

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

---

DOI 10.15593/2409-5125/2018.02.09

УДК 628.31

**Л.С. Пан, О.И. Бахирева, Е.А. Кочина, М.А. Зелина**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ИОНОВ ЦИНКА И НИКЕЛЯ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ

Сточные воды гальванических производств характеризуются тем, что содержащиеся в них загрязнения невозможно удалить с помощью методов, обычно применяемых для очистки коммунальных сточных вод. Реагентные методы, применяемые в настоящее время, как правило, не обеспечивают необходимую глубину очистки сточных вод от токсичных металлов и мало способствуют снижению концентрации сульфатов в очищаемой воде. Анаэробные процессы используются для очистки стоков уже более 100 лет. Эти процессы характеризуются низким потреблением питательных веществ, вследствие развития анаэробами небольшой биомассы и электроэнергии, так как не требуется проводить процесс аэрации. К основным недостаткам применения очистных систем на основе анаэробных микроорганизмов относятся низкая скорость роста микроорганизмов и небольшая биомасса. В результате проведенных исследований из ила реки Данилиха Пермского края в анаэробных условиях были выделены сульфатовосстанавливающие бактерии (СВБ) при оптимальных условиях культивирования  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 7,2$  в среде DSM-63. Было установлено, что с помощью СВБ можно очистить сточные воды от ионов цинка и никеля на 98 % и достигнуть уровня предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Использование лабораторной установки, моделирующей условия биореактора, содержащего заранее выращенные СВБ, позволяет существенно увеличить скорость процесса. Эффективность разработанного метода подтверждена на модельном растворе, имитирующего гальваностоки ООО «Гальванические покрытия» г. Чистополя.

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, цинк, никель, сульфатовосстанавливающие бактерии, лабораторный биореактор.

---

Очистка сточных вод гальванических производств от ионов цинка и никеля сульфатовосстанавливающими бактериями / Л.С. Пан, О.И. Бахирева, Е.А. Кочина, М.А. Зелина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 2. – С. 98–109. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.09

Pan L., Bakhireva O., Kochina L., Zelina M. Purification of plating wastewater from ions of zinc and nickel by sulfate-reducing bacteria. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 2. Pp. 98-109. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.09

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод и твердых отходов, образующихся от реагентного способа обезвреживания водных объектов [1–6]. Таким образом, необходимо создавать новые методы для качественной и экономичной очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Наиболее перспективным является биохимический метод удаления цинка и никеля из сточных вод (СВ) гальванических производств [7–9]. На сегодняшний день разработаны различные биохимические технологии очистки промышленных СВ, основанные на процессе анаэробной сульфатредукции, которые направлены либо на стимулирование природных процессов самоочищения, протекающих в местах хранения отходов, либо на осуществление очистки СВ в технологических установках.

В последние годы в России и за рубежом из экосистем, подверженных влиянию стоков металлургических предприятий, расположенных в умеренном и бореальном климате, выделены чистые культуры сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ), перспективные для использования в биотехнологических целях, в том числе в составе смешанных культур. В качестве питания микроорганизмов и донора электронов предлагают использовать отработанный технический глицерин, смазочноохлаждающие жидкости, молочные сыворотки, сточные воды производства жирных синтетических кислот и др. [11–15]. СВБ (анаэробные организмы) широко распространены в анаэробной зоне различных экосистем и являются одной из основных составляющих микробных сообществ сточных вод, загрязненных почв и промышленных отходов. Суть технологии анаэробного метода очистки заключается в обработке сточных вод специализированной культурой СВБ, обладающих способностью в анаэробных условиях восстанавливать сульфаты до сероводорода с одновременным окислением органических веществ и разрушением фосфатов, нитратов, ионов аммония. В ходе диссимиляторной сульфатредукции с помощью СВБ сульфат-ион действует как окисляющий агент для диссимиляции органического вещества наподобие кислорода при анаэробном дыхании. Небольшое количество восстановленной серы ассимилируется микроорганизмами, но в основном она попадает в окружающую среду в виде иона сульфида, обычно гидролизованного до сероводорода. При этом повышается щелочность среды, что способствует осаждению тяжелых металлов в стоках. Общая реакция сульфатредукции может быть записана следующим образом:



Образующийся сероводород взаимодействует с растворенными ионами тяжелых металлов, переводя их в нерастворимые сульфидсодержащие соединения. Анализ биохимического удаления металлов с использованием СВБ проводился на примере ионов  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$ , которые часто присутствуют в стоках горно-обогатительных, машиностроительных и металлургических комбинатов, в том числе в стоках широко используемого процесса цинкования деталей. Однако следует отметить, что одно из главных ограничений применения биореакторных установок – токсичность ионов металлов для СВБ. Поэтому для того, чтобы эффективно управлять процессами в инженерных сооружениях, необходимо создавать чистые культуры микроорганизмов, устойчивые к повышенным концентрациям ионов металлов или создавать оптимальные условия для их жизнедеятельности.

В данной работе выделение сульфатовосстанавливающих бактерий проводили из донного ила реки Данилиха города Перми в анаэробных условиях в питательной среде DSM-63 для анаэробных культур следующего состава (г/л): глицерин – 1,0;  $KH_2PO_4$  – 0,5;  $NH_4Cl$  – 1,0;  $Na_2SO_4$  – 1,0;  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  – 0,1;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 2,0; дрожжевой экстракт – 0,1. Анаэробные условия культивирования достигались кипячением и быстрым охлаждением питательной среды. Выращивали микроорганизмы на данной среде при температуре 30 °С под слоем вазелинового масла в течение 7 дней в стационарных условиях.

Способность к осаждению выделенных бактерий по отношению к ионам цинка и никеля изучали в статических условиях на среде DSM-63 при разных концентрациях никеля или цинка в растворе, объем раствора в колбе составлял 100 мл.

Количество осажденного металла из водного раствора определяли по разности концентраций ионов никеля и цинка в исходном растворе и в очищенном растворе после обработки его сульфатовосстанавливающими бактериями. Для расчета использовали формулу

$$m = (C^0 - C_p) \cdot V, \quad (1)$$

где  $m$  – количество осажденного металла из раствора, мг;  $C^0$  – концентрация ионов цинка или никеля в исходном растворе, мг/л;  $C_p$  – равновесная концентрация ионов цинка или никеля в очищенном растворе, мг/л;  $V$  – объем пробы (л).

Степень очистки растворов от ионов тяжелых металлов рассчитывали по формуле

$$\alpha = \frac{C^0 - C_p}{C^0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – степень очистки, %;  $C^0$  – концентрация ионов цинка или никеля в исходном растворе, мг/л;  $C_p$  – равновесная концентрация ионов цинка или никеля в очищенном растворе, мг/л.

Концентрацию ионов никеля в растворе определяли спектрофотометрическим методом с диметилглиоксимом (табл. 1). Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели количества осажденного никеля  
за счет сульфатовосстанавливающих бактерий

$C_{Ni^{2+}}^0$ , мг/л	$C_p$ , мг/л	$mNi_{2+}$ , мг	$\alpha$
5	0,001	0,5	0,99
10	0,019	1,0	0,99
15	0,022	1,5	0,99
20	0,035	2,0	0,99
25	0,04	2,49	0,99
30	0,05	2,99	0,99

Аналогичный опыт в статических условиях проводили для осаждения ионов цинка из раствора с помощью СВБ. Содержание ионов цинка в растворе определяли в виде комплекса с сульфарсазеном фотоколориметрическим методом. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели количества осажденного цинка  
за счет сульфатовосстанавливающих бактерий

$C_{Zn^{2+}}^0$ , мг/л	$C_p$ , мг/л	$mZn^{2+}$ , мг	$\alpha$
10	0,02	0,99	0,98
15	0,025	1,49	0,99
20	0,03	1,99	0,99
25	0,07	2,49	0,99
30	0,1	2,99	0,99

Таким образом установлено, что выделенные из почвы СВБ в анаэробных условиях обладают сульфатовосстанавливающей способностью и осаждают ионы никеля и цинка из растворов до предельно допустимой концентрации (0,1 мг/л для никеля и 1,0 мг/л для цинка). Степень извлечения больше 99 %.

С целью обеспечения оптимальных условий для жизнедеятельности бактерий и изоляции их от агрессивной среды выращивание микроорганизмов проводили в емкостях из полупроницаемой мембраны, погруженной в очищаемую сточную воду. Мембрана пропускает растворенный сероводород и предохраняет микроорганизмы от непосредственного воздействия токсичных тяжелых металлов. В качестве полупроницаемой мембраны используется в данной работе целлофан по ГОСТ 7730–55 номер 25, толщина пленки до 30 мк. При обеспеченности органическими веществами и сульфатами культура может осуществлять свою жизнедеятельность довольно длительный срок. Биохимической очистки подвергали растворы сульфатов цинка и никеля с высокой концентрацией (100 мг/л) с использованием лабораторной установки, моделирующей условия биореактора, который представлял собой емкость с полупроницаемой мембраной для выращивания СВБ в определенной среде. Через разные промежутки времени определяли изменение концентраций ионов никеля и цинка в исследуемых растворах под воздействием сульфатовосстанавливающих бактерий. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение концентрации ионов цинка и никеля  
в исследуемом растворе

Концентрация, г/л	Время, сут								
	3	5	8	13	15	20	22	27	30
$C_{Zn^{2+}}$	1,0	0,08	0,079	0,04	0,01	0,01	0,002	0,002	0,002
$C_{Ni^{2+}}$	0,1	0,07	0,035	0,03	0,022	0,014	0,005	0,0025	0,0025

Как видно из полученных данных, уже на 20-е сутки культивирования микроорганизмов достигается высокая степень очистки (свыше 90 %) растворов от ионов металлов.

Параллельно контролировали изменение выделенного сероводорода в этих растворах. Концентрацию сероводорода в растворе определяли методом обратного йодометрического титрования (табл. 4).

Из табл. 4 видно, что в растворе цинка концентрация выделенного сероводорода в 2 раза выше, чем в растворе никеля при одинаковых условиях, что говорит о более высокой толерантности СВБ к ионам цинка, чем к ионам никеля.

Таблица 4

Изменение концентрации сероводорода в растворах цинка и никеля (соответственно  $C_1$  и  $C_2$ )

Концентрация, г/л	Время, сут								
	3	5	8	13	15	20	22	27	30
$C_1$	0,10	0,17	0,19	0,48	0,74	0,80	0,80	0,80	0,80
$C_2$	0,06	0,07	0,086	0,10	0,15	0,30	0,35	0,36	0,36

К основным недостаткам применения очистных систем на основе анаэробных микроорганизмов относятся низкая скорость роста микроорганизмов и небольшая биомасса. Поэтому в дальнейшем использовали лабораторную установку с предварительно выращенными сульфатовосстанавливающими бактериями для очистки растворов с высокой концентрацией металлов (100 мг/л), добавив свежую питательную среду для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов. Это существенно увеличило скорость процесса очистки раствора даже при совместном присутствии цинка и никеля и на 7-е сутки остаточная концентрация ионов никеля и цинка составляла 0,001 и 0,0025 мг/л соответственно (рис. 1).

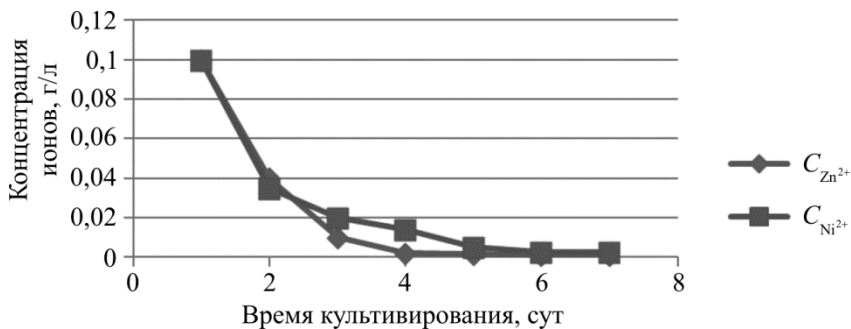


Рис. 1. Изменение концентрации ионов цинка и никеля в растворе

Как изменялась концентрация сероводорода в растворе в процессе культивирования микроорганизмов, показано на рис. 2.

Таким образом, использование лабораторной установки, моделирующей условия биореактора, с заранее выращенными СВБ, приводит к увеличению скорости процесса. Эффективность удаления ионов цинка и никеля увеличивается даже при высоких концентрациях металлов, при этом скорость процесса возрастает в 4–5 раз.

Установлено, что ингибирование процесса осаждения ионов цинка и никеля наступает при концентрациях 500 мг/л и выше. При этом концентрация непрореагировавшего сероводорода в среде находилась в диапазоне 0,5–

0,8 г/л. Поскольку резкое снижение эффективности процесса осаждения ионов никеля и цинка наблюдается при концентрациях больше 500 мг/л, количество образовавшегося биогенного сероводорода достаточно для обработки большего объема раствора с высокой концентрацией ионов металлов в растворе.

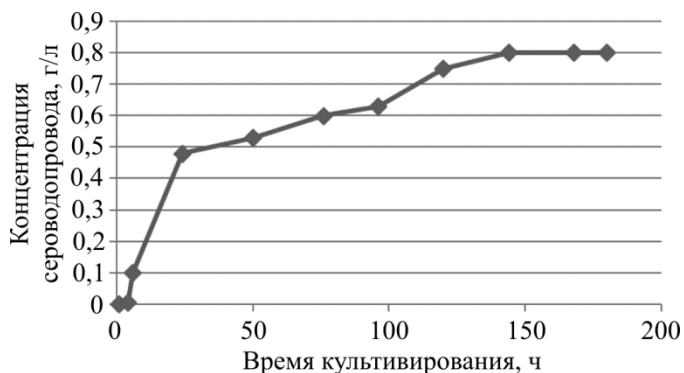


Рис. 2. Изменение концентрации сероводорода в растворе с высоким содержанием солей цинка и никеля

Разработанный способ очистки сточных вод от ионов цинка и никеля с помощью лабораторного биореактора, содержащего предварительно выращенные сульфатвосстанавливающие бактерии был опробован на модельном растворе гальваностокков ООО «Гальванические покрытия» г. Чистополя. Содержание ионов металлов в модельном растворе (мг/л):  $Zn^{2+}$  – 11,82; Fe общ – 22,90;  $Ni^{2+}$  – 25,06;  $Cu^{2+}$  – 24,86; pH – 2,4. Светопропускание – 91,5 %, оптическая плотность – 0,04. Биореактор с предварительно выращенными СВБ погружали в стеклянную емкость, где находилось 10 л модельного раствора и определяли изменение концентраций цинка и никеля во времени (рис. 3).

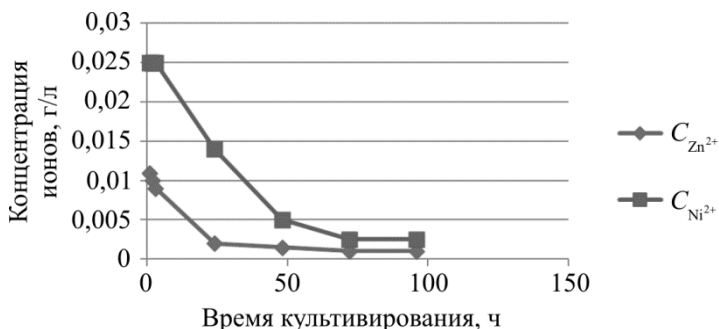


Рис. 3. Изменение концентрации ионов цинка и никеля в модельном растворе

При этом концентрация сероводорода в растворе увеличивалась, как показано на рис. 4.

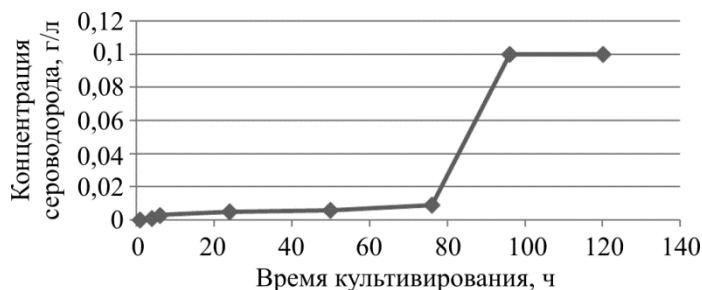


Рис. 4. Изменение концентрации сероводорода в модельном растворе

Резкое увеличение концентрации сероводорода на третьи сутки культивирования микроорганизмов связано с существенным понижением концентрации металлов в растворе.

Поскольку большинство сточных вод гальванических производств имеют кислую реакцию среды, было изучено влияние рН исходных растворов на степень очистки от ионов цинка и никеля сульфатовосстанавливающими бактериями. Для этого в статических условиях в течение 30 дней обрабатывали растворы, содержащие ионы цинка и никеля сульфатовосстанавливающими бактериями при разных значениях рН. Определенные значения рН устанавливали путем добавления серной кислоты в исходные растворы сульфата цинка или никеля с концентрациями ионов металлов 100 мг/л. Далее в растворах определяли остаточную концентрацию цинка и никеля спектрофотометрическим методом. Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

Зависимость концентрации ионов тяжелых металлов от рН

Значение рН	Остаточные концентрации ионов металлов, мг/л	
	Цинк	Никель
1	0,04	0,1
2	0,02	0,1
3	0,02	0,09
4	0,02	0,08
5	0,01	0,07
6	0,01	0,07



Полученные данные показывают, что несмотря на то, что в кислой среде происходит частичное растворение полученных сульфидов цинка и никеля, их остаточные концентрации не превышают значений ПДК (Zn – 1,0 мг/л и Ni – 0,1 мг/л), предъявляемых санитарно-эпидемиологическими нормативами Российской Федерации для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Но самая высокая степень очистки 99,9 % достигается при pH 5–6.

В результате проведенных исследований из донного ила реки Данилиха Пермского края в анаэробных условиях были выделены сульфатвосстанавливающие бактерии при оптимальных условиях культивирования  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pH 7,2 в среде DSM-63. В качестве источника углерода и энергии был использован глицерин. Установлено, что выделенные бактерии способны восстанавливать сульфат-ионы до сероводорода и осаждают ионы цинка и никеля из раствора в виде труднорастворимых сульфидов. Показано, что сульфатвосстанавливающие бактерии устойчивы в широком диапазоне концентраций ионов металлов. Достигнута максимальная степень очистки (99 %) раствора от ионов цинка и никеля с помощью сульфатвосстанавливающих бактерий до уровня ПДК. Длительность процесса культивирования составляет 30 сут, что является недостатком данного метода. Однако применение в процессе очистки лабораторного биореактора для культивирования бактерий, позволяющего изолировать СВБ от токсичной среды, существенно повышает скорость осаждения ионов металлов из растворов и сокращает длительность процесса очистки до 3–4 сут. Использование СВБ для очистки сточных вод от ионов никеля и цинка исключает применение реагентов и не требует дополнительных площадей и специального оборудования. Объем получаемого осадка в 300 раз меньше объема обрабатываемой воды. Применение биореактора, содержащего заранее выращенные СВБ, позволяет существенно увеличить скорость процесса. Разработанный биологический метод можно использовать для осаждения металлов из концентрированных и агрессивных сред, а также использование СВБ делает анаэробный метод наиболее перспективным в плане все возрастающих требований к качеству очистки сточных вод.

#### Библиографический список

1. Алекина Е.В., Сумарченкова И.А., Моссоулина Л.А. Комплексный подход к очистке сточных вод машиностроительных производств от тяжелых металлов по критерию эффективности // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 9. – С. 43–48.
2. Исакова И.О., Ткачева В.Э. Инновационные методы очистки сточных вод современного гальванического производства // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 10. – С. 143–146.

3. Pathak A., Roy A., Manna M. Recovery of zinc from industrial waste pickling liquor // *Hygrometallurgy*. – 2016. – Vol. 163. – P. 161–163.
4. Селицкий Г.А. Очистка карьерных и подотвальных вод // *Экология производства*. – 2008. – № 8. – С. 75–76.
5. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Глобус М, 2002. – С. 135–148.
6. Марьин В.К., Кузнецов Ю.С., Новокрещенов С.Ю. Опыт утилизации промышленных отходов в Пензенской области // *Экология и промышленность России*. – 2005. – № 5. – С. 30–35.
7. Горбань Я.Ю. Способы очистки гальванических сточных вод от ионов тяжелых металлов // *Аспирант*. – 2015. – № 5-1 (10). – С. 34–36.
8. Хлебникова И.В., Смирнов Ю.Ю. Разработка биохимического метода очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2009. – № 7. – С. 22–25.
9. Бурмистров В.А., Гриневич В.И. Обезвреживание отходов гальванических производств // *Экология и промышленность России*. – 2000. – № 3. – С. 10–13.
10. Франк Ю.А., Лушников С.В. Биотехнологический потенциал сульфатовосстанавливающих бактерий // *Экология и промышленность России*. – 2006. – № 1. – С. 10–12.
11. Peter R. Growth and Population Dynamics of Anaerobic Methane-Oxidizing Archaea and Sulfate-Reducing Bacteria in a Continuous-Flow Bioreactor // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2005. – Vol. 7, № 7. – P. 3725–3733.
12. Muyzer G.A., Stams A.J. The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria // *Nature Reviews Microbiology*. – 2008. – № 6. – P. 441–454.
13. Hector F., Castro A., Norris H. Phylogeny of sulfate-reducing bacteria // *Microbiology Ecology*. – 2000. – № 9. – P. 1–9.
14. Штамм бактерий *Desulfovibrio Vulgaris* «Эгаст-5», используемый для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов: пат. 2150503 Рос. Федерация / Смирнова Г.Ф., Баглай С.В., Смирнов Ю.Ю. – № 4925373/13; заявл. 22.02.1991; опубл. 15.08.1994.
15. Штамм бактерий *Desulfovibrio Baarsii* «Эгаст-6», используемый для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов: пат. 2150502 Рос. Федерация / Смирнова Г.Ф., Баглай С.В. – № 99108136/13; заявл. 07.07.1982; опубл. 10.03.96.

## References

1. Alekina E.V., Samarchenko I.A., Massolino L.A. Kompleksnyj podhod k ochistke stochnyh vod mashinostroitel'nyh proizvodstv ot tyazhelyh metallov po kriteriyu ehffektivnosti [An integrated approach to wastewater treatment engineering industries from heavy metals according to the criterion of efficiency]. *Safety*, 2013, no. 9, pp. 43–48.
2. Iskhakova I.O., Tkacheva V.E. Innovacionnye metody ochistki stochnyh vod sovremennoho gal'vanicheskogo proizvodstva [Innovative wastewater treatment methods modern electroplating]. *Vestnik Kazanskogo technological University*, 2016, T.19, no. 10, pp. 143–146.
3. Pathak A., Roy A., Manna M. Recovery of zinc from industrial waste pickling liquor. *Hygrometallurgy*, 2016, vol. 163, pp. 161–163.
4. Selickij G.A. Ochistka kar'ernyh i podotval'nyh vod [Cleaning career and podatelna water]. *Ecology of production*, 2008, no. 8, pp. 75–76.
5. Vinogradov S.S. EHkologicheski bezopasnoe gal'vanicheskoe proizvodstvo [Environmentally safe galvanic production]. 2nd ed. Moscow, Globus M, 2002, pp. 135–148.
6. Mar'in V.K., Kuznecov Yu.S., Novokreshchenov S.Yu. Opyt utilizacii promyshlennyh othodov v Penzenskoj oblasti [Experience of waste management in Penza region]. *Ecology and industry of Russia*, 2005, no. 5, pp. 30–35.
7. Gorban' Ya.Yu. Sposoby ochistki gal'vanicheskikh stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov [The methods of purification of galvanic waste waters from heavy metal ions]. *Aspiran*, 2015, no. 5-1(10), pp. 34–36.
8. Hlebnikova I.V., Smirnov Yu.Yu. Razrabotka biohimicheskogo metoda ochistki stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov [The development of a biochemical method of waste water purification from heavy metal ions]. *Safety*, 2009, no. 7, pp. 22–25.

9. Burmistrov V.A., Grinevich V.I. Obezvrezhivanie othodov gal'vanicheskikh proizvodstv [Waste management in electroplating]. *Ecology and industry of Russia*, 2000, no. 3, pp. 10-13.

10. Frank Yu.A., Lushnikov S.V. Biotekhnologicheskij potencial of sulphate-reducing bakterij [Biotechnological potential of bacteria solvatochromic]. *Ecology and industry of Russia*, 2006, no. 1, pp. 10-12.

11. Peter R. « Growth and Population Dynamics of Anaerobic Methane-Oxidizing Archaea and Sulfate-Reducing Bacteria in a Continuous-Flow Bioreactor. *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, vol. 7, no. 7, pp. 3725–3733.

12. Muyzer, G.A., Stams, A. J. The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria. *Nature Reviews Microbiology*, 2008, no. 6, pp. 441–454.

13. Hector F. Castro A, Norris H. Phylogeny of sulfate-reducing bacteria. *Microbiology Ecology*, 2000, no. 9. pp. 1-9.

14. Smirnova G.F., Baglaj S.V., Smirnov Yu.Yu. SHtamm bakterij Desulfovibrio Vulgaris «Egast-5», ispol'zuemyj dlya ochistki stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov [The bacterial strains Desulfovibrio Vulgaris "East-5", used for the treatment of wastewater from heavy metal ions]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 4925373/13 (1994).

15. Smirnova G.F., Baglaj S.V. SHtamm bakterij Desulfovibrio Baarsii «Egast-6», ispol'zuemyj dlya ochistki stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov [The bacterial strains Desulfovibrio Baarsii "East-6" used for wastewater treatment from ions of heavy metals]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 99108136/13 (1996).

Получено 12.12.2017

**L. Pan, O. Bakhireva, L. Kochina, M. Zelina**

## **PURIFICATION OF PLATING WASTEWATER FROM IONS OF ZINC AND NICKEL BY SULFATE-REDUCING BACTERIA**

The wastewater of the plating industry is characterized by the fact that the contamination contained in them cannot be removed using common municipal sewage treatment methods. Reagent methods used at present usually do not provide the required depth of wastewater treatment from toxic metals and little contribute to reducing the concentration of sulfates in the treated water. Anaerobic processes have been used for wastewater treatment for more than a hundred years. These processes are characterized by a low intake of nutrients, due to the development of anaerobes of small biomass and electricity, since it is not required to carry out the aeration process. The main disadvantages of the use of anaerobic microorganism-based treatment systems are the low growth rate of microorganisms and a small biomass. As a result of the conducted studies, sulfate-reducing bacteria (SRB) were picked out from the mud of the Danilikha River in the Perm Territory under anaerobic conditions under optimal cultivation conditions:  $t = 30^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 7.2$  in DSM-63 medium. It was found that with the help of SRB it is possible to purify the wastewater from zinc and nickel ions by 98% and to reach the level of maximum permissible concentrations (MPC) established for water bodies of domestic drinking and cultural and household water use. The use of a laboratory facility simulating the conditions of a bioreactor containing pre-grown SRB allows a significant increase in the rate of the process. The effectiveness of the developed method is confirmed in a simulated solution of galvanic wastewater of Galvanic Coatings, LLC in Chistopol.

**Keywords:** wastewater treatment, zinc, nickel, sulfate-reducing bacteria, laboratory-scale bioreactor.

**Пан Лариса Сергеевна** (Пермь, Россия) – канд. хим. наук, доцент кафедры «Химия и биотехнология», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29, e-mail: vvv@pstu.ru).

**Бахирева Ольга Ивановна** (Пермь, Россия) – канд. хим. наук, доцент кафедры «Химия и биотехнология», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29, e-mail: bahirevy@mail.ru).

**Кочина Елизавета Александровна** (Пермь, Россия) – бакалавр Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29, e-mail: liza\_kochina.97@mail.ru).

**Зелина Марина Александровна** (Пермь, Россия) – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29, e-mail: vvv@pstu.ru).

**Pan Larisa** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor of "Chemistry and biotechnology", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: vvv@pstu.ru).

**Bakhireva Olga** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor of "Chemistry and biotechnology", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: bahirevy@mail.ru).

**Kochina Elizaveta** (Perm, Russian Federation) – Bacalavr of the Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: liza\_kochina.97@mail.ru).

**Zelina Marina** (Perm, Russian Federation) – Master of the Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: vvv@pstu.ru).