DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-12-20

Смоленская Л.М. *, кандидат химических наук, доцент,
Рыбина С.Ю., аспирант,
Рыбин В.Г., магистрант,
Литвин П.В., магистрант,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,

*Ответственный автор E-mail: pe@intbel.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ НИКЕЛЯ ВОЛОКНИСТЫМИ АДСОРБЕНТАМИ

Аннотация: технологические процессы обработки металлических изделий и гальванические производства характеризуются большими объемами сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, в частности в результате никелирования изделий, в сточные воды в преобладающем количестве попадают ионы Ni^{2+} . Для оценки возможности удаления загрязнения из данного типа сточных вод исследован процесс адсорбционной очистки модельных никельсодержащих стоков. В качестве адсорбентов были использованы модифицированные азотсодержащие поливинилспиртовое, поликапроамидное, гидратцеллюлозное волокна. Модификация данного типа волокон позволяет закрепить функционально-активные группы на поверхности адсорбента. Установлено, что волокнистые адсорбенты обладают высокой адсорбционной способностью по отношению к иону никеля(II), величины адсорбции находятся в диапазоне 80-100 мг/г. Преобладающим механизмом является мономолекулярная хемосорбция. Адсорбция протекает с высокими скоростями, равновесие достигается за первые 20 мин процесса. Выявлено влияние pH на комплексообразование в фазе адсорбентов. Показано, что в сильно кислой среде эффективность очистки невелика, увеличение pH приводит к усилению адсорбционных свойств волокон. Оптимальной величиной кислотности раствора являются значения pH выше 5. Определено уменьшение количества координируемого азота с возрастанием pH. При оценке селективности волокон по отношению к Ni^{2+} в присутствии Zn^{2+} и Cu^{2+} было выявлено влияние матричного полимерного эффекта. Адсорбция на поливинилспиртовом и поликапроамидном волокнах показала, что влияние ионов цинка(II) на адсорбцию никеля(II) возрастает с увеличением его концентрации в растворе, а гидратцеллюлозное волокно обладает более высокой селективностью по отношению к иону Zn^{2+} . Присутствие Cu^{2+} приводит к значительному снижению эффективности очистки модельных стоков от ионов никеля (II) на всех типах исследованных адсорбентов.

Ключевые слова: адсорбция, волокнистые адсорбенты, ионы тяжелых металлов, сорбционная емкость, комплексообразование, селективность адсорбента

Введение

Известно, что в процессе обработки металлических изделий и нанесении гальванических покрытий образуется огромное количество сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые [1].

Наиболее часто для удаления из сточных вод ионов тяжелых металлов применяются реагентные методы осаждения, в результате чего образовывается большое количество шламов водоочистки, требующих дополнительной утилизации [2].

Нами для очистки сточных вод гальванических производств использовался адсорбционный метод с применением в качестве адсорбента модифицированного волокна, содержащего аминогруппы.

Изучение процесса сорбции некоторыми типами азотсодержащих сорбентов показало, что в кислых средах адсорбция осуществляется преимущественно по механизму ионного обмена с формированием ионных ассоциатов, а в нейтральных средах преобладает образование координационных соединений в фазе сорбента. В этом случае комплексообразующие группы сорбента выступают в качестве лигандов, заполняющих частично или целиком координационную сферу металла [3-5].

Использование аминсодержащих полимерных сорбентов, в частности материалов волокнистой структуры, позволяет проводить процессы сорбции с более высокой эффективностью, чем применяемые ранее неорганические сорбенты, поскольку сорбционно-активные группы находятся на поверхности волокна, а значит, вероятность взаимодействия с извлекаемым компонентом возрастает [6-7].

Процессы комплексообразования на полимерных сорбентах обычно рассматриваются с позиции координационной химии низкомолекулярных соединений, так как комплексообразование иона металлов, находящихся в растворе, с комплексообразующими группами сорбентов подчиняется ряду закономерностей, характерных для соответствующих мономолекулярных лигандов. В связи с этим низкомолекулярные лиганды являются модельными соединениями для установления механизма сорбции. Вместе с тем специфика взаимодействия комплексообразующих сорбентов с ионами металлов, обусловленная их полимерной

структурой, проявляется в существенных отличиях комплексообразующих свойств макромолекулярных и низкомолекулярных лигандов [8-11].

Материалы и методы

В данной работе для очистки никельсодержащих сточных вод использовалось три вида модифицированного азотсодержащего волокнистого адсорбента, отличающиеся между собой своей полимерной матрицей: поливинилспиртовое (N-ПВС); поликапроамидное (N-ПКА); гидратцеллюлозное (N-ГЦ) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика азотсодержащих волокон

Table 1

Nitrogen containing fibers characteristic

Наименование волокна	Активные группы	Содержание аминного азота, масс. %
Гидратцеллюлозное (N-ГЦ)	ГЦ-[NH-(CH ₂) ₂]-NH ₂	5,04
Поливинилспиртовое (N-ПВС)	ПВС-[NH-(CH ₂) ₂]-NH ₂	5,03
Поликапроамидное (N-ПКА)	ПКА-[NH-(CH ₂) ₂]-NH ₂	5,04

Результаты и обсуждение

Для изучения процесса сорбции ионов тяжелых металлов на волокнистых адсорбентах были построены изотермы адсорбции-десорбции ионов никеля. Все три изотермы представленные на рис. 1, указывают на протекание мономолекулярной адсорбции, максимальная адсорбция достигается значений 80-100 мг/г. Характер изотермы, позволяет сделать вывод, что в процессе сорбции главным образом, участвуют активные аминогруппы, расположенные на поверхности волокон, именно этим и объясняется аналогичность изотерм сорбции. Кроме того, с увеличением концентрации ионов никеля в растворе, возрастает сорбционная способность волокна, что может быть связано с более вероятным взаимодействием ионов металла с активными центрами в растворе [12-13].

Десорбция осуществлялась дистиллированной водой и растворами 0,1 н соляной кислоты. Полученные изотермы десорбции указывают на преобладание процесса химической адсорбции, т.к. водой никель вымывается в очень малых количествах, основное же количество десорбируется с использованием раствора кислоты.

Рис. 1. Изотермы адсорбции-десорбции ионов никеля (II) модифицированными азотсодержащими волокнистыми адсорбентами

Fig. 1. Adsorption and desorption isotherms of nickel ions (II) with modified nitrogen containing fibers adsorbents

Изучение кинетики процесса сорбции ионов Ni²⁺ (рис. 2) показало, что максимальная часть ионов была сорбирована за двадцать минут протекания процесса, и дальнейшее увеличение продолжительности не оказывает существенного влияния на эффективность очистки. Такой характер кинетических кривых указывает на высокую скорость протекания процесса, и позволяет использовать волокнистые адсорбенты для очистки сточных вод гальванических производств с эффективностью очистки до 98%.

Рис. 2. Кинетические кривые адсорбции Ni^{2+} волокнистыми адсорбентами
Fig. 2. Kinetic curves of adsorption of Ni^{2+} fibrous adsorbents

В связи с тем, что сточные воды гальванопроизводства могут иметь различный состав и кислотность, представляло интерес исследование влияния pH на сорбцию ионов тяжелых металлов модифицированными волокнами. Для этого готовилась серия стандартных растворов иона никеля (II) с различными значениями активности иона водорода в интервале от 2 до 8.

При изучении влияния кислотности среды исследование проводили на модельных растворах, содержащих возрастающие концентрации ионов никеля(II) с 0,005 до 0,05 и до 0,5 г/л, поскольку при таком содержании Ni^{2+} достигаются высокие значения эффективности очистки. Процесс проводили в течение 24 часов при соотношении жидкой фазы к твердой, равном 100.

Согласно полученным данным (рис. 3-5), увеличение pH приводит к усилению адсорбционных свойств волокон. В сильно кислой среде (pH=1-3) эффективность очистки невелика, что может быть связано с протонированием аминогрупп.

Рис. 3. Зависимость эффективности очистки от pH раствора при исходной концентрации иона $Ni(II)$ 0,005 г/л
Fig. 3. The dependence of the cleaning efficiency on the pH solution at an initial concentration of $Ni(II)$ ion of 0.005 g/l

Рис. 4. Зависимость эффективности очистки от pH раствора при исходной концентрации иона никеля Ni(II) 0,05 г/л

Fig. 4. The dependence of the cleaning efficiency on the pH solution at an initial concentration of Ni (II) ion of 0.05 g/l

Увеличение исходной концентрации с 0,005 до 0,05 г/л приводит к смещению pH, при котором наблюдается максимальная эффективность очистки, в более кислую область. Аналогичная закономерность прослеживается и при возрастании исходной концентрации с 0,05 до 0,5 г/л. Такое закономерное изменение эффективности очистки может быть связано с подавлением процессов гидролиза ионов Ni^{2+} в более кислой среде.

Рис. 5. Зависимость эффективности очистки от pH раствора, $C_{Ni(II)}=0,5$ г/л

Fig. 5. The dependence of the cleaning efficiency on the pH solution, $C_{Ni(II)}=0,5$ g/l

Функциональные группы хемосорбентов находятся в OH^- -форме, при комплексообразовании с активными центрами, часть OH^- -групп переходит в раствор, тем самым увеличивая значение $pH_{равн}$. Максимум сорбции (более 90%) тяжелых металлов волокнистыми материалами приходится на кислотность модельного стока в диапазоне от 5 до 7.

Исследование влияния полимерной композиции на характер образующихся координационных центров при различных исходных значениях кислотности среды (исходная концентрация Ni^{2+} 0,05 г/л), показало уменьшение количества координируемого азота с возрастанием pH (табл. 2-4). Причем, при использовании в качестве адсорбента модифицированных ПВС и ПКА волокна до значения pH исходного раствора 4,2 ион никеля(II) координирует две закрепленных на поверхности волокна аминогруппы. При дальнейшем повышении pH соотношение иона никеля (II) и аминогрупп составляет 1:1. Соотношение N:Ni равное 2:1, наблюдается в случае применения модифицированного ГЦ-волокна только при низком значении pH, и дальнейшее увеличение pH снижает количество координируемого аминного азота.

Таблица 2

Сорбционная характеристика волокна N-ПВС

Table 2

Sorption characteristic of fiber N-PVS

№	Содержание аминного азота, масс. %	COE, ммоль/г	pH _о	pH _{равн}	CE _{Ni} , мг/г	n	N:Ni
1	3,56	2,54	2,2	2,9	3,3	0,224	2:1
2			3,6	4,8	4,4	0,269	2:1
3			4,2	6,3	12,3	0,173	2:1
4			5,3	7,1	12,5	0,146	1:1
5			6,9	7,4	13,3	0,034	1:1

Таблица 3

Сорбционная характеристика волокна N-ПКА

Table 3

Sorption characteristic of fiber N-PKA

№	Содержание аминного азота, масс. %	COE, ммоль/г	pH _о	pH _{равн}	CE _{Ni} , мг/г	n	N:Ni
1	4,97	3,55	2,2	2,7	3,0	0,183	2:1
2			3,6	4,9	4,8	0,27	2:1
3			4,2	6,3	9,5	0,22	2:1
4			5,3	7,0	11,9	0,143	1:1
5			6,9	7,4	12,5	0,042	1:1

Таблица 4

Сорбционная характеристика волокна N-ГЦ

Table 4

Sorption characteristic of fiber N-GTs

№	Содержание аминного азота, масс. %	COE, ммоль/г	pH _о	pH _{равн}	CE _{Ni} , мг/г	n	N:Ni
1	4,17	2,98	2,2	2,6	2,7	0,170	2:1
2			3,6	4,2	6,0	0,100	1:1
3			4,2	5,7	9,8	0,140	1:1
4			5,3	6,7	12,9	0,110	1:1
5			6,9	7,0	14,3	0,030	1:1

Необходимо отметить, что при адсорбции на поливинилспиртовом и поликапроамидном волокнистых адсорбентах колебание pH исходного и равновесного растворов наблюдается в одинаковом диапазоне, в то время как изменение pH при использовании гидратцеллюлозных волокон наблюдается в меньших пределах.

Одним из показателей, характеризующих адсорбент, является его селективность [14]. Поскольку в сточных водах помимо иона Ni²⁺ могут содержаться ионы других тяжелых металлов, в частности Zn (II) и Cu (II), то целесообразно было исследовать селективность адсорбентов по отношению к иону никеля (II) в их присутствии.

При оценке селективности было выявлено влияние матричного полимерного эффекта на процессы сорбции. Так при исследовании селективности по отношению к иону Ni (II) в присутствии ионов Zn (II) адсорбента на основе поливинилспиртового волокна влияние ионов цинка(II) возрастает с увеличением его концентрации в растворе, причем при низких концентрациях ион Zn (II) не оказывает влияния на эффективность процесса (рис. 6). Такая особенность может быть связана с достаточным количеством активных центров, необходимых для протекания процессов сорбции как ионов Ni(II), так и ионов Zn(II). При увеличении их концентрации сказывается конкурирующее влияние Zn²⁺. Таким образом, адсорбент на основе поливинилспиртовых волокон не обладает селективностью по отношению к иону Ni (II) в присутствии иона Zn (II).

Изучение селективных свойств модифицированного поликапроамидного волокна выявило конкурирующее влияние иона Zn^{2+} в концентрациях превышающих 0,15 г/л, что также можно объяснить снижением доступности функционально-активных групп в присутствии ионов Zn^{2+} .

Добавление иона Zn^{2+} к Ni^{2+} при адсорбции на азотсодержащем гидратцеллюлозном волокне приводит к значительному снижению эффективности процесса, что указывает на более высокую селективность адсорбента по отношению к иону Zn^{2+} [15].

Рис. 6. Кривые зависимости эффективности очистки от Ni^{2+} в присутствии Zn^{2+} , $[Ni^{2+}]:[Zn^{2+}]=1:1$
Fig. 6. Cleaning efficiency constraint curves from Ni^{2+} at presence Zn^{2+} , $[Ni^{2+}]:[Zn^{2+}]=1:1$

Параллельно было изучено конкурирующее влияние иона меди (II) на адсорбцию Ni^{2+} . Как известно, ионы меди (II) имеют более высокую координационную активность по сравнению с Ni^{2+} [16-20]. Полученные данные, представленные на рис. 7, позволяют сделать вывод о том, что присутствие Cu^{2+} приводит к значительному снижению эффективности очистки модельных стоков от ионов никеля (II).

Из всех изученных, только адсорбент на основе поликапроамидного волокна в равной степени извлекает и ионы меди (II) и ионы никеля (II) из раствора в концентрациях, не превышающих 0,05 г/л. Адсорбенты на основе гидратцеллюлозного и поливинилспиртового волокна эффективнее адсорбируют ионы Cu^{2+} , чем ионы никеля во всех диапазонах концентрации.

Рис. 7. Кривые зависимости эффективности очистки от Ni^{2+} в присутствии Cu^{2+} , $[Ni^{2+}]:[Cu^{2+}]=1:1$
Fig. 7. Cleaning efficiency constraint curves from Ni^{2+} at presence Cu^{2+} , $[Ni^{2+}]:[Cu^{2+}]=1:1$

Таким образом, адсорбенты проявляют селективность по отношению к иону Ni^{2+} в присутствии ионов Zn^{2+} при концентрации до 0,05 г/л и не проявляют избирательность в присутствии ионов Cu^{2+} .

Выводы

Исследован процесс адсорбции ионов никеля из модельных стоков на волокнистых азотсодержащих адсорбентах, имеющих различную полимерную матрицу. Установлен хемосорбционный механизм мономолекулярной адсорбции для всех трех типов исследованных адсорбентов. Величина предельной адсорбции находится в диапазоне 80-100 мг/г. Показано, что в процессе сорбции главным образом, участвуют активные аминогруппы, расположенные на поверхности волокон. Максимум сорбции Ni^{2+} волокнистыми материалами приходится на кислотность модельного стока в диапазоне от 5 до 7. Адсорбция протекает с высокой скоростью, равновесие в системе «раствор-адсорбент» устанавливается за 20 мин. Адсорбенты проявляют селективность по отношению к иону Ni^{2+} в присутствии ионов Zn^{2+} и не проявляют избирательность в присутствии ионов Cu^{2+} . Проведенные исследования и полученные данные позволяют рекомендовать азотсодержащие адсорбенты для локальной очистки сточных вод от ионов Ni^{2+} .

Литература

1. Современные технологии очистки сточных вод гальванических производств / А.А. Поворов, В.Ф. Павлова, Н.А. Шиненкова, О.Ю. Логунов // Водоочистка. 2009. №10. С. 34 – 36.
2. Снижение отрицательного воздействия сточных вод гальванических производств на окружающую среду / С.В. Пестриков, Е.Н. Сапожникова, Н.Н. Красногорская // Успехи современного естествознания. 2006. №6. С. 42 – 44.
3. Sorption of Cd(II) and Pb(II) from aqueous solutions onto agave americana fibers / A.M.B. Hamissa, A. Lodi, M. Seffen, E. Finocchio, R. Botter, A. Converti // Chemical Engineering Journal. 2010. V. 159. P. 67 – 74.
4. Sharma R.K. Synthesis and characterization of graft copolymers of N-Vinyl-2-Pyrrolidone onto guar gum for sorption of Fe(II) and Cr(VI) ions // Carbohydrate Polymers. 2011. V. 83. P. 29 – 36.
5. Взаимное влияние ионов переходных металлов на физико-химические параметры их сорбции на хелатообразующих сорбентах / Л.К. Неудачина, А.В. Пестов, Н.В. Баранова, В.А. Старцев // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. №5. С. 779 – 788.
6. Модифицирование полимерных материалов – некоторые фундаментальные и прикладные аспекты / Л.С. Гальбрайх, Т.В. Дружинина, Л.С. Слеткина, Л.В. Редина, Г.А. Вихорева, Т.Н. Юданова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. №7. С. 99 – 103.
7. Druzhinina T.V. Sorptive polymers based on modified fibers // Fibre Chemistry. 2012. Т. 44. №4. С. 204 – 209.
8. Farooq U. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents –A review of recent literature / U. Farooq, J.A. Kozinski, M.A. Khan, M. Athar // Bioresource Technology. 2010. 101. P. 5043 – 5053.
9. Garcia-Rosales G. Biosorption of lead by maize (Zea mays) stalk sponge / G. Garcia-Rosales, A. Colin-Cruz // Journal of Environmental Management. 2010. V. 91. P. 2079 – 2086.
10. Процессы комплексообразования в фазе полиамфолитов при сорбции ионов никеля из сложных многокомпонентных растворов / М.Ю. Хазель, В.Ф. Селеменов, О.В. Слепцова, Н.В. Соцкая // Вестник ВГУ, Серия: химия, биология, фармация. 2008. №1. С. 55 – 62.
11. Шайхиев И.Г. Удаление ионов кобальта высоких концентраций из модельных растворов с использованием экстрактов из отходов переработки Pisum Sativum / И.Г. Шайхиев, С.В. Степанова, С.В. Свергузова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 159 – 165.
12. Состояние проблемы сорбционной очистки воды от тяжелых металлов / Н.Т. Кахраманов, Р.Ш.Г. Гаджиева, А.М. Гулиев, М.М.Г. Агагусейнова // Вода: химия и экология. 2013. №6 (60). С. 40 – 52.
13. Biosorption of heavy metals in polluted water, using different waste fruit cortex / K. Kelly-Vargas, M. Cerro-Lopez, S. Reyna-Tellez, E.R. Bandala, J. L. Sanchez-Salas // Physics and Chemistry of the Earth. 2012. V. 37. P. 26 – 29.
14. Sorption of heavy metal ions from aqueous solutions: a review / G. Zhao, X. Wu, X. Tan, X. Wang // The Open Colloid Sci. J. 2011. V. 4. P. 19 – 31.
15. Nickel (II) biosorption by Casia fistula biomass / M.A. Hanif, R. Nadeem, M.N. Zafar, K. Aktar, H.N. Bhatti // J. Hazard. Mater. 2007. V. 139 (2). P. 345 – 355.
16. Абалдуева Е.В., Смоленская Л.М. Использование волокон в качестве сорбентов для ионов никеля (II) и получение фибробетонов на их основе // Технологии бетонов. 2012. №5-6. С. 44 – 45.
17. Bayo J. Kinetic studies for Cd(II) biosorption from treated urban effluents by native grapefruit biomass (Citrus paradisi L.): The competitive effect of Pb(II), Cu(II) and Ni(II) // Chem. Eng. J. 2012. V. 191. P. 278 – 287.
18. Removal of copper from aqueous solution using newspaper pulp as an adsorbent / S. Chakravarty, S. Pimple, S. Hema, T. Chaturvedi, S. Singh, K.K. Gupta // J. Hazard. Mater. 2008. V. 159(2). P. 396 – 403.

19. Sorption of copper (II) ion from aqueous solution by *Tectona grandis* L.F. (teak leaves powder) / P. King, P. Srinivasa, Y.P. Kumar, V.S.K.R. Prasad // *J. Hazard. Mater.* 2006. V. 136 (3). P. 560 – 566.
20. Adsorption of copper on rubber (*Hevea brasiliensis*) leaf powder: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies / W.S.W. Ngah, M.A.K.M. Hanafiah // *Biochem. Eng. J.* 2008. V. 39 (3). P. 521 – 530.

References

1. Povorov A.A., Pavlova V.F., Shinenkova N.A., Logunov O.Ju. *Sovremennye tehnologii ochistki stochnyh vod gal'vanicheskikh proizvodstv. Vodoочистка.* 2009. 10. P. 34 – 36. (rus)
2. Pestrikov S.V., Sapozhnikova E.N., Krasnogorskaja N.N. *Snizhenie otricatelnogo vozdejstviya stochnyh vod gal'vanicheskikh proizvodstv na okruzhajushhiju sredu. Uspehi sovremennogo estestvoznaniya.* 2006. 6. P. 42 – 44. (rus)
3. Hamissa A.M.B., Lodi A., Seffen M., Finocchio E., Botter R., Converti A. Sorption of Cd(II) and Pb(II) from aqueous solutions onto agave americana fibers. *Chemical Engineering Journal.* 2010. 159. P. 67 – 74.
4. Sharma R.K. Synthesis and characterization of graft copolymers of N-Vinyl-2-Pyrrolidone onto guar gum for sorption of Fe(II) and Cr(VI) ions. *Carbohydrate Polymers.* 2011. 83. P. 29 – 36.
5. Neudachina L.K., Pestov A.V., Baranova N.V., Starcev V.A. *Vzaimnoe vlijanie ionov perehodnyh metallov na fiziko-himicheskie parametry ih sorbcii na helatoobrazujushhih sorbentah. Sorbcionnye i hromatograficheskie processy.* 2012. 12 (5). P. 779 – 788. (rus)
6. Gal'braj L.S., Druzhinina T.V., Sletkina L.S., Redina L.V., Vihoreva G.A., Judanova T.N. *Modificirovanie polimernyh materialov – nekotorye fundamental'nye i prikladnye aspekty. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* 2011. 7. P. 99 – 103. (rus)
7. Druzhinina T.V. Sorptive polymers based on modified fibers. *Fibre Chemistry.* 2012. 44 (4). S. 204 – 209.
8. Farooq U., Kozinski J.A., Khan M.A., Athar M. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents – A review of recent literature. *Bioresource Technology.* 2010. 101. P. 5043 – 5053.
9. Garcia-Rosales G., Colin-Cruz A. Biosorption of lead by maize (*Zea mays*) stalk sponge. *Journal of Environmental Management.* 2010. 91. P. 2079 – 2086.
10. Hazel' M.Ju., Selemenov V.F., Slepčova O.V., Sockaja N.V. *Processy kompleksobrazovaniya v faze poliamfolitov pri sorbcii ionov nikelja iz slozhnyh mnogokomponentnyh rastvorov. Vestnik VGU, Serija: himija, biologija, farmacija.* 2008. 1. P. 55 – 62. (rus)
11. Shajhiev I.G., Stepanova S.V., Sverguzova S.V. *Udalenie ionov kobal'ta vysokih koncentracij iz model'nyh rastvorov s ispol'zovaniem jekstraktov iz othodov pererabotki Pisum Sativum. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova.* 2016. 7. P. 159 – 165. (rus)
12. Kahramanov N.T., Gadzhieva R.Sh.G., Guliev A.M., Agagusejnova M.M.G. *Sostojanie problemy sorbcionnoj ochistki vody ot tjazhelyh metallov. Voda: himija i jekologija.* 2013. 6 (60). P. 40 – 52. (rus)
13. Kelly-Vargas K., Cerro-Lopez M., Reyna-Tellez S., Bandala E.R., Sanchez-Salas J. L. Biosorption of heavy metals in polluted water, using different waste fruit cortex. *Physics and Chemistry of the Earth.* 2012. 37. P. 26 – 29.
14. Zhao G., Wu X., Tan X., Wang X. Sorption of heavy metal ions from aqueous solutions: a review. *The Open Colloid Sci. J.* 2011. 4. P. 19 – 31.
15. Hanif M.A., Nadeem R., Zafar M.N., Aktar K., Bhatti H.N. *Nikel (II) biosorption by Casia fistula biomass. J. Hazard. Mater.* 2007. 139 (2). P. 345 – 355.
16. Abaldueva E.V., Smolenskaja L.M. *Ispol'zovanie volokon v kachestve sorbentov dlja ionov nikelja (II) i poluchenie fibrobetonov na ih osnove. Tehnologii betonov.* 2012. 5-6. P. 44 – 45. (rus)
17. Bayo J. Kinetic studies for Cd(II) biosorption from treated urban effluents by native grapefruit biomass (*Citrus paradisi* L.): The competitive effect of Pb(II), Cu(II) and Ni(II). *Chem. Eng. J.* 2012. 191. P. 278 – 287.
18. Chakravarty S., Pimple S., Hema S., Chaturvedi T., Singh S., Gupta K.K. Removal of copper from aqueous solution using newspaper pulp as an adsorbent. *J. Hazard. Mater.* 2008. 159 (2). P. 396 – 403.
19. King P., Srinivasa P., Kumar Y.P., Prasad V.S.K.R. Sorption of copper (II) ion from aqueous solution by *Tectona grandis* L.F. (teak leaves powder). *J. Hazard. Mater.* 2006. 136 (3). P. 560 – 566.
20. Ngah W.S.W., Hanafiah M.A.K.M. Adsorption of copper on rubber (*Hevea brasiliensis*) leaf powder: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Biochem. Eng. J.* 2008. 39 (3). P. 521 – 530.

*Smolenskaya L.M. *, Candidate of Chemical Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Rybina S.Yu., Postgraduate,
Rybin V.G., Master Student,
Litvin P.V., Master Student,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia*
*Corresponding author E-mail: pe@intbel.ru

STUDY OF SORPTION OF NICKEL ION WITH FIBROUS ADSORBENTS

Abstract: technological processes of processing of metal products and galvanic production are characterized by large volumes of wastewater containing ions of heavy metals, in particular as a result of Nickel plating products in wastewater in the predominant amount fall ions Ni^{2+} . To assess the possibility of removing pollution from this type of wastewater, the process of adsorption purification of model Nickel-containing wastewater was investigated. As adsorbents modified nitrogen-containing polyvinyl alcohol, polycaproatamide, hydrocellulose fiber were used. Modification of this type of fibers allows fixing functionally active groups on the surface of adsorbent. It is established that the fibrous adsorbents have a high adsorption capacity towards Nickel ion(II), the magnitude of adsorption is in the range of 80-100 mg/g. The predominant mechanism is monomolecular chemisorption. Adsorption proceeds at high speeds, the balance is achieved in the first 20 minutes of the process. The effect of pH on complex formation in the phase of adsorbents is revealed. It is shown that in a strongly acidic medium the purification efficiency is small, the increase in pH leads to increased adsorption properties of fibers. The optimal value of the acidity of the solution are pH values above 5. A decrease in the amount of coordinated nitrogen with an increase in pH was determined. In assessing the selectivity of fibers with respect to Ni^{2+} in the presence of Zn^{2+} and Cu^{2+} , the influence of matrix polymer effect was revealed. Adsorption on polyvinyl alcohol and polycaproatamide fibers showed that the influence of zinc ions(II) on the adsorption of Nickel (II) increases with its concentration in the solution, and hydrate cellulose fiber has a higher selectivity with respect to Zn^{2+} ion. The presence of Cu^{2+} leads to a significant decrease in the efficiency of model wastewater treatment from Nickel ions (II) on all types of adsorbents studied.

Keywords: adsorption, fibrous adsorbents, heavy metal ions, sorption capacity, complexation, adsorbent selectivity

Для цитирования: Смоленская Л.М., Рыбина С.Ю., Рыбин В.Г., Литвин П.В. Исследование сорбции ионов никеля волокнистыми адсорбентами // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 12 – 20. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-12-20

For citation: Smolenskaya L.M., Rybina S.Yu., Rybin V.G., Litvin P.V. Study of sorption of nickel ion with fibrous. Construction Materials and Products. 2018. 1 (1). P. 12 – 20. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-12-20

Поступила в редакцию 17 декабря 2017 г.
Принята в доработанном виде 6 февраля 2018 г.
Одобрена для публикации 26 февраля 2018 г.

Received: December 17, 2017.
Revised: February 6, 2018.
Accepted: February 26, 2018.