

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.18.46.011

УДК 544.723.212

© Ю.С. Мирошниченко, Т.Н. Мясоедова, В.А. Гаджиева, 2021

Ю.С. МИРОШНИЧЕНКО

ассистент

Южный федеральный университет, г. Таганрог

e-mail: yuliya_pogotova@mail.ru



Т.Н. МЯСОЕДОВА

канд. техн. наук,

ведущий научный сотрудник

Южный федеральный университет, г. Таганрог

e-mail: ntn_79@mail.ru



В.А. ГАДЖИЕВА

младший научный сотрудник

Южный федеральный университет, г. Таганрог

e-mail: fisa186@yandex.ru



ОЧИСТКА МЕДЬСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Представлены результаты применения гуминовых веществ для очистки промывных вод гальванического производства от ионов меди (II). Подобраны оптимальные параметры процесса очистки до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК). Рассмотрена возможность регенерации отработанного сорбента кислотами с последующим его использованием для доочистки сточных вод от ионов меди (II). Предложена технологическая схема очистки сточных вод с применением гуминовых веществ.

Ключевые слова: ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА, ГУМАТЫ, ПРИРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ, ОЧИСТКА, СТОЧНЫЕ ВОДЫ, МЕДЬ, ДЕСОРБЦИЯ.

Одними из самых опасных поллютантов для живых организмов являются тяжелые металлы. Они достаточно легко попадают из загрязненной почвы и воды по пищевым цепям в организм человека, вызывая мутации и изменения в функционировании органов. Загрязнение биосферы происходит из разных

источников. К основным источникам относятся: предприятия черной и цветной металлургии (промышленные стоки, загрязняющие поверхностные воды), машиностроения (гальванические ванны меднения, никелирования, хромирования, кадмирования), заводы по переработке аккумуляторных батарей, автомо-

бильный транспорт. Наиболее опасными являются сточные воды гальванических цехов. Многие предприятия, использующие процессы гальванического нанесения покрытий, до сих пор используют устаревшие и уже неэффективные процессы очистки, иногда очистные сооружения и вовсе отсутствуют. Сточные воды промывных ванн после нанесения покрытия могут содержать в себе концентрацию тяжелых металлов не более 200 мг/л; тогда как в периодически сбрасываемых сточных водах ванн нанесения покрытий (экстренные сбросы) концентрация загрязняющих веществ может достигать 10000 мг/л. Следовательно, очистка сточных вод промышленных предприятий требует особого контроля, особенно это касается вод, сбрасываемых в природные водоемы.

Для уменьшения сброса сточных вод в водоемы можно использовать очищенные сточные воды в обороте предприятия. Возможна организация замкнутого водооборота гальванического производства с возвратом до 80–95 % использованной воды, что экологически и экономически выгодно. Но этот способ дальнейшего использования сточной воды также требует модернизации очистных сооружений, применения новых методов очистки и жесткого контроля очистки сточных вод [1–3].

Существуют различные методы очистки сточных вод, выбор которых зависит от концентрации и свойств загрязняющих веществ, от необходимости повторного использования воды на производстве или возвращении воды в водоем, необходимой степени очистки и других факторов. В настоящее время среди методов очистки сточных вод лидирующие позиции занимает сорбционный метод. Он удобен для многих предприятий из-за простоты в аппаратном использовании. Также его удобство заключается в том, что данный метод может применяться как самостоятельно, так и вместе с другими методами на различных стадиях очистки (предварительной или глубокой), кроме того, как правило, он экономически выгоден и безопасен. Необходимо только правильно подобрать сорбент.

Рынок сорбентов в настоящий момент раз-

нообразен. Одними из самых часто используемых сорбентов остаются активные угли. Но, несмотря на высокую эффективность, они отличаются высокой стоимостью. Относительно новым направлением является получение сорбентов из отходов [4–8]. Именно к таким сорбентам относят гуминовые вещества.

Гуминовые вещества образуются из растительных и микробных остатков под многолетним воздействием на них микроорганизмов и окружающей среды. Одним из главных источников гуминовых веществ является бурый уголь (отходы бурого угля). На территории РФ имеются огромные запасы бурого угля. Разведанные залежи угля на сегодняшний день составляют около 193,3 млрд т, из них порядка 101,2 млрд т — бурый уголь [9]. Таким образом, переработка отходов бурого угля, а также его использование для получения гуминовых веществ (в виду низкой теплотворной способности и возможности к самовозгоранию) являются перспективным направлением в области зеленой химии. То есть будет достигнуто комплексное использование угля и произойдет увеличение добавленной стоимости угольной продукции (Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2014 года)) [10].

Долгое время гуминовые вещества использовались только в качестве удобрений в сельском хозяйстве [11–13]. Однако в настоящее время область применения гуминовых веществ расширяется. Благодаря наличию большого числа функциональных групп (карбонильные, карбоксильные, гидроксильные группы и ароматические фрагменты), гуминовые вещества характеризуются высокой реакционной способностью к различным поллютантам [14–16].

Ранее в работе [17] были представлены результаты исследования сорбционной способности гуминовых веществ («Гумат-Байкал» и «Гумат-ГК» ООО «АгроТех», г. Иркутск) по отношению к ионам тяжелых металлов на модельных растворах, содержащих ионы меди (II) и свинца (II). Установлено, что элементный состав гуматов включает магний, алюминий, кремний, хлор, серу, кальций и железо, а также

большое количество кислорода, что свидетельствует об их пористости. «Гумат-Байкал» содержит калий, у него выше содержание натрия, а содержание кальция ниже, чем в образце «Гумат-ГК». Кальций отвечает за образование кальциевой фазы, наличие которой снижает растворимость и активность сорбента. В виду этого сорбент «Гумат-ГК» имеет более низкую растворимость, что подтверждается экспериментально. После сорбции ионов меди (II) число определяемых элементов и их количественное содержание значительно уменьшается, что подтверждает ионообменный механизм сорбции.

Показано, что изучаемые гуматы способны эффективно очищать высококонцентрированные модельные растворы, содержащие ионы меди (II) и свинца в количестве 300–900 мг/л с эффективностью 90–93 %. Сорбционная емкость по меди (II) в статических условиях для сорбента «Гумат-Байкал» составляет 122 мг/г, для сорбента «Гумат-ГК» составляет 58 мг/г. Определены оптимальные параметры сорбции — время сорбции 1 час, температура $20 \pm 2^\circ \text{C}$, pH 3,0–6,0. Таким образом, установлено, что гуматы способны эффективно извлекать ионы меди (II) и свинца (II) из модельных растворов. Сорбция ионов меди (II) гуматами предположительно происходит через образование дикарбоната меди ($\text{Cu}(\text{CO})_2$) по ионообменному механизму [17].

В данной работе представлены результаты исследования сорбционной способности гуминовых веществ по отношению к ионам меди (II), содержащимся в промывных водах гальванического производства.

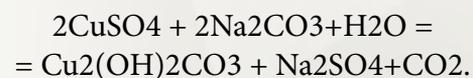
Отбор проб сточных вод осуществлялся в соответствии с ПНД Ф 12.15.1-08 [18]. Остаточная концентрация ионов меди (II) контролировалась йодометрическим методом [19].

Степень извлечения ионов меди (II) вычисляли по формуле (1), %:

$$\alpha = (C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}}) / C_{\text{исх}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $C_{\text{исх}}$ — исходная концентрация ионов меди (II) в пробе, мг/л; $C_{\text{ост}}$ — остаточная концентрация ионов меди (II) в пробе после сорбции, мг/л.

Содержание ионов меди (II) в промывной сточной воде составляло 330 ± 16 мг/л, а сами воды характеризовались как сильно кислые pH 1,0. При этом ранее [15] в ходе экспериментов, проделанных на модельных растворах, было установлено, что гуминовые вещества эффективно извлекают тяжелые металлы из воды при величине pH ≥ 3 . Исходя из этого, на начальном этапе производилось подщелачивание сточной воды карбонатом натрия до pH = 4,0. При данной величине pH ионы Cu_2^+ находятся в растворах в форме $\text{Cu}(\text{OH})^+$. При этом происходит частичная нейтрализация и реагентное выделение ионов меди (II) по реакции:



После отделения выпавшего осадка путем фильтрования концентрация ионов меди (II) в сточной воде составила 300 ± 15 мг/л, а pH повысился до 5. Далее для подбора оптимальной дозы сорбента в емкости, содержащие 100 мл сточной воды вносили сорбент «Гумат-Байкал», в количестве 2 г/л, 4 г/л и 6 г/л, перемешивали в течение 15 минут и осуществляли сорбцию в статических условиях в течение 45 мин. При этом наблюдалось снижение способности к разделению гуматсодержащей фазы и анализируемой воды с увеличением дозы гумата. Разделение осуществлялось фильтрованием с последующим измерением остаточной концентрации ионов меди (II) и величины pH. В результате было показано, что при концентрации сорбента равной 6 г/л не происходит разделение фаз, в связи с чем далее для проведения экспериментов были выбраны дозы 2 и 4 г/л.

В результате сорбции произошло снижение концентрации ионов меди (II) до 50 ± 3 и 20 ± 1 г/л, что соответствует степени очистки 83 и 92 % для доз сорбента 2 и 4 г/л. При этом, pH сточной воды после сорбции был равен 7. Ввиду того, что остаточная концентрация не соответствуют существующим нормативам по сбросу сточных вод в водоемы и нормативам по использованию в водообороте предприятия, очищенная вода подвергалась даль-

нейшей обработке. Процесс осуществляли внесением сорбента с концентрацией 0,5, 1 и 2 г/л и последующей сорбцией в статических условиях. При этом было выявлено, что разделение гуматсодержащей фазы и очищенной воды затруднено в случае с внесением сорбента 2 г/л в очищаемую воду, а также 1 г/л в воду с исходной концентрацией меди (II) равной 20 ± 1 мг/л.

В ходе экспериментов установлено, что для воды с начальной концентрации ионов меди (II) равной 50 ± 3 мг/л эффективность ее извлечения не зависит от дозы гумата и составляет 83–85 %. При этом рН сточной воды после сорбции достиг 7,0. Для начальной концентрации ионов меди (II) равной 20 ± 1 мг/л и дозе сорбента 0,5 г/л эффективность очистки составила 20 %, а величина рН сточной воды после сорбции повысилась до 8,0.

После двух ступеней очистки степень извлечения ионов меди (II) достигла 95 %, остаточная концентрация составила 17 ± 1 мг/л.

В результате установлено, что для первого этапа очистки оптимальными дозами сорбента являются 2 и 4 г/л, для второго этапа 0,5 г/л. Однако для первого этапа экономически выгоднее использовать дозу сорбента 2 г/л.

Также полученные результаты свидетельствуют о том, что два этапа очистки не позволяют достичь концентрации ионов меди (II), допустимой для сброса сточной воды в водоем или для ее использования в водообороте предприятия. Очищенную воду подвергали третьей ступени очистки.

В таблице 1 представлены результаты трех ступеней очистки сточной воды сорбентом «Гумат-Байкал» от ионов меди (II).

Таблица 1

Параметры процесса очистки сточной воды сорбентом «Гумат-Байкал» от ионов меди (II)

	I этап	II этап	III этап
Доза гумата ($C_{\text{гумата}}$, г/л)	2	0,5	0,5
Объем раствора ($V_{\text{р-ра}}$, мл)	100	60	40
Исходная концентрация ионов меди (II) ($C_{\text{нач}}$, мг/л)	300 ± 15	50 ± 3	$11 \pm 0,5$
Остаточная концентрация ионов меди (II) ($C_{\text{ост}}$, мг/л)	50 ± 3	$11 \pm 0,5$	$\leq 0,96 \pm 0,05$
Степень извлечения (α), %	83	76	91
рН	7,0	7,0	8,0

Концентрация ионов меди (II) после трех ступеней очистки снизилась с 300 мг/л до 0,96 мг/л, что соответствует степени извлечения 99,6 %. Данный способ очистки позволил уменьшить содержание тяжелых металлов в сточной воде до уровня ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК = 1 мг/л).

Далее в качестве сорбента были использован «Гумат-ГК», результаты эксперимен-

та представлены в таблице 2. В результате установлено, что «Гумат-ГК» имеет меньшую сорбционную активность по отношению к ионам (II), чем сорбент «Гумат-Байкал» (это также наблюдалось и на модельных растворах [17]). Ввиду этого для достижения требуемой эффективности осуществляли четырехступенчатую очистку. Результаты, полученные в ходе очистки сточной воды гальванического производства представлены в таблице 2.

Таблица 2
 Параметры процесса очистки сточной воды сорбентом «Гумат-ГК» от ионов меди (II)

	I этап	II этап	III этап	IV этап
Доза гумата ($C_{\text{гумата}}$, г/л)	2	0,5	0,5	0,6
Объем раствора ($V_{\text{р-ра}}$, мл)	100	60	40	25
Исходная концентрация ионов меди (II) ($C_{\text{нач}}$, мг/л)	300±15	150±8	90±5	50±3
Остаточная концентрация ионов меди (II) ($C_{\text{ост}}$, мг/л)	150±8	90±5	50±3	16±0,8
Степень извлечения (α), %	48	39	44	68
pH	5,6	5,7	5,7	5,7

Остаточная концентрация ионов меди (II) в результате четырехступенчатой очистки составила 16±0,8 мг/л, что соответствует эффективности равной 94 %. Однако, снизить концентрацию ионов меди (II) до уровня ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не удалось. Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что наиболее эффективно применять «Гумат-Байкал».

Использование сорбционного метода очистки сточных вод является более рациональным, если возможна регенерация сорбента. Способ регенерации сорбента подбирается в каждом конкретном случае и зависит от свойств сорбента и сорбируемого вещества, технико-экономических показателей и степени очистки. Установлено, что добиться полной регенерации сорбента невозможно, но даже частичная регенерация может быть экономически выгодна.

Рассмотрена возможность регенерации отработанного сорбента дистиллированной водой и кислотами: HCl, HNO₃ и H₂SO₄. Отработанный сорбент промывался дистиллированной водой и растворами кислот с концентрацией 0,01 М. Затем отбирались пробы для измерения концентрации десорбированных ионов меди (II). В ходе экспериментов установлено, что десорбция дистиллированной водой не происходит, а все кислоты являются элюентами для регенерации сорбентов «Гумат-Байкал» и «Гумат-ГК». Десорбция ионов меди (II) кислотами показана на рисунке 1.

Степень десорбции ионов меди (II) из образца «Гумат-Байкал» кислотами HNO₃ и H₂SO₄ составила 82 % и 100 %, соответственно. Самая высокая степень десорбции ионов меди (II) из образца «Гумат-ГК» составила 55 % для серной кислоты.

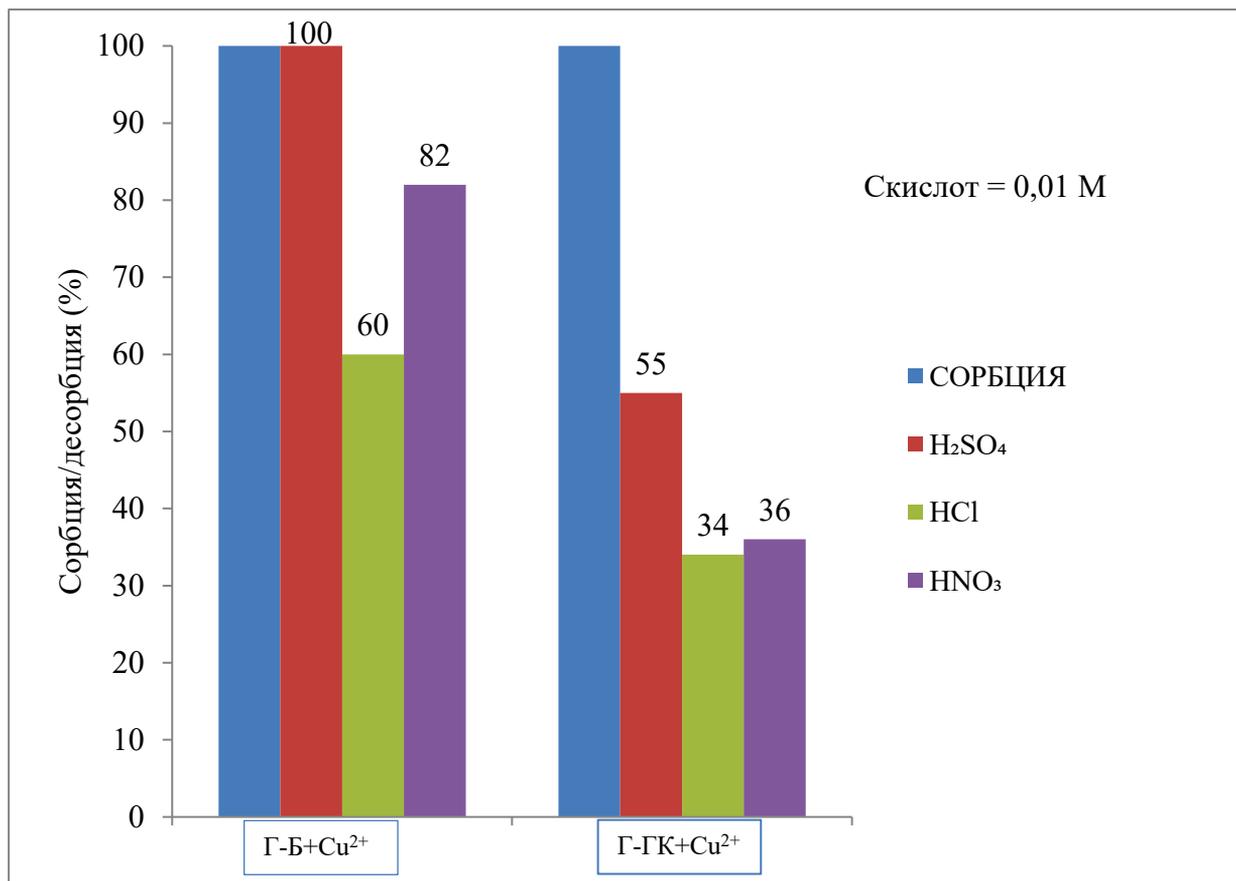


Рис. 1. Десорбция ионов меди (II) из сорбентов «Гумат-Байкал» и «Гумат-ГК» различными элюентами

Далее проводились эксперименты по вторичному использованию сорбентов после регенерации (таблица 3).

Таблица 3

Результаты использования сорбентов после регенерации кислотами

Доза гумата, (C _{гумата} , г/л)	Исходная концентрация ионов меди (II), мг/л	Остаточная концентрация ионов меди (II), мг/л	Степень извлечения (α), %
Гумат-Байкал+Cu ²⁺ , обработка H ₂ SO ₄			
2	320±16	275±14	16
	102±5	64±3	37
	52±3	26±1	51
	35±2	16±0,8	57
	9±0,5	4±0,2	56
Гумат-Байкал+Cu ²⁺ , обработка HNO ₃			
2	320±16	300±300	6
2	102±5	90±5	9
4	102±5	67±3	34

Для проведения экспериментов по повторному использованию были выбраны сорбенты с наилучшими результатами десорбции: «Гумат-Байкал» после обработки серной кислотой и «Гумат-Байкал» после обработки азотной кислотой. Установлено, что степень извлечения ионов меди (II) при одинаковой массе сорбента и начальной концентрации тяжелых металлов зависит от степени десорбции сорбента.

Сорбент после обработки серной кислотой может снижать концентрацию ионов меди (II) в сточных водах на 51–57 % при ее исходной концентрации ≥ 52 мг/л и дозе сор-

бента ~ 2 г/л. После обработки азотной кислотой наибольшая степень извлечения составляла 34 % при дозе сорбента ~ 4 г/л.

Анализируя эксперименты, проведенные ранее на сточной воде, сорбент после регенерации может быть использован для доочистки сточных вод на втором/третьем этапах очистки, что позволит уменьшить стоимость очистки и повысить экологичность метода.

На основании полученных экспериментальных данных предложена технологическая схема очистки промывных вод гальванического производства от ионов меди (II) сорбентом «Гумат-Байкал» (рисунок 2).

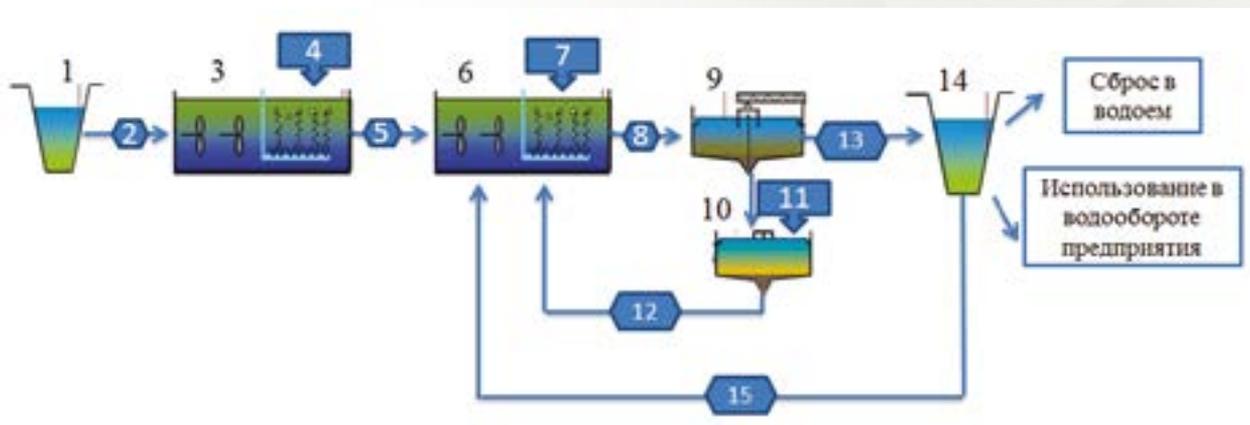


Рис. 2. Технологическая схема очистки сточной воды сорбентами на основе гуминовых веществ:

1, 7, 14 — емкости со сточной водой; 2, 5, 8, 11, 12, 13, 15 — насосы;

3, 6, 10 — реакторы для перемешивания и десорбции; 4, 7, 11 — резервуары с реагентами, 9 — фильтр

Из емкости 1 загрязненная ионами меди (II) сточная вода подается насосом 2 в реактор с перемешивающим устройством 3, из резервуара 4 подается Na_2CO_3 для установления оптимально рН сточной воды, после наступления равновесия насосом 5 в реактор с перемешивающим устройством 6 подается расчетное количество гумата из резервуара 7. В реакторе 6 происходит сорбция в статических условиях. После этого вода насосом 8 подается на фильтр 9, после фильтрации отработанный сорбент сбрасывается в реактор 10. В реакторе 10 происходит регенерация отработанного сорбента. Серная кислота из резервуара 11 подается в реактор 10. После десорбции сорбент готов к повторной работе и может использоваться для второй/третьей

ступени очистки. После реактора 10 сорбент насосом 12 подается в реактор 6, для второй/третьей ступени очистки. После фильтра 9 очищенная сточная вода насосом 13 подается в емкость 14, где производится замер остаточной концентрации сточной воды. Если очищенная сточная вода не требует доочистки, то она сбрасывается в водоем или используется в водообороте предприятия. Если сточная вода требует доочистки, то вода при помощи насоса 15 подается в реактор 6.

Полученные результаты показывают, что гуминовые вещества являются эффективными сорбентами для извлечения ионов меди (II) из сточных вод гальванических производств, степень очистки составила 99,6 %. Также установлено, что отработанный сор-

бент может успешно регенерироваться и применяться повторно. Представлена технологическая схема очистки гуминовыми веществами сточных вод. Таким образом, установлено, что данные природные сорбенты могут успешно использоваться для очистки медьсодержащих сточных вод гальванического производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очистка сточных вод. Сточные воды гальванических производств [Электронный ресурс]: URL: <https://www.mfmc.ru/about/articles/ochistka-stochnykh-vod-stochnye-vody-galvanicheskikh-proizvodstv/> (дата обращения: 05.09.2021).
2. Поворов А.А., Павлова В.Ф., Шиненкова Н.А., Корнилова Н.В., Бекин И.В. Комплексная мембранная технология очистки сточных вод гальванических производств с обеспечением замкнутого водооборота // Экспокоатинг. 2016. [Электронный ресурс]: URL: <http://zaobmt.com/index.php/articles/152-galvanic-paper.html/> (дата обращения: 15.08.2021).
3. Винокуров Е.Г., Гусева Т.В. Гальваническое производство в России: оценочный подход, задачи повышения ресурсной и экологической эффективности // Технология металлов. 2020. № 7. С. 2–6.
4. Чиркова В.С., Собгайда Н.А., Рзазаде Ф.А. Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 20. С. 263–266. [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbenty-na-osnove-othodov-agropromyshlennogo-kompleksa-dlya-ochistki-stochnykh-vod/viewer> (дата обращения: 15.08.2021).
5. Тимонина А.В., Пушкарева К.И., Осокин В.М., Сомин В.А. Использование модифицированной лузги подсолнечника для очистки медь содержащих стоков // Педагогическое образование на Алтае. 2014. № 2. С. 18–19.
6. Митрикова Т.Н., Лозинская Е.Ф., Хоанг Ким Бонг, Темкин О.Н. Использование сорбентов из растительных отходов для очистки сточных вод от ионов меди (II) // Вода: Химия и экология. 2015. № 12. С. 56–63.
7. Лозинская Е.В., Митракова Т.Н., Верютина А.М., Лукьянчикова О.Н. Использование углеродных сорбентов из растительных отходов для очистки воды от ионов меди (II) // Современные проблемы гидрохимии и мониторинг качества поверхностных вод: материалы научной конференции с международным участием. Ростов-на-Дону, 2015. С. 231–235.
8. Xu M., Yin P., Liu X., Tang Q., Qu R., Xu Q. Utilization of rice husks modified by organomultiphosphonic acids as low-cost biosorbents for enhanced adsorption of heavy metal ions // Bioresource Technology. 2013. Vol. 149. No. 12. P. 420–424.
9. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2017 года // Уголь. 2017. №. 6. С. 32–46.
10. «О программе развития угольной промышленности РФ на период до 2030 г.» [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2014 г. № 1099-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70584602/> (дата обращения: 10.08.2021).
11. Świeląg-Piasecka I., Medyńska-Juraszek A., Jerzykiewicz M., Dębicka M., Bekier J., Jamroz E. & Kawałko D. Humic acid and biochar as specific sorbents of pesticides // Journal of Soils and Sediments. 2018. Vol. 18. P. 2692–2702.
12. Каренгина Л.Б., Байкин Ю.Л., Кандаков Н.В. Влияние гумата калия различной концентрации на эффективность минеральных удобрений при выращивании овса // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3 (182). С. 12–16.
13. Пашкова Г. И., Кузьминых А. Н. Роль гуматов в повышении урожайности зерна яровой пшеницы // Вестник марийского государственного университета. 2016. Т. 2. № 1 (5). С. 48–51.
14. de Melo B.A.G., Motta F.L., Santana M.H.A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments // Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 62. P. 967–974.

15. Dmitrieva E., Efimova E., Siundiukova K. Surface properties of humic acids from peat and sapropel of increasing transformation // Environmental Chemistry Letters. 2015. Vol. 13. No. 2. P. 197–202.

16. Борисенко В.В., Хусид С.Б., Лысенко Ю.А., Фолиянц Б.В. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 110. С. 1167–1177.

17. Myasoedova T., Miroshnichenko Yu.S., Gadzhieva V.A., Chechevatov A.I. Effective removal of Pb²⁺ and Cu²⁺ from highly concentrated aqueous solutions: comparative sorption study // Desalination and Water Treatment. 2019. P. 272–284.

18. Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод»: ПНД Ф 12.15.1-08. [Электронный ресурс]: URL: https://opr.tmbreg.ru/files/LibraryDocs/FederalDocs/2015/PND_F12.15.1-08.pdf (дата обращения: 1.09.2021).

19. Концентраты медные. Методы анализа: ГОСТ 32221-2013. М.: Стандартинформ, 2014. 130 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.18.46.011

UDC 544.723.212

© Yu.S. Miroshnichenko, T.N. Myasoedova, V.A. Gadzhieva, 2021

Yu.S. MIROSHNICHENKO

Assistant

Southern Federal University, Taganrog

e-mail: yuliya_pogotova@mail.ru

T.N. MYASOYEDOVA

Candidate of Engineering Sciences,

Leading Researcher

Southern Federal University, Taganrog

e-mail: ntn_79@mail.ru

V.A. GADZHIYEVA

Junior Researcher

Southern Federal University, Taganrog

e-mail: fisa186@yandex.ru

PURIFICATION OF COPPER-CONTAINING SCOURAGE OF GALVANIC PRODUCTION WITH APPLICATION OF HUMIC SUBSTANCES

The results of the application of humic substances for scourage purification of galvanic production from copper (II) ions are presented. Optimal parameters of the purification process were selected to the level of maximum permissible concentrations. The possibility of regeneration of the spent sorbent with acids with its subsequent use for additional purification of wastewater from copper (II) ions is considered. Process diagram of wastewater treatment using humic substances is proposed.

Keywords: HUMIC SUBSTANCES, HUMATES, NATURAL SORBENTS, PURIFICATION, WASTEWATER, COPPER, DESORPTION.

REFERENCES

1. Sewage treatment. Waste water from electroplating industries [Electronic resource]: URL: <https://www.mfmc.ru/about/articles/ochistka-stochnykh-vod-stochnye-vody-galvanicheskikh-proizvodstv/> (date of the application: 05.09.2021). [In Russ.].

2. Povorov A.A., Pavlova V.F., Shinenkova N.A., Kornilova N.V., Bekin I.V. Integrated membrane technology for treating wastewater from electroplating industries with a closed water circulation // Expocoating. 2016. [Electronic resource]: URL: <http://zaobmt.com/index.php/articles/152-galvanic-paper.html/> (date of the application: 15.08.2021). [In Russ.].

3. Vinokurov E.G., Guseva T.V. Electroplating production in Russia: an evaluative approach, tasks of increasing resource and environmental efficiency // Metal technology [Tekhnologiya metallov]. 2020. No. 7. P. 2–6. [In Russ.].

4. Chirkova V.S., Sobgaida N.A., Rzazade F.A. Sorbents based on agricultural waste for wastewater treatment // Bulletin of the Technological University [Vestnik tekhnologicheskogo universiteta]. 2015. Vol. 18. No. 20. P. 263–266. [Electronic resource]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbenty-na-osnove-otvodov-agropromyshlennogo-kompleksa-dlya-ochistki-stochnyh-vod/viewer> (date of the application: 15.08.2021). [In Russ.].

5. Timonina A.V., Pushkareva K.I., Osokin V.M., Somin V.A. The use of modified sunflower husk for purification of copper-containing wastewater // Pedagogical education in Altai [Pedagogicheskoye obrazovaniye na Altaye]. 2014. No. 2. P. 18–19. [In Russ.].

6. Mitrikova T.N., Lozinskaya E.F., Hoang Kim Bong, Temkin O.N. Use of sorbents from plant waste for wastewater treatment from copper (II) ions // Water: Chemistry and ecology [Voda: Khimiya i ekologiya]. 2015. No. 12. P. 56–63. [In Russ.].

7. Lozinskaya E.V., Mitrikova T.N., Veryutina A.M., Lukyanchikova O.N. The use of carbon sorbents from plant waste for water purification from copper (II) ions // Modern problems of hydrochemistry and monitoring of surface water quality: proceedings of a scientific conference with international participation [Sovremennyye problemy gidrokhimii i monitoring kachestva poverkhnostnykh vod: materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem]. Rostov-on-Don, 2015. P. 231–235. [In Russ.].

8. Xu M., Yin P., Liu X., Tang Q., Qu R., Xu Q. Utilization of rice husks modified by organomultiphosphonic acids as low-cost biosorbents for enhanced adsorption of heavy metal ions // Bioresource Technology. 2013. Vol. 149. No. 12. P. 420–424.

9. Tarazanov I.G. The results of the work of the coal industry in Russia for January-March 2017 // Coal [Ugol]. 2017. No. 6. P. 32–46. [In Russ.].

10. On the program for the development of the coal industry in the Russian Federation for the period up to 2030 [Electronic resource]: Order of the Government of the Russian Federation of June 21, 2014 No. 1099-p. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70584602/> (date of the application: 10.08.2021). [In Russ.].

11. Ćwieląg-Piasecka I., Medyńska-Juraszek A., Jerzykiewicz M., Dębicka M., Bekier J., Jamroz E. & Kawałko D. Humic acid and biochar as specific sorbents of pesticides // Journal of Soils and Sediments. 2018. Vol. 18. P. 2692–2702.

12. Karengina L.B., Baikin Yu.L., Kandakov N.V. Influence of potassium humate of various concentrations on the effectiveness of mineral fertilizers when growing oats // Agrarian Bulletin of the Urals [Agrarnyy vestnik Urala]. 2019. No. 3 (182). P. 12–16. [In Russ.].

13. Pashkova G.I., Kuzminykh A.N. The role of humates in increasing the yield of spring wheat // Bulletin of the Mari State University [Vestnik mariyskogo gosudarstvennogo universiteta]. 2016. Vol. 2. No. 1 (5). P. 48–51. [In Russ.].

14. de Melo B.A.G., Motta F.L., Santana M.H.A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments // Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 62. P. 967–974.

15. Dmitrieva E., Efimova E., Siundiukova K. Surface properties of humic acids from peat and sapropel of increasing transformation // Environmental Chemistry Letters. 2015. Vol. 13. No. 2. P. 197–202.

16. Borisenko V.V., Khusid S.B., Lysenko Yu.A., Foliyants B.V. Biological activity of the humic complex of various origins and its influence on the growth and development of plants // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University [Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta]. 2015. No. 110. P. 1167–1177. [In Russ.].

17. Myasoedova T., Miroshnichenko Yu.S., Gadzhieva V.A., Chechevatov A.I. Effective removal of Pb²⁺ and Cu²⁺ from highly concentrated aqueous solutions: comparative sorption study // Desalination and Water Treatment. 2019. P. 272–284. [In Russ.].

18. Methodological guidelines for sampling for wastewater analysis: PND F 12.15.1-08. [Electronic resource]: URL: https://opr.tmbreg.ru/files/LibraryDocs/FederalDocs/2015/PND_F12.15.1-08.pdf (date of the application: 1.09.2021). [In Russ.].

19. Copper concentrates. Analysis methods: GOST 32221-2013. M.: Standartinform, 2014. 130 p. [In Russ.].

**Оформление подписки на журнал «Вестник Научного центра
ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности»
осуществляется через Агентство подписки «Урал-Пресс Кузбасс»**

Подписной индекс 80814