

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036588**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.26

(21) Номер заявки
201800449

(22) Дата подачи заявки
2018.06.27

(51) Int. Cl. **C02F 1/52** (2006.01)
C02F 1/54 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01)
C02F 1/56 (2006.01)
B01D 21/01 (2006.01)

(54) **ТВЕРДЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ И СПОСОБ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

(43) **2019.12.30**

(96) **2018/EA/0052 (BY) 2018.06.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**УЧРЕЖДЕНИЕ БЕЛОРУССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА "НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ" (НИИ
ФХП БГУ) (BY)**

**Макаревич Светлана Евгеньевна,
Цыганкова Надежда Георгиевна,
Савицкая Татьяна Александровна,
Анушко Руслан Андреевич (BY)**

(56) EP-A1-0255283
RU-C2-2248330
С.В. ГЕТМАНЦЕВ и др. Очистка
производственных сточных вод коагулянтами и
флокулянтами. - М., 2008, с. 179-185
RU-C1-2447021
US-A-5320773

(72) Изобретатель:
**Гриншпан Дмитрий Давидович,
Зыгмант Алеся Владимировна,**

(57) Изобретение относится к процессам водоочистки и водоотведения и может быть использовано для очистки поверхностных, подземных, технологических, сточных и других загрязненных вод с помощью химических реагентов. Задачей изобретения является разработка составов твердых композиций и способа очистки водных растворов с различной степенью загрязнения, позволяющих повысить эффективность очистки: достичь нормируемых показателей качества очищенной воды, при этом уменьшить дозу вводимых реагентов и снизить содержание остаточного коагулянта. Поставленная задача решается путем использования твердого композиционного реагента для очистки водных растворов в виде порошков, гранул, таблеток, пеллет, содержащего коагулянт и флокулянт при их массовом соотношении от 5:1 до 20:1, причем в качестве коагулянта используют сульфат алюминия или полигидроксохлорид алюминия, степень дисперсности частиц коагулянта составляет от 0,006 до 0,016 мкм⁻¹, в качестве флокулянта используют катионный флокулянт, степень дисперсности частиц флокулянта составляет от 0,003 до 0,03 мкм⁻¹, и дополнительно содержащего сорбент цеолит NaX в количестве не менее 31% от общей массы реагента, регулятор pH гидрокарбонат натрия в количестве не менее 32% от общей массы реагента, обеззараживающее средство дихлоризоцианурат натрия в количестве не менее 6% от общей массы реагента, причем частицы цеолита NaX имеют степень дисперсности 0,02 мкм⁻¹, гидрокарбоната натрия - 0,008 мкм⁻¹, дихлоризоцианурата натрия - 0,014 мкм⁻¹. Предлагаемое изобретение включает способ очистки водных растворов с помощью твердого композиционного реагента по п.1, заключающийся в том, что твердый композиционный реагент вводят в очищаемую воду при интенсивном перемешивании в течение 0,5-1,5 мин со скоростным градиентом от 40 до 370 с⁻¹, обеспечивающим образование флокул со средним размером от 200 до 1550 мкм на стадии медленного перемешивания.

036588
B1

036588
B1

Изобретение относится к процессам водоочистки и водоотведения и может быть использовано для очистки поверхностных, подземных, технологических, сточных и других загрязненных вод с помощью химических реагентов.

Основными стадиями реагентных технологий очистки водных растворов являются процессы коагуляции, флокуляции, сорбции и обеззараживания [1]. В большинстве случаев эти стадии проводят путем последовательного введения в загрязненную воду реагентов в виде порошков, гранул, таблеток, суспензий или водных растворов [2]. Последний способ получил наиболее широкое распространение при очистке больших объемов поверхностных и сточных вод [3]. Несмотря на "видимую правильность" обработки воды заранее приготовленными водными растворами реагентов, этот способ имеет целый ряд существенных недостатков:

использование для проведения стадии растворения реагентов больших количеств ранее очищенной воды;

наличие больших емкостей и складских помещений для хранения растворов;

повышенные требования к химической стойкости материалов емкостей к кислым растворам коагулянтов (обязательное антикоррозионное покрытие внутренних поверхностей емкостей для хранения кислых растворов коагулянтов);

старение растворов коагулянтов и флокулянтов при их длительном хранении, приводящее к ухудшению их коагуляционно-флокуляционных свойств и выпадению осадков.

Известен способ последовательного "сухого" дозирования реагентов: обеззараживающих таблеток [4], порошковых сорбентов и коагулянтов [5-8], вводимых в обрабатываемую воду на разных стадиях ее очистки. Недостатком этого способа является необходимость отдельного введения реагентов в разных точках технологического процесса очистки воды, что существенно усложняет и удорожает процесс очистки в целом [3].

Для устранения недостатков описанных выше способов "мокрого" и "сухого" дозирования предложено производить предварительное смешение реагентов и получение жидких или порошковых композиций. Известны рецептуры и способы получения жидких коагулирующе-флокулирующих композиций "МОФ" на основе полиоксихлорида алюминия марок "Аква-Аурат 18" и "Аква-Аурат 30" и катионных флокулянтов [9]. Недостатком таких систем является то, что при смешении растворов коагулянта с растворами флокулянтов до их взаимодействия с загрязненной водой флокулянт начинает реагировать с еще не сформировавшимися продуктами коагуляции, что уменьшает их коагуляционную способность по отношению к загрязнителям воды и приводит к повышению дозы коагулянта, необходимой для очистки воды. Известно, что между началом действия коагулянта и временем введения флокулянта должно проходить от 1 до 4 мин [10-12]. Если это условие не выполняется, то очистка становится неэффективной и затратной.

Известен способ получения реагентов путем смешения водного коллоидного раствора пентагидрохлорида алюминия с 0,1-1,0%-ным водным раствором полиакриламида [13]. Этот способ также не позволяет достичь последовательного действия на загрязненную воду коагулянта и флокулянта с временным интервалом 1-4 мин. Поэтому при смешении растворов этих реагентов происходит взаимодействие положительно заряженных коллоидных частиц коагулянта с отрицательно заряженными макроионами флокулянта, что препятствует процессу нейтрализации поверхностных отрицательных зарядов частиц загрязнителей, диспергированных в очищаемой воде, и уменьшению степени ее очистки.

Известен способ очистки природных и сточных вод с помощью реагента, полученного путем радикальной полимеризации акриламида в гидроксохлориде алюминия в присутствии оксиалкил-трет-бутилпероксида [14].

Известен также композиционный реагент для получения воды коммунально-питьевого назначения из природных поверхностных источников [15]. В его состав входят полиакриламид-гель (флокулянт), сульфат алюминия и активированный уголь.

Описанные в [12-14] способы изготовления композиционных реагентов сложны и не дают возможности регулировать их состав в зависимости от параметров очищаемой воды, что не позволяет использовать эти композиции в качестве универсальных реагентов для очистки вод различного состава.

Известен твердый состав для обеззараживания и очистки воды на основе полигидрохлоридов алюминия и дихлоризоциануровой кислоты, используемой в качестве дезинфектанта в форме единой дозированной упаковки [16]. Этот состав предложен для получения питьевой воды в полевых условиях и в условиях, когда отсутствует централизованная система водоочистки. Состав является дорогим и предназначен только для очистки малых объемов воды.

Прототипом заявляемого технического решения является формованная в виде пеллет композиция, содержащая коагулянт на основе соединений многовалентного металла, имеющего размер частиц от 25 до 2000 мкм, и органический полимерный флокулянт с размером частиц от 10 до 750 мкм [17]. При контакте с водой пеллеты разрушаются с образованием раствора смеси коагулянта с флокулянтом. Недостатками такой формованной композиции являются: а) высокая полидисперсность каждого из компонентов, что приводит к неравномерному высвобождению в воду реагентов и не позволяет создавать равномерное распределение в объеме воды коагулянта и флокулянта; б) значительное превышение размеров частиц

коагулянта (в 2,5-2,7 раза) по отношению к частицам флокулянта, что приводит их одновременному растворению и взаимодействию друг с другом еще на стадии, когда процесс коагуляции не завершен. Это определяет неэффективность использования данной композиции для очистки больших объемов водных растворов на водоочистных станциях.

Задачей данного изобретения является разработка составов твердых композиций и способа очистки водных растворов с различной степенью загрязнения, позволяющих повысить эффективность очистки: достичь нормируемых показателей качества очищенной воды, при этом уменьшить дозу вводимых реагентов и снизить содержание остаточного коагулянта.

Поставленная задача решается путем использования твердого композиционного реагента для очистки водных растворов в виде порошков, гранул, таблеток, пеллет, содержащего коагулянт и флокулянт при их массовом соотношении от 5:1 до 20:1, причем в качестве коагулянта используют сульфат алюминия или полигидроксохлорид алюминия, степень дисперсности частиц коагулянта составляет от 0,006 до 0,016 мкм⁻¹, в качестве флокулянта используют катионный флокулянт, степень дисперсности частиц флокулянта составляет от 0,003 до 0,03 мкм⁻¹, и дополнительно содержащего сорбент цеолит NaX в количестве не менее 31% от общей массы реагента, регулятор pH гидрокарбонат натрия в количестве не менее 32% от общей массы реагента, обеззараживающее средство дихлоризоцианурат натрия в количестве не менее 6% от общей массы реагента, причем частицы цеолита NaX имеют степень дисперсности 0,02 мкм⁻¹, гидрокарбоната натрия - 0,008 мкм⁻¹, дихлоризоцианурата натрия - 0,014 мкм⁻¹. Предлагаемое изобретение включает способ очистки водных растворов с помощью твердого композиционного реагента по п.1, заключающийся в том, что твердый композиционный реагент вводят в очищаемую воду при интенсивном перемешивании в течение 0,5-1,5 мин со скоростным градиентом от 40 до 370 с⁻¹, обеспечивающим образование флокул со средним размером от 200 до 1550 мкм на стадии медленного перемешивания.

Композиционные реагенты указанной степени дисперсности позволяют не только в полном объеме сохранить коагулирующие способности коагулянтов и флокулирующие способности флокулянтов, но и дополнительно получить синергетический эффект, заключающийся в снижении расхода коагулянта и уменьшения содержания в очищаемой воде остаточного алюминия. Применение порошков коагулянта и флокулянта со степенью дисперсности, выходящей за пределы указанного в формуле изобретения интервала, приводит к потере синергетического эффекта и других описанных выше преимуществ. Соотношение масс коагулянта и флокулянта, приведенное в формуле, является оптимальным для образования быстроседиментирующих флокул. При меньшем содержании сорбента в композиционном реагенте не достигается необходимая степень удаления растворенных загрязняющих веществ. Содержание в композиционном реагенте регулятора pH в количестве менее 32% от массы реагента не позволяет увеличить степень гидролиза коагулянта. Введение обеззараживающего средства в количестве менее 6% от общей массы реагента не позволяет достичь концентрации активного хлора, необходимой для получения безопасной по микробиологическим показателям воды. Перемешивание с интенсивностью, отличающейся от приведенного в формуле интервала, а также несоблюдение временного интервала перемешивания, не позволяет сформировать флокулы необходимого размера для их осаждения, что также отрицательно сказывается на степени очистки загрязненной воды. При формировании флокул со средним размером менее 200 мкм не достигается необходимая скорость их седиментации, при этом процесс удаления загрязнений из очищаемой воды замедляется. Скорость седиментации флокул с размером, превышающим 1550 мкм, наоборот, очень высока. При этом седиментация может происходить раньше времени, не в осветлителе, а, например, в камере хлопьеобразования или трубопроводе, что является нежелательным.

Ниже приведены примеры, подтверждающие возможность осуществления изобретения.

Пример 1.

Твердый композиционный реагент изготавливают путем смешения порошка коагулянта сульфата алюминия со степенью дисперсности 0,014 мкм⁻¹ и порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности 0,003 мкм⁻¹ в соотношении 6:1 по массе. Полученный композиционный реагент в количестве 70 мг вводят в 1 дм³ модельной дисперсии каолина. Введение порошкообразного реагента производят путем дозирования в сухом виде при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 210 с⁻¹ (скорость 500 об/мин) течение 1 мин, а затем продолжают перемешивание в течение 30 мин со скоростным градиентом 9 с⁻¹ (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флокул составляет 640 мкм. Полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флокул, затем отбирают пробу из середины слоя воды и проводят определение мутности (см. табл. 1).

Таблица 1

Сравнение результатов коагуляции модельной дисперсии каолина с помощью твердого композиционного реагента и растворов коагулянта и флокулянта

Образцы	Концентрация реагентов, мг/дм ³	Мутность, мг/дм ³
Исходная дисперсия	–	47 ± 1
Al ₂ (SO ₄) ₃ (раств.)	110	1,3 ± 0,1
«Magnafloc» (раств.)	10	
Al ₂ (SO ₄) ₃ (тв.)	60	1,1 ± 0,2
«Magnafloc» (тв.)	10	

В табл. 1 представлены результаты коагуляции модельной дисперсии с помощью композиционного реагента и растворов коагулянта и флокулянта, причем для достижения сравнимых показателей мутности очищенной воды доза коагулянта в виде раствора была увеличена в 1,8 раза по сравнению с композиционным реагентом.

Пример 2.

Твердый композиционный реагент изготавливают путем смешения порошка коагулянта сульфата алюминия со степенью дисперсности 0,014 мкм⁻¹ и порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности 0,003 мкм⁻¹ в соотношении 5:1 по массе. Полученный композиционный реагент в количестве 36 мг вводят в 1 дм³ модельной дисперсии каолина объемом 1 дм³. Введение порошкообразного реагента производят путем дозирования в сухом виде при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 370 с⁻¹ (скорость 750 об/мин) в течение 0,5 мин, а затем продолжают перемешивание в течение 30 мин со скоростным градиентом 9 с⁻¹ (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флоккул составляет 200 мкм. Полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флоккул, затем отбирают пробу из середины слоя воды и проводят определение мутности воды. В табл. 2 представлено сравнение результатов коагуляции модельной дисперсии с помощью композиционного реагента и с помощью растворов коагулянта и флокулянта.

Таблица 2

Сравнение результатов коагуляции модельной дисперсии каолина с помощью твердого композиционного реагента и растворов коагулянта и флокулянта

Образцы	Концентрация реагентов, мг/дм ³	Мутность, мг/дм ³
Исходная дисперсия	–	40 ± 1
Al ₂ (SO ₄) ₃ (раств.)	50	0,2 ± 0,1
«Magnafloc» (раств.)	6	
Al ₂ (SO ₄) ₃ (тв.)	30	0,2 ± 0,1
«Magnafloc» (тв., измельч.)	6	

Из данных табл. 2 видно, что доза коагулянта в виде раствора в 1,7 раза превышает дозу коагулянта, вносимого с композиционным реагентом, при этом достигаются идентичные показатели очищенной воды.

Пример 3.

Твердый композиционный реагент изготавливают в виде таблеток из смеси порошков коагулянта пентагидроксохлорида алюминия (относительная основность 83%) со степенью дисперсности 0,015 мкм⁻¹, порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности 0,003 мкм⁻¹ и порошка ионообменного сорбента цеолита NaX со степенью дисперсности 0,02 мкм⁻¹ в соотношении 10:1:5 по массе, при этом масса сорбента составляет 31% от общей массы реагента. Из композиции формируют таблетки. Полученный композиционный реагент в форме таблетки массой 60 мг дозируют непосредственно в 1 дм³ модельной дисперсии, содержащей каолин, гуминовые соединения и соли кальция и магния, при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 370 с⁻¹ (скорость 750 об/мин) в течение 0,5 мин, а затем - в течение 30 мин со скоростным градиентом 9 с⁻¹ (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флоккул составляет 830 мкм. Полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флоккул, затем отбирают пробу из середины слоя воды и определяют мутность, цветность и содержание солей жесткости (ионов Ca²⁺ и Mg²⁺). Результаты очистки модельной водной дисперсии представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты очистки модельной водной дисперсии, содержащей каолин, гуминовые соединения и соли жесткости

Параметр	Исходная вода	Очищенная вода	Степень очистки, %
Мутность, мг/дм ³	4,0	0,8	80
Цветность, град	86	19	78
Ca ²⁺ , мг/дм ³	28	5,4	81
Mg ²⁺ , мг/дм ³	28	16	43

Полученные результаты (см. табл. 3) указывают на высокую степень удаления из воды взвешенных примесей (80%), органических соединений (78%) и солей жесткости с помощью твердого композиционного реагента.

Пример 4.

Твердый композиционный реагент изготавливают путем смешения порошка коагулянта полигидрохлорида алюминия (относительная основность 43%) со степенью дисперсности 0,006 мкм⁻¹, порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности 0,03 мкм⁻¹ и порошка регулятора pH гидрокарбоната натрия со степенью дисперсности 0,008 мкм⁻¹ в соотношении 20:1:10 по массе, при этом масса регулятора pH составляет 32% от общей массы реагента. Полученный композиционный реагент в количестве 12 мг вводят в 1 дм³ природной воды, взятой из поверхностного источника. Введение порошкообразного реагента производят путем дозирования в сухом виде при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 40 с⁻¹ (скорость 150 об/мин) в течение 1,5 мин, а затем - в течение 30 мин со скоростным градиентом 9 с⁻¹ (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флокул составляет 860 мкм. Полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флокул, затем отбирают пробу из середины слоя воды и проводят определение необходимых параметров. В табл. 4 представлены результаты очистки воды с помощью твердого композиционного реагента, содержащего регулятор pH и в его отсутствие.

Таблица 4

Влияние регулятора pH в составе композиционного реагента на степень очистки

Параметр	Исходная вода	Очищенная вода		Предельно допустимые величины в соответствии с СанПиН 10-124 РБ 99
		Композиционный реагент с регулятором pH	Композиционный реагент без регулятора pH	
pH	8,0	7,9	7,9	6-9
Мутность, мг/дм ³	1,2	0,2	0,5	1,5
Цветность, град	33	11	12	20
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /дм ³	4,5	2,9	3,6	5
Остаточный алюминий, мг/дм ³	–	0,3	0,6	0,5

Согласно данным табл. 4, введение в состав композиционного реагента регулятора pH позволило увеличить эффективность действия коагулянта, применение которого изначально не позволяло получить требуемые СанПиН 10-124 РБ 99 показатели качества воды по содержанию остаточного алюминия.

Пример 5.

Твердый композиционный реагент изготавливают путем смешения порошка коагулянта сульфата алюминия со степенью дисперсности 0,016 мкм⁻¹, порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности 0,003 мкм⁻¹ и порошка обеззараживающего средства дихлоризоцианурата натрия со степенью дисперсности 0,014 мкм⁻¹ в соотношении 20:1:1,4 по массе, при этом масса обеззараживающего средства составляет 6% от общей массы реагента. Из композиции формируют pellets. Полученный композиционный реагент в форме pellets массой 200 мг вводят в 1 дм³ природной воды, взятой из поверхностного источника в паводковый период, при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 370 с⁻¹ (скорость 750 об/мин) в течение 0,5 мин, а затем - в течение 30 мин со скоростным градиентом 9 с⁻¹ (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флокул составляет 580 мкм. Полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флокул, затем отбирают пробу из середины слоя воды и проводят определение основных характеристик. В табл. 5 представлены результаты очистки воды с высокой степенью загрязнения веществами органического происхождения с помощью твердого композиционного реагента, содержащего обеззараживающее средство и без него.

Таблица 5

Результаты очистки природных поверхностных вод с помощью твердого композиционного реагента, содержащего обеззараживающее средство, и такого же реагента без него

Параметр	Исходная вода	Очищенная вода		Предельно допустимые величины в соответствии с СанПиН 10-124 РБ 99
		Композиционный реагент с дезинфицирующим средством	Композиционный реагент без дезинфицирующего средства	
Поглощение в УФ-области (254 нм) – характеризует содержание органических веществ	0,86	0,12	0,16	–
Железо общее, мг/дм ³	0,93	0,1	0,3	0,3
Общее микробное число (ОМЧ) – число бляшкообразующих колоний бактерий в 1 см ³	$2,0 \cdot 10^3$	0	20	не более 50

Из данных табл. 5 следует, что введение в состав композиционного реагента обеззараживающего средства дихлоризоцианурата натрия позволяет получить безопасную по микробиологическим показателям воду (ОМЧ не более 50).

Пример 6.

Твердый композиционный реагент изготавливают путем смешения порошка коагулянта пентагидроксохлорида алюминия (относительная основность 83%) со степенью дисперсности $0,015 \text{ мкм}^{-1}$, порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности $0,003 \text{ мкм}^{-1}$ в соотношении 20:1 по массе. Полученный композиционный реагент в количестве 100 мг вводят в 1 дм³ ливневых сточных вод. Введение порошкообразного реагента производят путем дозации в сухом виде при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 40 с^{-1} (скорость 150 об/мин) в течение 1,5 мин, а затем в течение 30 мин со скоростным градиентом 9 с^{-1} (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флоккул составляет 1400 мкм. Полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флоккул, затем фильтруют и проводят определение основных характеристик. В табл. 6 представлены результаты очистки ливневых сточных вод.

Таблица 6

Результаты очистки ливневых сточных вод

Показатель, ед. измерения	Исходный сток	Очищенная вода	Предельно допустимое значение
рН	7,0	6,6	6-9
Взвешенные вещества, мг/дм ³	34,2	< 0,5	400
Сухой остаток, мг/дм ³	484,0	455,0	1000
ХПК, мг О ₂ /дм ³	1934	440	1000
БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	780,0	472	400
Азот аммонийный, мг/дм ³	2,8	4,83	30
Фосфаты, мг/дм ³	2,2	0,063	100
Хлориды, мг/дм ³	23,5	16,8	350
Железо общее, мг/дм ³	2,5	< 0,2	2,0
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,5	0,2	0,9

Данные табл. 6 свидетельствуют о высокой степени очистки воды по всем показателям, в том числе по показателям ХПК (химическое потребление кислорода) и БПК (биохимическое потребление кислорода), которые в исходной сточной воде превышали предельно допустимые значения почти в 2 раза.

Пример 7.

Твердый композиционный реагент изготавливают путем смешения порошка коагулянта пентагидроксохлорида алюминия (относительная основность 83%) со степенью дисперсности $0,015 \text{ мкм}^{-1}$, порошка катионного флокулянта со степенью дисперсности $0,003 \text{ мкм}^{-1}$, порошка сорбента (активированного угля марки ОУ-А) со степенью дисперсности $0,05 \text{ мкм}^{-1}$ и порошка обеззараживающего средства дихло-

ризоцианурата натрия со степенью дисперсности $0,014 \text{ мкм}^{-1}$ в соотношении 20:1:10:5 по массе, при этом масса сорбента составляет 28% от общей массы реагента, масса обеззараживающего средства - 14% от общей массы реагента. Полученный композиционный реагент в количестве 74 мг вводят в 1 дм^3 природной воды, взятой из поверхностного источника. Введение порошкообразного реагента производят путем дозации в сухом виде при интенсивном перемешивании с величиной скоростного градиента 40 с^{-1} (скорость 150 об/мин) в течение 1,5 мин, а затем - в течение 30 мин со скоростным градиентом (скорость 50 об/мин). Средний размер образовавшихся флокул составляет 1550 мкм. После окончания перемешивания полученную дисперсию отстаивают в течение 30 мин для осаждения образовавшихся флокул, затем фильтруют и проводят определение основных характеристик. В табл. 7 представлены результаты очистки природной воды с помощью твердого композиционного реагента, содержащего коагулянт, флокулянт, сорбент и обеззараживающее средство.

Таблица 7
Результаты очистки природной воды с помощью твердого композиционного реагента, содержащего коагулянт, флокулянт, сорбент и обеззараживающее средство

Показатель, ед. измерения	Исходные сточные воды	Очищенная вода	Предельно допустимые величины в соответствии с СанПиН 10-124 РБ 99
рН	8,5	8,0	6-9
Мутность, мг/дм ³	28	1,0	1,5
Цветность, град	300	15	20
Общее микробное число (ОМЧ) – число бляшкообразующих колоний бактерий в 1 см^3	$3,0 \cdot 10^3$	0	20

Таким образом, композиционные реагенты обладают целым рядом преимуществ по сравнению с традиционными водными растворами коагулянтов и флокулянтов: позволяют достичь нормируемых показателей качества очищенной воды, при этом уменьшить дозу вводимых реагентов (в 1,5-1,7 раза), снизить содержание остаточного коагулянта в очищенной воде, резко упростить процесс очистки воды за счет сокращения (в 2-3 раза) числа стадий введения реагентов. Применение композиционных реагентов на водоочистных станциях позволит также сократить площади складских помещений, отказаться от коррозионностойкого насосного и емкостного оборудования, уменьшить затраты на транспортировку реагентов.

Источники информации.

1. Tripathy, T. Flocculation : A New Way to Treat the Waste Water / T. Tripathy, Bh. R. De // Journal of Physical Sciences. – 2006. – Vol. 10. – P. 93–127.
2. Фрог, Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – Москва : Издательство МГУ, 1996. – С. 106–123.
3. Гетманцев, В.С. Моделирование и разработка процесса получения сульфата алюминия – коагулянта для водоочистки на ленточном кристаллизаторе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.01. РХТУ им. Д. И. Менделеева. М., 2009. – С. 14–16.
4. Pat. US 5320773, Current International Class C02F 1/28; C02F 1/00; C02F 1/50; C02F 1/52; C02F 1/54; C02F 001/52; C02F 005/10; published 14.06.1994.

5. Pat. US 10769226, Current International Class C02F1/56, C02F1/50, C02F1/5236, C02F1/76; published 30.01.2004.
6. Пат. RU 2351614, МПК C08F 265/06, C08F 283/01, C08F 226/02; опубл. 10.04.2009.
7. Пислегина, О.А. Эффективность применения коагулирующе-флокулирующих композиций для очистки сточных вод / О.А. Пислегина, Л.В. Гандурина Л.В. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 5. – С. 25–28.
8. Астрелин, И. М. Порошкообразный флокоагулянт-сорбент / И.М. Астрелин, Н.М. Толстопалова, Ю.В. Артюх // 17 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Казань, 21–26 сент., 2003: Тезисы докладов. Т. 3. Материалы и нанотехнологии. – Казань: Типограф. «Центр операт. печ.». – 2003. – С. 43.
9. Пашкеева, О.А. Состав, свойства и применение коагулирующе-флокулирующих композиций на основе полиоксихлорида алюминия при очистке сточных вод : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. ОАО «НИИ ВОДГЕО». М., 2011. – С. 6–26.
10. Воронов, В.Н. Химико-технологические режимы АЭС с ВВЭР / В.Н. Воронов, Б.М. Ларин, В.А. Сенина. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – С. 151–163.
11. Franceschi, M. Optimisation of the coagulation–flocculation process of raw water by optimal design method / M. Franceschi [et al.] // Water Research. – 2002. – Vol. 36. – P. 3561–3572.
12. Куренков, В.Ф. Применение полиакриламидных флокулянтов для водоочистки / В.Ф. Куренков, Hans-Georg Hartan, Ф.И. Лобанов // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – № 11. – С. 31–40.
13. Tzoupanos N. D., Zouboulis A. I. A systematic study for the characterization of a novel coagulant (polyaluminium silicate chloride) // Water Res. 2011. Vol. 45. P. 3614–3626.
14. Пат. RU 2174104, МПК C02F1/52, C02F1/56, C02F103:02 ; опубл. 27.09.2001.
15. Аликин, В.Н. Химические реагенты для обработки воды / В.Н. Аликин, Е.А. Галкин, В.И. Петенко, И.Д. Хайруллин // Экол. и пром-сть России. – 2004. – № 11. – С. 7–9.
16. Пат. RU 2106311, МПК C02F1/50, C02F1/52; опубл. 03.10.1998.
17. Pat. US 4820424A, Current International Class C02F1/5236 ; published 11.04.1989.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Твердый композиционный реагент для очистки водных растворов в виде порошков, гранул, таблеток или пеллет, содержащий коагулянт и флокулянт при их массовом соотношении от 5:1 до 20:1, причем в качестве коагулянта используют сульфат алюминия или полигидроксохлорид алюминия, степень дисперсности частиц коагулянта составляет от 0,006 до 0,016 мкм⁻¹, в качестве флокулянта используют катионный флокулянт, степень дисперсности частиц флокулянта составляет от 0,003 до 0,03 мкм⁻¹, и дополнительно содержащий сорбент цеолит NaX в количестве не менее 31% от общей массы реагента, регулятор pH гидрокарбонат натрия в количестве не менее 32% от общей массы реагента, обеззараживающее средство дихлоризоцианурат натрия в количестве не менее 6% от общей массы реагента, причем частицы цеолита NaX имеют степень дисперсности 0,02 мкм⁻¹, гидрокарбоната натрия - 0,008 мкм⁻¹, дихлоризоцианурата натрия - 0,014 мкм⁻¹.
2. Способ очистки водных растворов с помощью твердого композиционного реагента по п.1, заключающийся в том, что твердый композиционный реагент вводят в очищаемую воду при интенсивном перемешивании в течение 0,5-1,5 мин со скоростным градиентом от 40 до 370 с⁻¹, обеспечивающим образование флокул со средним размером от 200 до 1550 мкм на стадии медленного перемешивания.

