



Республика Таджикистан

(19) **TJ** ⁽¹¹⁾ **1665**
(51) **МПК C02F1/28 (2023.01);**
C02F1/62 (2023.01); C02F9/00 (2023.01); C02F101/20 (2023.01).

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2502065

(22) 05.03.2025

(46) Бюл. 227, 2026

(71) Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности национальной Академии наук Таджикистана (TJ)

(72) Назаров Х.М. (TJ); Мирсаидзода И. (TJ); Тиллозода Х.И. (TJ); Эрматов К.А. (TJ); Рахматшоев С.С. (TJ); Шарифзода А.Ш. (TJ)

(73) Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности национальной Академии наук Таджикистана (TJ)

(54) **СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

(56)

1. Авторское свидетельство №1668301, СССР C01F 7/50. Оpubл. 10.04.1998.

2. Патент РФ RU 2108301, МПК C02F/62. Оpubл. 10.04.1998.

3. Патент US №5242670, МПК C01B 033/08. Оpubл. 07.09.93.

4. Wang S., Wu H. Environmental-benign utilisation of fly ash as low-cost adsorbents. Journal of Hazardous Materials, 2006, V.136, No 3, p.482-501. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.01.067

2

(57) Изобретение относится к области технологии очистки сточных и природных вод, в частности к адсорбционным методам удаления ионов тяжёлых металлов.

Способ очистки загрязнённых вод от ионов тяжёлых металлов, включающий сбор загрязнённых вод, добавление адсорбента в концентрации 200 мг/л при температуре 25 °С и pH в диапазоне 6,0 - 6,6, перемешивание, отстаивание и разделение очищенной воды, при этом загрязнённую воду предварительно отстаивают в течение 3 часов, затем добавляют адсорбент с последующим перемешиванием, причем сначала перемешивают с высокой скоростью - 100 об/мин в течение 5 минут, затем с низкой скоростью - 75 об/мин в течение 15 минут, полученный раствор отстаивают в течение 30 минут и фильтруют через фильтры с размером пор 0,2 мкм до достижения нулевой мутности.

Таким образом, применение предлагаемого способа обеспечивает эффективное удаление ионов тяжёлых металлов из загрязнённых вод, снижает стоимость процесса за счёт применения техногенных отходов и повышает экологическую безопасность.

Изобретение относится к технологии очистки загрязненных вод, а именно адсорбционная очистка воды от ионов тяжелых металлов.

Известен способ очистки сточных вод от загрязняющих компонентов с различной химической природой с использованием неорганических природных материалов, таких как коагулянт, получаемый из зольной пыли отходов производства. Для нейтрализации загрязнений, используется негашеная известь, получаемая обжигом природного известняка в печи [1].

Основным недостатком известкового метода является невозможность достижения предельно допустимой концентрации (ПДК) по ряду металлов, особенно находящихся в анионной форме. Не происходит глубокая очистка сточных вод от сульфат-ионов, что препятствует организации замкнутого водооборота.

Известен, также способ очистки сточных вод от урана и ионов тяжелых металлов [2], включающий двухстадийную обработку воды реагентами с выделением продуктов осаждения на первой стадии и флотирование на второй стадии. На первой стадии сточные воды обрабатываются известковым молоком до $pH=4,8\div5,4$, а на второй стадии осветленных стоков с остаточным содержанием примесей доводят до уровня $pH=7,5\div8,0$ путём добавления карбоната натрия.

Недостатками данного способа являются проведение процесса в периодическом режиме и значительные затруднения при обезвоживании осадка.

Другим известным способом является использование угольной золы для утилизации минеральных отходов, включая тяжёлые элементы, путём получения расплавленной смеси минерального отхода и угольной золы с последующим отверждением расплавленной смеси для получения твёрдого продукта [3].

Недостатком этого способа является сравнительно низкая эффективность извлечения тяжёлых металлов, а также использование золы в качестве вяжущего материала, что ограничивает её применение для сорбции загрязняющих веществ.

В качестве наиболее близкого аналога выбран способ очистки загрязненных вод [4], включающий сбор загрязнённых вод, добавление адсорбента, перемешивание, отстаивание и разделение очищенной воды. В способе раскрывается, что зола широко применяется как недорогой адсорбент для поглощения тяжелых металлов – среди этих ионов металлов наиболее изученными являются Pb, Ni, Cr, Cu, Cd и Hg. Описываются результаты по основным исследованным ионам при температуре $25^{\circ}C$ и при содержании золы в диапазонах, охватывающих 200 мг/л, $pH=6,0-6,5$.

Указанная задача решается за счет того, что для осуществления очистки вод используют летучую золу электростанций содержащую кремний (SiO_2), глинозем (Al_2O_3) и оксиды железа (Fe_2O_3), а также различное количество углерода, кальция, магния и серы в качестве адсорбента.

Однако, прототип имеет недостаток в виде отсутствия медленного перемешивания и фильтрации, которые влияют на эффективность адсорбции ионов тяжелых металлов.

Задачей предлагаемого изобретения является создание эффективного способа очистки загрязнённых вод от тяжёлых металлов с достижением остаточных концентраций, соответствующих нормативных значений и повышением эффективности очистки на всех стадиях процесса.

Целью изобретения является разработка технологии очистки загрязнённых вод от ионов тяжёлых металлов с использованием отходов энергетической промышленности в качестве адсорбента, а также расширение области их утилизации в виде адсорбционного материала, не оказывающего негативного воздействия на окружающую среду.

Сущность изобретения заключается в том, что для очистки загрязнённых вод от ионов тяжёлых металлов в качестве адсорбента предлагается использовать золы угля, образующуюся при сжигании угля на ТЭЦ. Золой угля, являясь отходом энергетической промышленности, обладают хорошими адсорбционными свойствами на ионах тяжёлых металлов, что позволяет эффективно очищать воду от загрязняющих веществ, при этом процесс очистки экономичен и экологически безопасен.

Способ очистки загрязнённых вод от ионов тяжёлых металлов, включающий сбор загрязнённых вод, добавление адсорбента в концентрации 200 мг/л при температуре $25^{\circ}C$ и pH в диапазоне 6,0 - 6,6, перемешивание, отстаивание и разделение очищенной воды, при котором загрязнённую воду предварительно отстаивают в течение 3 часов, затем добавляют адсорбент с последующим перемешиванием, причем сначала перемешивают с высокой скоростью - 100 об/мин в течение 5 минут, затем с низкой скоростью - 75 об/мин в течение 15 минут, полученный раствор отстаивают в течение 30 минут и фильтруют через фильтры с размером пор 0,2 мкм до достижения нулевой мутности.

Угольная зола является типичным распространенным отходом угольных ТЭЦ. В основной своей массе она представлена кремнеземсодержащими составляющими с повышенным содержанием соединений алюминия и кальция, по сравнению с составом природных минералов, что позволяет наиболее эффективно использовать их адсорбционные свойства для очистки загрязненных вод от тяжелых металлов. Происходит химическая адсорбция ионов тяжелых металлов поверхностью оксида алюминия. Увеличение значения ионов тяжелых металлов в адсорбенте при содержании в составе золы оксидов кальция и магния происходит вследствие их взаимодействия с водой с образованием свободных ионов высокой сорбционной емкости для обмена больших ионов металла. Реакции ионного обмена проходят вследствие разности

химических потенциалов обменивающихся ионов и в общем виде могут быть представлены следующим образом:

для катионитов: $\text{RSO}_3\text{H} + \text{Na}^+ \leftrightarrow \text{RSO}_3\text{Na} + \text{H}^+$;

для анионитов: $\text{ROH} + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{RCl} + \text{OH}^-$.

Процесс замещения ионов металлов адсорбентом и раствором происходит путем повышения концентрации ионов в приповерхностном слое адсорбента и, наоборот, в растворе повышается концентрация ионов. Достижимое качество очищенной воды при использовании предлагаемого адсорбента характеризуется содержанием ионов тяжелых металлов в пределах до концентраций, не превышающих установленные нормативы. Эффективность очистки загрязненных вод с исходной концентрацией ионов тяжелых металлов $2,7 \text{ мг/дм}^3$ составляет в пределах $50,2 \div 70,8 \%$.

Предлагаемый адсорбент, состоящий из отходов золы ТЭЦ, имеет хорошую сорбционную способность и дешевую стоимость по сравнению с производственными адсорбентами.

Пример 1. Загрязнённые воды, содержащие ионы тяжёлых металлов, очищаются с использованием адсорбента с концентрацией 200 мг/л при высокой скоростью перемешивания - 100 об/мин и температуре 25°C в течение 5 минут, при pH в диапазоне $6,0-6,6$. Затем осуществляется перемешивание с низкой скоростью - 75 об/мин в течение 15 минут. После этого проводится отстаивание в течение 30 минут, и осветлённая вода отделяется от осадка. По завершении процесса адсорбции и фильтрации подачу воды прекращают, а насыщенный адсорбент выгружают из колонны. Полученный десорбат направляется на дальнейшую переработку, после чего в колонну загружается новая порция адсорбента. Оптимальное время контакта и общая продолжительность процесса составляют не менее 50 минут. Концентрация адсорбента контролируется количественно.

Эксперименты показали, что отработанный адсорбент, обогащенный ионами тяжелых металлов,

может найти применение в качестве микроудобрения для сельского хозяйства. Отработанный материал при использовании предлагаемого сорбента может быть утилизирован ресурсосберегающим и не загрязняющим природную среду способом.

Преимуществом предлагаемого сорбента является высокая эффективность, доступность и низкая стоимость, что позволяет использовать его для однократного применения при эксплуатации очистных сооружений.

Пример 2. В качестве адсорбента использовали золу угля ТЭЦ следующего химического состава, мас. %: $\text{SiO}_2 - 70 \div 73$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 22 \div 25$; $\text{CaO} - 3 \div 6$; $\text{MgO} - 2 \div 3$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 3,5 \div 4,0$; $\text{TiO}_2 - 1 \div 2$; $\text{K}_2\text{O} - 1,0 \div 2,5$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 2 \div 4$.

В результате проведённого процесса очистки загрязнённых вод от ионов тяжелых металлов показало, что эффективность очистки достигла от $4,6 \%$ для свинца до 67% для хрома. Остаточная концентрация ионов тяжёлых металлов в фильтрате составила от $0,01$ (для ванадия) до $0,91 \text{ мг/л}$ (для меди) (см. таблицу).

Согласно представленным данным, при использовании в качестве адсорбента золы угля, получаемой при сжигании угля месторождения «Фон-Ягноб» и образования отходов золы на ТЭЦ загрязнённая вода очищается до уровня близко к ПДК.

Предлагаемый адсорбент обеспечивает эффективную очистку загрязненных вод от ионов тяжелых металлов по сравнению с прототипом.

Также, предлагаемая технология очистки дает возможность получить двойной эффект:

-непосредственная очистка загрязненных вод от ионов тяжелых металлов;

-сократить объемы накопления отходов золы на ТЭЦ, как способа эффективности их утилизации.

Формула изобретения

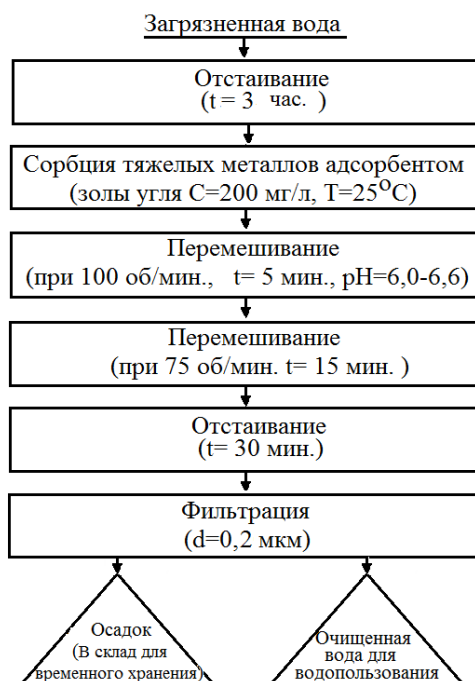
1. Способ очистки загрязнённых вод от ионов тяжёлых металлов, включающий сбор загрязнённых вод, добавление адсорбента в концентрации 200 мг/л при температуре 25°C и pH в диапазоне $6,0 - 6,6$, перемешивание, отстаивание и разделение очищенной воды, **отличающийся тем, что** загрязнённую воду предварительно отстаивают в течение 3 часов, затем добавляют адсорбент с последующим перемешиванием, причем сначала перемешивают с высокой скоростью - 100 об/мин в течение 5 минут, затем с низкой скоростью - 75

об/мин в течение 15 минут, полученный раствор отстаивают в течение 30 минут и фильтруют через фильтры с размером пор $0,2 \text{ мкм}$ до достижения нулевой мутности.

2. Способ по пункту 1, **отличающийся тем, что** в качестве адсорбента используют золу угля, образующуюся как отходы на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и угольных производствах для очистки загрязнённой воды от ионов тяжёлых металлов.

Тяжелые металлы	Содержание ионов тяжелых металлов, мг/л		Эффективность очистки, %	ПДК в воде для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л
	до очистки	после очистки		
V	0,02	0,0106	53	0,1
Cr	0,22	0,147	67	0,05
Ni	0,04	0,026	66	0,1
Cu	1,5	0,915	61	1,0
As	0,03	0,014	46	0,01
Pb	0,31	0,014	4,6	0,03

СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ



Фиг. 1

Компьютерный набор: Газиев М.