхового торфа по отношению к ионам железа Fe^{3+} , кобальта Co^{2+} , никеля Ni^{2+} и меди Cu^{2+} . Выбранные металлы относятся к одной группе (d-элементы), но характеризуются различным биологическим действием, физико-химическими свойствами, присутствием в окружающей среде. Однако во всех случаях токсичные механизмы их воздей-

ствия на биоту связаны с ферментативными реакциями. В этом отношении особенно эффективны двухвалентные тяжелые металлы (в т.ч. Cu^{2+} , Ni^{2+}), легко реагирующие с амино- и сульфогидрильными группами белков. Никель, являясь канцерогенным веществом, оказывает также воздействие на генные механизмы [2, с. 218-227, 394-395]. Потенциально особенно токсичны наиболее тяжелые металлы (6-го периода Периодической системы), однако плохая растворимость большинства их солей в воде уменьшает это токсическое воздействие. Железо также считается тяжелым металлом. При восстановительных условиях концентрации железа могут достигать нескольких $мг/дм^3$, хотя при этом большая часть железа может быть представлена коллоидами, скорее, чем истинно растворимыми формами. Растворимость соединений Fe также выше при низких рН. Железо является необходимым для жизненных процессов как растений и животных, так и человека, однако высокие его концентрации токсичны [2, с. 400]. Железо – широко распространенный, но малотоксичный металл. Кобальт, никель и медь очень токсичные и распространенные. Предельно допустимые концентрации металлов в воде приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации металлов в воде

| Наименование вещества | Класс опасности | Лимитирующий показатель вредности | Величина ПДК*, $мг/дм^3$ |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Железо | 3 | орг., окр. | 0,3 |
| Кобальт | 2 | с.-т. | 0,1 |
| Никель | 2 | с.-т. | 0,02 |
| Медь | 3 | с.-т. | 1,0 |

орг. – органолептический; окр. – окраска; с.-т. – санитарно-токсикологический; * – в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Очистку модельных растворов ионов металлов Fe^{3+} , Ni^{2+} (10 мг/дм^3), Co^{2+} и Cu^{2+} (1 мг/дм^3) проводили в статических и динамических условиях (фильтрование) при переменных факторах: расход сорбента ($1-50 \text{ г/дм}^3$), время очистки ($5-30$ мин). Концентрации металлов определяли фотометрическим методом [4].

Результаты экспериментов показали, что исследуемый измельченный торф по эффективности очистки и сорбционной емкости в извлечении ионов Fe^{3+} не уступает активированному углю (БАУ) и превосходит его по очистке от ионов Co^{2+} (до 1,6 раза), Ni^{2+} (в 1,7-2,7 раза) и Cu^{2+} (в 1,1-1,6 раза для малых расходов сорбента). Эффективность очистки от Fe^{3+} и Cu^{2+} при расходе торфа $2,5 \text{ г/дм}^3$ составила 90 %, а для концентраций сорбента $10-30 \text{ г/дм}^3$ – 95-98 %. По ионам Ni^{2+} степень очистки более 90 % достижима только при расходе торфа 15 г/дм^3 , по Co^{2+} при $7,5 \text{ г/дм}^3$ торфа и более. Сравнительная характеристика сорбционной емкости и эффективности очистки модельных растворов от ионов металлов для торфа и активированного угля показана на рисунках 1-4.

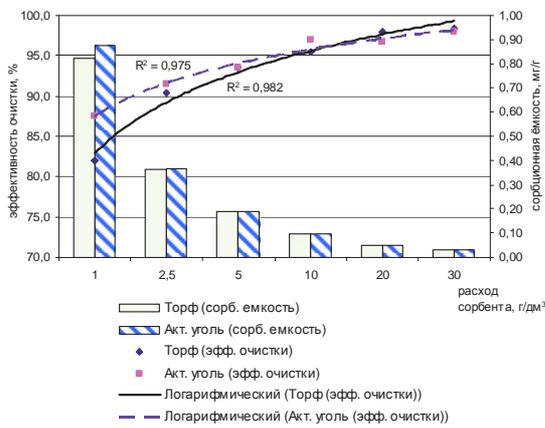


Рис. 1. Сорбция ионов Fe^{3+}

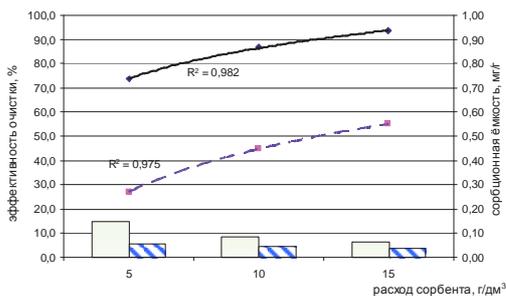


Рис. 2. Сорбция ионов Ni^{2+}

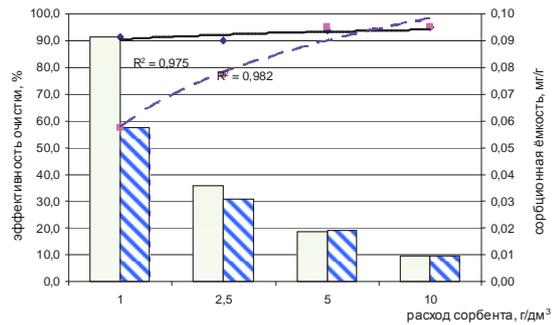


Рис. 3. Сорбция ионов Cu^{2+}

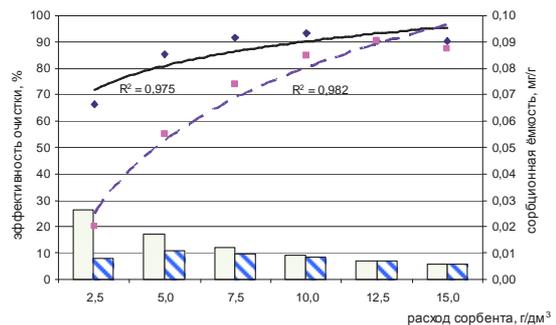


Рис. 4. Сорбция ионов Co^{2+}

Зависимости эффективности очистки от времени обработки не выявлено. С уменьшением фракционного состава торфа (с $0,315$ до $0,160 \text{ мм}$) сорбционная емкость повышается незначительно (по Ni^{2+} на 10 %).

Извлечение торфом ионов металлов из раствора связано с механизмом ионного обмена с гуминовыми кислотами. По химической структуре гуминовые кислоты – высокомолекулярные (ММ 1300-1500) конденсированные ароматические соединения, в которых известно наличие фенольных гидроксильных, карбоксильных, карбонильных и ацетогрупп, простых эфирных связей и других. Гуминовые кислоты, составляющие 25-50 % органической части торфа, и лигнин (3-20 %) образуют хелатные соединения с катионами из группы тяжелых металлов, практически не растворимые в воде. Физическая сорбция объясняется высокой пористостью торфа. Протекторное действие гуминовых веществ объясняют, как правило, образованием недоступных для живых организмов и нетоксичных комплексов с экотоксикантами [5].

Исследуемый материал характеризуется высокой сорбционной емкостью по индикатору метиленовому голубому (эффективность очистки торфом – 98 %, активированным углем – 78 %) и одновременно низкой эффективностью очистки по йоду (торф – 17 %, БАУ – 46 %). Это может быть связано с образованием комплексов гуминовых веществ с тиазиновым красителем.

К недостаткам применения торфа в качестве сорбента относятся появление цветности очищаемой воды, а также необходимость применения специальных технических средств для разделения твердой и жидкой среды (отстойников, фильтров, центрифуг). При концентрации торфа 1 г/дм³ цветность воды составляет в среднем около 70 град., при 5 г/дм³ – более 210 град. цветности. Предварительное промывание торфа раствором щелочи приводит к снижению цветности, но одновременно с этим снижается сорбционная емкость торфа по причине вымывания водорастворимых солей гуминовых кислот. Поэтому без стадии последующей очистки от цветности рекомендуется применять малые количества сорбента (2,5 г/дм³) на первой стадии. Водная вытяжка торфа имеет слабокислую реакцию среды (рН 1 %-ой вытяжки – 4,87). Но малые его количества на рН очищаемой воды не влияют.

Исследованный верховой торф может быть использован и для очистки поверх-

ностных вод, в отличие от токсичных реагентов, и как абсорбирующий материал при ликвидации экологических аварий различного типа. Очевидно, что использование относительно дешевого и доступного сорбента на основе торфа позволит не только сэкономить средства, но и увеличить степень очистки бытовых и сточных вод.

Литература

1. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М. : Химия, 1984. С. 97-98.
2. Башкин В. Н. Биогеохимия : учеб. пособие. М. : Высшая школа, 2008. 423 с.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03; утв. 27.04.2003, с доп. 15.12.2007 // Рос.газ.2003 20 июня (№ 119/1).
4. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов / под ред. А. П. Шицковой. М. : Медицина, 1990. 400 с.
5. Калабин, Г. А., Каницкая Л. В., Кушнарев Ф. Д. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. М.: Химия, 2000