

УДК 628.3.034.2

А.Г. КАСИКОВ, к.х.н., доцент, заведующий сектором

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН (ИХТРЭМС КНЦ РАН), г. Апатиты, Мурманская обл., Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Представлен обзор способов очистки сточных вод с использованием отходов различных производств, а также приведен ряд новых данных по очистке сточных вод медно-никелевого производства с помощью реагентов, полученных из технологических илов комбината «Североникель». Показано, что использование отходов для очистки стоков не только существенно снижает затраты на природоохранные мероприятия, но в некоторых случаях обеспечивает повышение степени очистки от токсичных примесей.

отходы производства, сточные воды, нейтрализация, коагулянты, сорбенты, известь, тяжелые металлы

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды являются промышленные сточные воды [1]. Их очистка требует значительных затрат и поэтому не всегда проводится. В ряде случаев сточные воды вынуждены разбавлять чистой водой, а иногда сбрасывать неочищенными, что наносит ощутимый вред окружающей среде.

Снизить затраты на очистку стоков возможно при эколого-экономическом подходе к решению данной проблемы за счет использования в качестве реагентов отходов производства или путем совместной переработки нескольких видов отходов, подлежащих утилизации [2].

В частности, весьма перспективной является очистка производственных сточных вод стоками других производств [3]. Например, данный метод использовали для очистки сточных вод цехов химического фрезерования, которые представляют собой электролиты, содержащие NaOH в количестве до 170 г/л. Для понижения концентрации свободной щелочи было предложено обрабатывать раствор электролитом после сернокислотного анодирования алюминия. В результате был получен раствор сульфатов алюминия и натрия, который использовали далее в качестве добавки к бетонам, повышающей их водонепроницаемость [4].

В Японии щелочные сточные воды гипсового производства очищают путем их нейтрализации кислыми сточными водами, образующимися при охлаждении и очистке сернистого газа. Данный способ позволил снизить ХПК сточных вод и избежать их помутнения [5].

В некоторых случаях предварительное смешение различных производственных растворов позволяет су-

щественно облегчить дальнейшую очистку стоков предприятия. Так, в целях комплексного использования сырья и снижения затрат на очистку был предложен способ [6] выделения меди из электролитов травления печатных плат без затраты химических реагентов за счет смешения в различных соотношениях кислотного и щелочного электролитов.

Довольно интересным и экономически выгодным вариантом технологического решения очистки сточных вод является смешение разных по природе стоков. При этом состав подбирается таким образом, чтобы происходила реакция, сопровождающаяся либо нейтрализацией, либо образованием осадка. В работе [7] сточные воды пищевых производств использовали в качестве осадителей для извлечения из гальваностоков тяжелых металлов и цианид-ионов. После стадии электрофлотации в стоках не обнаруживаются кальций, магний, железо, а содержание меди уменьшается в 600 раз, хрома – в 100 раз, никеля – в 200 раз, цинка – в 13 раз, цианид-ионов – в 100 раз.

Более подробно способы очистки гальваностоков сточными водами различных производств описаны в работе [8].

Многотоннажными техногенными отходами, которые могут утилизироваться в качестве сорбента для очистки сточных вод, являются продукты, образующиеся в цехах химической водоподготовки тепловых электростанций. Данные отходы представляют собой мелкодисперсный порошок, содержащий карбонаты кальция и магния, и имеют состав, в мас. %: CaO – 26,5; Mg – 2,7; Fe – 2,0; Al – 1,1; Si – 2,4; Na – 0,19 [9]. Такой продукт при внесении



в воду дает рН суспензии 8,7, что позволяет их использовать для нейтрализации различных кислых стоков, включая сточные воды гальванического производства.

Карбонатсодержащие отходы Ростовской ТЭЦ-2 были применены для очистки стоков от ионов Cr(III), Cu, Ni, Fe и Zn, причем было установлено, что кинетика процесса очистки зависит от природы металла [10].

Однако провести с помощью карбоната кальция очистку воды от никеля до ПДК рыбохозяйственных водоемов не представляется возможным, и поэтому для этих целей широкое распространение получил метод известкования. В частности, на комбинате «Североникель» ОАО «Кольская ГМК» таким образом обрабатывается более 10 млн м³ сточных вод в год. При этом тяжелые металлы осаждаются в осадок совместно с кальцием и накапливаются в технологическом отстойнике комбината в виде технологических илов. В настоящее время илы извлекают из отстойника и складировуют на шлакоотвале.

В ИХТРЭМС КНЦ РАН было предложено проводить повторное использование кальциевого реагента для очистки сточных вод комбината «Североникель». С целью получения из илов извести, после сушки их прокаливали при температуре ~900 °С в течение 3-х часов, а затем обожженные илы (ОИ) применяли для осаждения Cu и Ni из модельного раствора сточной воды. Параллельно проводили обработку сточной воды чистым гидроксидом кальция. Содержание Cu и Ni в растворе анализировали через 1 час и через 30 суток выдержки раствора над осадком в открытой системе.

Из табл. 1 видно, что использование ОИ (как и извести) позволяет производить очистку сточной воды от никеля до норм ПДК рыбохозяйственных водоемов.

Таблица 1 – Сравнительные испытания по осаждению Ni и Cu с помощью извести и реагентов, содержащих обожженные илы. Исходное содержание: Ni – 21,2 мг/л; Cu – 20,3 мг/л, рН = 2,7

Реагент	Время	рН раствора	Концентрация, мг/л	
			Ni	Cu
Известь	1 час	12,3	0,006	0,014
	30 суток	8,38	4,8	0,040
ОИ	1 час	11,97	0,03	0,014
	30 суток	8,29	0,060	0,025
ОИ+FeCl ₃	1 час	11,97	0,002	0,005
	30 суток	8,39	0,015	0,018
ОИ+FeSO ₄ +H ₂ SiO ₃	1 час	11,99	0,0001	0,006
	30 суток	8,85	0,014	0,022

Наличие в ОИ цветных металлов не повлияло на глубину очистки сточной воды от никеля. Более того, че-

рез 30 суток после подкисления растворов ОИ показали более высокую по сравнению с известью способность удерживания цветных металлов в фазе осадка. После подкисления растворов концентрация никеля над новым реагентом при сравнимой величине рН оказалась в 80 раз ниже, чем над известью (табл. 1).

Более высокая удерживающая способность ОИ, вероятно, связана с наличием в них примесей железа и образованием ферритов никеля и меди, не способных к растворению при подкислении. Введение в сточную воду перед осаждением железосодержащих растворов FeCl₃ и FeSO₄ + H₂SiO₃, полученных из отвальных шлаков медно-никелевого производства, позволяет еще несколько повысить удерживающую способность кальцийсодержащих осадков.

Для извлечения из сточных вод тяжелых металлов и органических примесей широкое распространение получили коагуляционные способы очистки, основанные на использовании в качестве реагентов солей железа и алюминия.

В связи с тем, что чистые соли этих металлов являются достаточно дорогими реагентами, во многих случаях при очистке промышленных стоков использовали отходы производства. Так, например, травильные растворы, содержащие FeCl₂ и/или FeSO₄, были успешно применены в качестве коагулянтов стоков, образующихся при переработке ванадийсодержащих отходов и техногенного сырья, с последующим использованием полученных продуктов в феррованадиевом производстве [11].

Для очистки сточных вод гальванического производства использовали сульфат двухвалентного железа, являющийся отходом производства коагулянта, и древесную летучую золу [12]. В данной смеси сульфат железа (II) играл роль восстановителя для хрома (VI), в результате чего он переходил в менее вредную для окружающей среды трехвалентную форму. Летучая древесная зола (отход производства) являлась нейтрализующим и коагулирующим агентом. Способ позволил удалить до 97,5 % меди и 99,9 % цинка. Концентрация Cr(VI) снизилась в 475 раз (в 4 раза ниже максимально допустимого значения), что подтверждает целесообразность применения данных отходов для очистки сточных вод.

Для очистки сточных вод пищевой промышленности разработаны и внедрены на предприятиях Башкортостана технологии получения коагулянтов из отходов производства химической и нефтехимической промышленности. Они представляют собой растворы гидроксохлоридов алюминия с различной степенью основности. Степень очистки ими сточных вод молокозавода составила 75–80 % по ХПК и 85–95 % по взвешенным веществам как при использовании коагулянта, полученного из отрабо-

танного катализаторного комплекса процесса органического синтеза, так и коагулянта, выделенного из отходов, содержащих неорганические соединения алюминия [13].

Одним из видов твердых хлоридных отходов, образующихся на предприятиях титано-магниевого подотрасли, являются возгоны магниевых электролизеров, представляющие собой тонкодисперсный порошкообразный материал, содержащий, %: $MgCl_2$ – 15–25; $NaCl$ – 30–40; Fe – 0,4–0,9; Al – 1–2. Дегазированные возгоны были использованы для очистки сточных вод текстильно-красильного производства, содержащих различные красители и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Лабораторные исследования показали, что хлорид магния, присутствующий в возгонах, играл роль коагулянта, а активный хлор – окислителя. Развитая поверхность свежесожденного гидроксида магния, выделяющегося в процессе коагуляции, способна сорбировать примеси из стоков, в т.ч. красители и ПАВ [14]. При проведении процесса рН сточной воды эффективно доводили до 10,7–11,2 и вводили концентрированную водную суспензию магниевых возгонов. После отстаивания в течение 30 мин и фильтрования определяли ХПК, цветность, содержание ПАВ. Результаты показали, что магниевые возгоны могут успешно конкурировать с сульфатом алюминия.

В результате использования легкокипящих фракций ректификации тетраоксида титана (отходы титано-магниевого производства) и отходов холодного проката ОАО «Запорожсталь» была получена серия комплексных титановых коагулянтов с различным отношением $Me:Ti$, где Me – Al и Fe , которые также нашли применение для очистки сточных вод [15].

Следует отметить, что использование комплексных коагулянтов во многих случаях оказывается даже более эффективным, чем чистых солей алюминия или железа. В частности, было установлено [16–17], что алюмо-кремниевый флокулянт-коагулянт является более эффективным реагентом, чем полиакриламид или чистые соли железа. Применение комплексного железо-кремниевого коагулянта, полученного из отвальных шлаков ОАО «Кольская ГМК», также показало его высокую эффективность для очистки технологических стоков комбината «Североникель», причем при его использовании для щелочных сред исключается загрязнение воды ионами алюминия [18].

Помимо коагуляционной очистки сточных вод, на практике широкое распространение также получили сорбционные методы очистки. В сорбционных технологиях для извлечения тяжелых металлов часто используют синтетические смолы, активированный уголь, цеолиты, глины и оксигидратные коллекторы. Применение этих реагентов часто лимитируется такими ограничения-

ми, как высокая затратность, невысокая емкость и низкая регенерационная способность. В ряде случаев избежать этих недостатков удается за счет использования в качестве сорбентов отходов различных производств.

Высокоэффективные оксигидратные сорбенты, содержащие гидроксиды Fe и Al , можно получить из отходов ферросплавного производства. После измельчения до 0,66 мм шлаки подвергают гидратации в подкисленной воде для придания им способности сорбировать катионы [19]. В слабокислой области рН формируются продукты гидролиза Al^{3+} и Fe^{3+} , которые переходят в малорастворимые гидроксиды с концевыми гидроксильными группами по всем октаэдрическим направлениям, что позволяет сорбировать катионы металлов из раствора. При опробовании на модельных растворах, содержащих, мг/л: Cu^{2+} – 1,7; Zn^{2+} – 1,75; Fe^{3+} – 1,65; Ca^{2+} – 240; SO_4^{2-} – 1500; Cl^- – 100, при рН от 6 до 7,5 наилучшие результаты по очистке были получены при использовании шлаков феррохромового производства.

В качестве сорбента для удаления ионов $Pb(II)$ из промышленных стоков исследовали шлаки сталелитейного производства [20]. Были определены оптимальные параметры процесса очистки стоков, влияние температуры и рН на кинетику и равновесие в системе. Выяснилось, что сорбция ионов свинца находится в сильной зависимости от рН среды, что определяется электрокинетическим потенциалом шлака, который является функцией рН. Ионы свинца могут быть легко десорбированы с использованием комплексующего агента ЭДТА.

Отходы сталелитейного производства исследовались и на возможность их использования для извлечения из водных растворов ионов меди. Был опробован побочный продукт производства стали – окалина от процесса прокатки [21]. Физико-химическими исследованиями установлено, что на поверхности окалина, помимо оксидов железа, присутствует и металлическое железо. Вследствие этого на поверхности окалина протекает два процесса: адсорбция ионов $Cu(2+)$ в связи с наличием оксидов железа, и цементация $Cu(2+)$ на металлическом железе в достаточном количестве. Из проведенных исследований следует, что окалина является эффективным и дешевым материалом для очистки водных растворов и стоков от меди.

В работе [22] была предложена методика очистки стоков от тяжелых металлов ферритозированными гальваническими шлаками (ФГШ). Как показали исследования, ФГШ имеют дефекты кристаллической решетки, что значительно усиливает их адсорбционные свойства. Кроме того, они обладают значительным щелочным резервом, что позволяет использовать их для обработки кислых стоков. Испытания показали, что если при ней-



трализации сточных вод известковым молоком средняя степень очистки по всем ионам тяжелых металлов составляет 96 %, то при добавлении суспензии ФГШ она увеличивается до 98,8 %. Скорость осветления сточных вод увеличивается в 3–3,5 раза, а объем образующегося осадка уменьшается в 1,5–2 раза.

В электрохимических производствах железосодержащими отходами являются шламы с высоким содержанием оксида Fe(III). В работе [23] использовали шлам ПО «Красная Заря» (г. Санкт-Петербург), содержащий до ~80 % оксида Fe(III) и несколько процентов оксидов Cr(II), Cu(II), Zn(II) и щелочных металлов. Шлам подвергли водной обработке для удаления растворимой фазы и затем сушили при 120 °С. После измельчения использовали порошок с размером частиц ~0,1 мм. Водная суспензия шлама имела pH ~ 8,5, что свидетельствовало о его основном характере. На основании данных работы [24] следует, что на поверхности частиц шлама (Fe₂O₃) при pH ~ 8,5 доминирует комплекс состава (-O)₂Fe(OH)₂⁻, т.е. на его поверхности существует отрицательно заряженный оксо-гидроксокомплекс Fe(III), благодаря чему шлам обладает высокими основными свойствами.

Высокой сорбционной способностью по отношению к цветным и благородным металлам обладают также активные феррогели, полученные из отходов медно-никелевого производства [25].

Особую опасность для окружающей среды представляют сточные воды, содержащие шестивалентный хром, который вызывает тяжелые отравления и профессиональные заболевания у рабочих гальванических производств. Большинство способов очистки сточных вод от хрома являются сложными и дорогостоящими, при использовании же отходов производства затраты на процесс очистки снижаются. В работе [26] представлены результаты исследований реагентной очистки хромсодержащих сточных вод сталеплавильной пылью [26]. В основе реагентной очистки обычно лежит реакция восстановления Cr(VI) до Cr(III) в присутствии восстановителя. В сталеплавильной пыли эту роль выполняет железо, содержание которого достигает 40 %. При модификации пыли (обработки ее 10 %-ной H₂SO₄) увеличивается количество активных центров на ее поверхности и, как следствие, происходит повышение реакционной способности частиц пыли. Степень очистки сточных вод от Cr(VI) при использовании модифицированной пыли сталеплавильных печей составляет 97–99,8 %, одновременно утилизируется значительная часть пыли и улучшаются условия труда персонала.

В работе [27] предложена сорбционная технология извлечения меди из сточных вод гранулированными пиритными огарками. В результате сорбции авторами был

получен концентрат, содержащий 4,5 % Cu, что позволяет использовать его в производстве меди.

Глубокая очистка сточных вод от тяжелых металлов может быть достигнута также с помощью метасерпентина, который получается в результате термообработки вскрышных серпентинсодержащих пород [28].

Помимо отходов металлургического производства, существует довольно много отходов других предприятий, вполне пригодных для очистки сточных вод как от тяжелых металлов, так и от органических и других загрязняющих веществ [29]. К ним относятся различные продукты переработки древесины, отходы переработки углей, керамическая крошка и другие отходы.

Из вышеизложенного следует, что отходы, обладающие высокой эффективностью при очистке сточных вод от токсичных веществ, весьма разнообразны и во многих случаях по своей эффективности не только не уступают чистым реагентам, но и превосходят их за счет комплексного воздействия.

Очевидно, что дальнейшее расширение использования отходов при очистке стоков может позволить при минимальных затратах существенно сократить выбросы в окружающую среду токсичных веществ и улучшить экологическую обстановку в промышленных регионах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России / В.Ф. Протасов. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 671 с.
2. Касиков, А.Г. Эколого-экономический подход к решению задачи утилизации металлургических отходов медно-никелевого производства / А.Г. Касиков // Инженерная экология. – 2002. – № 4. – С. 52–60.
3. Шайхиев, И.Г. Очистка производственных сточных вод стоками других производств / И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлегурова // Вода и экология. – 2008. – № 3. – С. 3–12.
4. Юрин, В.А. Очистка сточных вод цехов химического фрезерования / В.А. Юрин. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 184–185.
5. Пат. 54-133475. Япония, МКИ С02 С5/02. Методы очистки отработанной жидкости при производстве гипса / Гупсин Й., Иобуки К. – Заявл. 07.04.1978; опубл. 17.10.1979.
6. Лисицкий, В.В. Получение соединений меди в процессе утилизации гальванических медьсодержащих электролитов. Химия и химическая технология / В.В. Лисицкий, В.Н. Гусаков, И.Е. Алехина // Материалы науч.-практ. конф., посвященной 40-летию химического факультета Башкирского гос. ун-та. – Уфа, 2002. – С. 28–29.
7. Шапкин, Н.П. Эффективность очистки сточных вод / Н.П. Шапкин, Н.Н. Жамская, Н.В. Маслова // Труды

- Междунар. форума по проблемам науки, техники и образования, 1–5 дек. 2003. – М.: 2003. – Т. 2. – С. 128–129.
8. **Шайхиев, И.Г.** Очистка производственных сточных вод стоками других производств: Ч. 2 : Очистка сточных вод гальванических производств / И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлегулова // *Вода и экология*. – 2008. – № 4. – С. 16–30.
 9. **Лупейко, Т.Г.** Глубокая очистка водных растворов от хрома (III) техногенным карбонатсодержащим отходом / Т.Г. Лупейко, М.О. Горбунова, Е.М. Баян // *ЖПХ*. – 2001. – Т. 74, Вып. 10. – С. 1648–1650.
 10. **Баян, Е.М.** Осаждение ряда тяжелых металлов из водных растворов карбонатсодержащим техногенным отходом: автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук / Е.М. Баян. – Новочеркасск, 2004. – 19 с.
 11. **Кудрявский, Ю.Т.** Очистка и обезвреживание сточных вод при переработке ванадийсодержащих отходов, продуктов и полиметаллического техногенного сырья. Проблемы и перспективы развития химических технологий на Западном Урале / Ю.Т. Кудрявский, В.П. Казанцев, Ю.Ф. Трапезников // *Сб. науч. трудов Пермского гос. ун-та*. – Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2001. – С. 121–127.
 12. **Orescanin, V.** Lulic Stipe and Purification of electroplating wastewaters utilizing waste by-product ferrous sulfatic and wood fly ash / V. Orescanin, L. Mikelic // *Environ. Science and Health*. – 2004. – V. 39, № 9. – С. 2437–2446.
 13. **Елхова, В.Д.** Очистка сточных вод с применением коагулянтов, полученных из отходов производства / В.Д. Елхова, Л.А. Лучинина, Ю.Р. Абдрахимов // *Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание : сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф., 21–22 февр. 2001*. – Пенза: Изд-во Приволж. дома знаний, 2001. – С. 75–76.
 14. **Карпова, Л.С.** Применение хлоридных отходов для очистки сточных вод / Л.С. Карпова, В.А. Алейников, Л.Е. Фрумин // *Цветные металлы*. – 1990. – № 7. – С. 78–80.
 15. **Прошкин, В.С.** Синтез комплексных титансодержащих коагулянтов из продуктов и отходов металлургических производств / В.С. Прошкин, Г.А. Колобов // *Известия вузов. Цветная металлургия*. – 1999. – № 2. – С. 21–26.
 16. **Фартунин, А.М.** Реагентная очистка воды при пониженной температуре / А.М. Фартунин, А.А. Одинцов, В.А. Крутков, Н.И. Лагунцов // *ЭКВАТЭК – 2006 : сб. докладов 7-го Междунар. конгресса*. – М.: 2006. – Ч. 1. – С. 563–564.
 17. **Синегрибова, О.А.** Интенсификация очистки сточных вод флокулирующими реагентами / О.А. Синегрибова, В. Ким, Н.В. Букарь // *Металлургия цветных и редких металлов: сб.* – М.: 2002. – С. 290–295.
 18. **Пат. 2131849 РФ, МПК6 C02 F 1/52, C 01 G 49/06, B 01 D 21/01.** Способ получения коагулирующе-флокулирующего реагента и способ обработки воды / Петрова В.И., Касиков А.Г., Захаров В.И. и др.; заявитель и патентообладатель Ин-т химии и технол. редких элем. и минер. сырья Кол. науч. центра РАН. – № 97119802/25; заявл. 02.12.97; опубл. 20.06.99, Бюл. № 17.
 19. **Гофенберг, И.В.** Использование шлаков ферросплавных производств для сорбционной очистки сточных вод / И.В. Гофенберг, Л.Е. Ситчихина // *Цветные металлы*. – 1984. – № 5. – С. 40–42.
 20. **Kangho-Veong** Utilization of steel slag's an adsorbent of ionic lead in wastewater/ Kangho-Veong, An Kwang-Guk, Kim Dong-Su. // *Environ. Science and Health*. – A.: 2004. – V. 39, № 11–12. – P. 3015–3028.
 21. **Lopez, F.A.** Removal of copper ions from aqueous solutions by a steel-making by-product / F.A. Lopez, M.I. Martin, C. Perez // *Water Res.* – 2003. – V. 37, № 16. – P. 3883–3890.
 22. **Климов, Е.С.** Использование ферритизированных гальванических шламов в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Е.С. Климов, В.В. Семенов // *Перспективные материалы*. – 2003. – № 5. – С. 66–69.
 23. **Давтян, М.Л.** Железосодержащий шлам как твердое основание для нейтрализации кислых растворов и осаждения малорастворимых гидроксидов / М.Л. Давтян, В.Н. Волков, Б.И. Лобов // *Цветные металлы*. – 2001. – №11. – С. 28–32.
 24. **Давтян, М.Л.** Состав и устойчивость гидроксокомплексов иона Fe³⁺ на поверхности оксида железа(III) / М.Л. Давтян, Б.И. Лобов, Ю.И. Рутковский, Л.А. Рубина // *Координационная химия*. – 1991. – Т. 17, № 4. – С. 488–491.
 25. **Касиков, А.Г.** Использование отходов медно-никелевого производства для получения коллекторов цветных и благородных металлов / А.Г. Касиков // *Обращение с отходами. Материалы природоохранного назначения : материалы науч.-практ. конф., 28–31 окт. 2003*. – СПб., 2003. – С. 38–40.
 26. **Свергузова, С.В.** Очистка хромсодержащих сточных вод с помощью модифицированной пыли сталеплавильных печей / С.В. Свергузова, Л.А. Порожнюк // *Экология и промышленность России*. – 1999. – № 9. – С. 17–19.
 27. **Чантурия, В.А.** Сорбционная технология извлечения меди из стоков горнорудных предприятий гранулированными пиритсодержащими отходами / В.А. Чантурия, В.Н. Калмыков, И.В. Шадрюнова // *СО РАН. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. – 2004. – № 6. – С. 92–97.
 28. **Кременецкая, И.П.** Реагент для иммобилизации тяжелых металлов из серпентинсодержащих вскрышных пород / И.П. Кременецкая, О.П. Корытная, Т.Н. Васильева // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. – 2008. – № 4. – С. 33–40.
 29. **Касиков, А.Г.** Очистка промышленных сточных вод с использованием отходов производства / А.Г. Касиков // *Экология промышленного производства*. – 2006. – № 4. – С. 28–36.

Поступила в редакцию 15.04.2010



Надано огляд способів очистки стічних вод з використанням відходів різних виробництв, а також наведено ряд нових даних щодо очистки стічних вод мідно-нікелевого виробництва з допомогою реагентів, що отримані з технологічного мулу комбінату «Североникель». Показано, що використання відходів для очистки стоків не тільки суттєво знижує витрати на природоохоронні заходи, але й, у деяких випадках, забезпечує підвищення ступеня очистки від токсичних домішок.

Review of sewage treatment methods with using of wastes from various productions as well as a line of new data on sewage treatment from copper-nickel production by reagents obtained from technological sludge of «Severonickel Metallurgical Combine» are resulted. It is shown that waste use for sewage treatment not only essentially reduces expenses for nature protection actions, but also, in some cases, provides increase of cleaning degree against toxic impurity.