



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008144068/15, 05.11.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.11.2008

(45) Опубликовано: 10.08.2010 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2094384 C1, 27.10.1997. RU 2332360
C2, 27.08.2008. SU 747824 A1, 15.07.1980. SU
859315 A1, 30.08.1981. RU 2259953 C2,
10.09.2005. CZ 9200301 A3, 13.04.1994.

Адрес для переписки:

302023, г.Орел, пер. Силикатный, 2, ЗАО
"Экология"

(72) Автор(ы):

Майоров Сергей Александрович (RU),
Седов Юрий Андреевич (RU),
Парахин Юрий Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ЗАО "ЭКОЛОГИЯ" (RU)

(54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области очистки стоков, загрязненных механическими включениями, жирами, белками и другими органическими и неорганическими соединениями, в частности к электрохимической очистке стоков мясокомбинатов. Сущность изобретения заключается в том, что способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов включает электрокоагуляцию в электролизере с растворимыми электродами, коагуляцию с денатурацией белков и флотацию. При этом перед электрокоагуляцией белково-жировой сток очищают от механических включений и неэмульгированных жиров и смешивают с навозосодержащим стоком, предварительно очищенным от механических включений. После этого усредненный сток с рН 5,6-6

последовательно обрабатывают в электрокоагуляторе с железными электродами при насыщении стока кислородом воздуха до 2-4 мг/л, затем перекисью водорода, известью, флокулянт, а шлам удаляют отстоем и фильтрацией, при этом фильтрат обрабатывают в электрофлотаторе при рН 9-10, в который подается перекись водорода. После удаления выпавшего шлама отстоем и фильтрацией сток обрабатывают гипохлоритом натрия и последовательно фильтруют через фильтр с угольной загрузкой, фильтры с катионообменной и анионообменной загрузками и фильтр с угольной загрузкой. Технический результат заключается в разработке рациональной технологии очистки белково-жировых и навозосодержащих стоков мясокомбинатов до норм сброса в открытые водоемы рыбохозяйственного назначения. 1 ил.

RU 2 396 217 C2

RU 2 396 217 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
C02F 1/463 (2006.01)
C02F 1/465 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008144068/15, 05.11.2008**

(24) Effective date for property rights:
05.11.2008

(45) Date of publication: **10.08.2010 Bull. 22**

Mail address:
**302023, g.Orel, per. Silikatnyj, 2, ZAO
"Ehkologija"**

(72) Inventor(s):

**Majorov Sergej Aleksandrovich (RU),
Sedov Jurij Andreevich (RU),
Parakhin Jurij Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

ZAO "EhKOLOGIJa" (RU)

(54) METHOD OF ELECTROCHEMICAL PURIFICATION OF MEAT-PROCESSING PLANT SEWAGE

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to field of purification of sewage polluted with mechanical inclusions, fats, proteins and other organic and inorganic compounds, in particular to electrochemical purification of meat-processing plant sewage. Method of electrochemical purification of meat-processing plant sewage includes electrocoagulation in electrolyser with soluble electrodes, coagulation with protein denaturation and floatation. Before electrocoagulation protein-fat sewage is purified from mechanical inclusions and non-emulsified fats and is mixed with manure-containing sewage, preliminarily purified from mechanic inclusions. After this averaged sewage with pH 5.6-6 is successively treated in electrocoagulator with iron

electrodes with saturation of sewage with air oxygen up to 2-4 mg/l, then with hydrogen peroxide, lime, flocculant, sludge being removed by settling and filtration, filtrate being treated in electric fluorinator with pH 9-10, into which hydrogen peroxide is supplied. After removal of deposited sludge by settling and filtration sewage is treated with sodium hypochlorite and successively filtered through filter with coal charge, filter with cation-exchanging and anion-exchanging charges and filter with coal charge.

EFFECT: elaboration of rational technology of purification of protein-fat and manure-containing sewages of meat-processing plants to the norms of discharge into open water fishery reservoirs.

1 ex, 1 dwg

Изобретение относится к области очистки стоков, загрязненных механическими включениями, жирами, белками и другими органическими и неорганическими соединениями, в частности к электрохимической очистке стоков мясокомбината.

5 Известен способ электрохимической очистки сточных вод от белка, заключающийся в газонасыщении обрабатываемых сред за счет разложения молекул воды под воздействием электролиза с одновременным насыщением среды гидроксидами металлов, образующихся при растворении анодов электролизеров, электрокоагуляции загрязнений, в т.ч. белков, флотации и удаления пены (см. Дерягин Б.В. и др. 10 Микрофлотация. М.: Химия, 1986, с.84).

Недостатки способа: длительность процесса очистки, активная пассивация электродов за счет обрастания их жирами и белками, что требует применения специальных мер по очистке электродов, недостаточно высокое качество очистки (- 90%), неполное удаление белков и других органических и неорганических соединений. 15

Известен способ электрохимической очистки белковосодержащих жидких сред путем электрокоагуляции, коагуляции с денатурацией белков, флотации и удаления пены, осуществляемый в установке электрокоагуляции органических примесей сточных вод (см. авт. св. СССР N 789407, кл. C02F 1/46, B01D 17/06, опубл. 1980 г.).

20 Способ предусматривает возврат очищаемого стока на начальный этап обработки из-за непрореагировавших загрязнителей.

Недостатки способа: невозможность обеспечения оптимальных режимов протекания каждого отдельного химического процесса (газонасыщение, насыщение ионами металла анода электрокоагуляции), в т.ч. время, скорость, плотность тока и рН среды и др.; активная пассивация электродов и обрастание их жирами и белками, что предопределяет необходимость дополнительных мер по очистке электродов и требует использования жироловок; недостаточное качество очистки воды, невозможность удаления солей, сульфатов, хлоридов и др., неполное удаление белков. 25

Известен способ электрохимической очистки сточных вод, содержащих масла и жиры, в частности очистки сточных вод мясокомбинатов (см. патент RU № 2093476, кл. C02F 1/465, 1997). Способ включает отстаивание, отделение всплывших масел и жиров, обработку известью и двухступенчатую электрофлотационную обработку, в котором перед второй ее ступенью проводят гальванокоагуляцию с использованием гальванопары железо-медь. 30 35

Недостатки способа: низкое качество очистки воды из-за повышенного содержания органических и неорганических примесей, в частности, по содержанию растворимых органических соединений, сульфатов, фосфатов, нитратов, хлоридов. Причины: 40 внесение извести до электрохимического разрушения ККФК (казеинат кальциевофосфатного комплекса), в виде которых в сточных водах присутствуют белки; низкая эффективность гальванической пары при высоких концентрациях органических и неорганических загрязнителей в сточных водах мясокомбинатов.

Наиболее близким по технической сущности является способ электрохимической 45 очистки белковосодержащих жидких сред, в частности очистки сточных вод мясокомбинатов (см. патент RU № 2094384, кл C02F 1/463, C02F 1/465, 1997) - прототип.

Способ включает электрокоагуляцию, коагуляцию с денатурацией белков, флотацию и удаление пены, в котором перед электрокоагуляцией воду газонасыщают 50 путем электролиза, а после электрокоагуляции повторно проводят электролиз до рН среды, равной изоэлектрической точке белков при одновременной коагуляции и денатурации белков с последующим хлопьеобразованием, при этом электролиз, электрокоагуляцию и коагуляцию проводят в турбулентном режиме. Устройство

содержит электролизер газонасыщения, размещенный перед электрокоагулятором, и камеру хлопьеобразования, размещенную после электролизера денатурации белков.

Способ предусматривает, в случае очистки сточных вод мясокомбинатов:

5 - перед обработкой стока в электролизере, предварительное подкисление стока серной кислотой до обеспечения полной коагуляции белков;
- подогрев очищаемой сточной воды до 60-65°C;
- последующее охлаждение стока на 10-15°C для создания условий для хлопьеобразования.

10 Недостатки способа:

- способ энергозатратен из-за необходимости: а) подогрева стока до 60-65°C; б) последующего охлаждения стока на 10-15°C для хлопьеобразования; в) расхода серной кислоты на подкисление стока; г) использования трех электролизеров (электролизер газонасыщения, электрокоагулятор, электролизер денатурации белков)
15 для денатурации и осаждения белков;

- при всей сложности точной корректировки кислотности раствора до долей единицы рН для достижения изоэлектрической точки белка (ИЭТ), способ не обеспечивает полной коагуляции белков, поскольку кислые белки животного происхождения имеют ИЭТ при рН 5,6; а для щелочных белков (гистоны и протамины) ИЭТ находится в щелочной области (рН>7);

20 - способ не предусматривает очистку навозосодержащих стоков мясокомбината;
- способ не предусматривает доочистку стоков от повышенного содержания водорастворимых органических соединений и солей щелочных и щелочноземельных металлов до норм ПДК сброса их в открытые водоемы рыбохозяйственного назначения.
25

Цель изобретения состоит в разработке рациональной технологии очистки белково-жировых и навозосодержащих стоков мясокомбинатов до норм сброса в открытые
30 водоемы рыбохозяйственного назначения.

Цель достигается тем, что в способе электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов, включающем электрокоагуляцию в электролизере с растворимыми электродами, коагуляцию с денатурацией белков, флотацию, согласно изобретению перед электрокоагуляцией белково-жировой сток очищают от механических
35 включений и неэмульгированных жиров и смешивают с навозосодержащим стоком, предварительно очищенным от механических включений, после чего усредненный сток с рН 5,6-6 последовательно обрабатывают в электрокоагуляторе с железными электродами при насыщении стока кислородом воздуха до 2-4 мг/л, затем перекисью
40 водорода, известью, флокулянтном, а шлам удаляют отстоем и фильтрацией, при этом фильтрат обрабатывают в электрофлотаторе при рН 9-10, в который подается перекись водорода, а после удаления выпавшего шлама отстоем и фильтрацией, сток обрабатывают гипохлоритом натрия и последовательно фильтруют через фильтр с угольной загрузкой, фильтры с катионообменной и анионообменной загрузками и
45 фильтр с угольной загрузкой.

Использование заявляемого технического решения позволит:

- совместно очищать от загрязнителей белково-жировые и навозосодержащие стоки мясокомбинатов;

50 - исключить расход серной кислоты на подкисление белково-жирового стока на достижение рН среды, соответствующей изоэлектрической точки белка;

- исключить энергозатраты на подогрев до 60-65°C и охлаждение очищаемой сточной воды;

- сократить количество электролизеров для денатурации и осаждения белков с трех до одного;

- очищать сточные воды мясокомбината от белков, других органических и неорганических соединений до норм сброса в открытые водоемы рыбохозяйственного назначения.

Заявляемый способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов, включающий электрокоагуляцию в электролизере с растворимыми электродами, коагуляцию с денатурацией белков, флотацию отличается от прототипа тем, что перед электрокоагуляцией белково-жировой сток очищают от механических включений и неэмульгированных жиров и смешивают с навозосодержащим стоком, предварительно очищенным от механических включений, после чего усредненный сток с рН 5,6-6 последовательно обрабатывают в электрокоагуляторе с железными электродами при насыщении стока кислородом воздуха до 2-4 мг/л, затем перекисью водорода, известью, флокулянтom, а шлам удаляют отстоем и фильтрацией, при этом фильтрат обрабатывают в электрофлотаторе при рН 9-10, в который подается перекись водорода, а после удаления выпавшего шлама отстоем и фильтрацией, сток обрабатывают гипохлоритом натрия и последовательно фильтруют через фильтр с угольной загрузкой, фильтры с катионообменной и анионообменной загрузками и фильтр с угольной загрузкой. Перечисленные отличия позволяют получить заявляемый эффект.

Перечисленные отличительные признаки заявляемого технического решения от известного, принятого за прототип, позволяют сделать вывод, что заявляемый способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов удовлетворяет критерию изобретения «новизна».

Анализ патентной и научно-технической литературы показал, что предложенный способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов путем последовательных операций: перед электрокоагуляцией белково-жировой сток очищают от механических включений и неэмульгированных жиров и смешивают с навозосодержащим стоком, предварительно очищенным от механических включений, после чего усредненный сток с рН 5,6-6 последовательно обрабатывают в электрокоагуляторе с железными электродами при насыщении стока кислородом воздуха до 2-4 мг/л, затем перекисью водорода, известью, флокулянтom, а шлам удаляют отстоем и фильтрацией, при этом фильтрат обрабатывают в электрофлотаторе при рН 9-10, в который подается перекись водорода, а после удаления выпавшего шлама отстоем и фильтрацией, сток обрабатывают гипохлоритом натрия и последовательно фильтруют через фильтр с угольной загрузкой, фильтры с катионообменной и анионообменной загрузками и фильтр с угольной загрузкой, - не описан.

На основании этого предложенное решение удовлетворяет критерию изобретения "изобретательский уровень".

Заявляемое техническое решение может быть использовано для очистки сточных вод мясокомбинатов до норм сброса их в открытые водоемы рыбохозяйственного назначения. Таким образом, предложенный способ удовлетворяет критерию изобретения "промышленная применимость".

Заявленный способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов осуществляется с помощью устройства, схема которого изображена на чертеже.

Устройство содержит аппарат с механизированной решеткой 1 для удаления механических включений из белково-жировых стоков, сепаратор 2 для удаления

жиров, аппарат с механизированной решеткой 3 для удаления механических включений из навозосодержащих стоков, усреднительную емкость 4 для смешивания стоков, электрокоагулятор 5 с растворимыми железными электродами, компрессор 6, смеситель 7, мерник для перекиси водорода 8, смеситель 9, мерник для суспензии гашеной извести 10, смеситель 11, мерник для раствора флокулянта 12, осветлитель 13, блок фильтров 14, электрофлотатор 15, мерник для перекиси водорода 16, отстойник с тонкослойными блоками 17, фильтр с инертной загрузкой 18, смеситель 19, мерник для гипохлорита натрия 20, фильтр с угольной загрузкой 21, фильтр с катионообменной загрузкой 22, фильтр с анионообменной загрузкой 23, фильтр с угольной загрузкой 24.

Способ осуществляется следующим образом.

Способ предусматривает смешение белково-жировых и навозных стоков мясокомбинатов и последовательное удаление из них загрязнителей органической и неорганической природы направленными операциями.

Механические включения и неэмульгированные жиры удаляют из белково-жировых стоков фильтрацией через аппарат с механизированной решеткой и сепарацией, соответственно, механические включения навозосодержащих стоков - фильтрацией через аппарат с механизированной решеткой. Оба стока: белково-жировой (практически нейтральный) сток и навозосодержащий (кислый) сток, смешивают в усреднительной емкости. Усредненный сток с кислотностью рН 5,6-6 (кислотность водной среды - близкая к изоэлектрической точке белка) направляют в электрокоагулятор с железными электродами. Электрокоагуляционную обработку усредненного стока проводят в турбулентном режиме, при рН 5,6-6, при насыщении обрабатываемого стока кислородом воздуха диспергированием.

В условиях электрокоагуляции, под действием растворенных электролитов и электрохимической окислительно-восстановительной деструкции, идут известные физико-химические и химические процессы:

- разрушение коллоидной системы стока;
- разрушение сложных структур белка (вторичной, третичной, четвертичной) до первичной структуры (денатурация белка) и осаждение белка из раствора;
- частичная гидролитическая деструкция казеинат кальциевофосфатного комплексов белков до пептидов, простетических (органических и неорганических) соединений, аминокислот;
- гидролитическая и электрохимическая окислительно-восстановительная деструкция эмульгированных простых (жиров) и сложных липидов до глицерина, органических и неорганических кислот;
- восстановление кратных связей продуктов деструкции в прикатодном пространстве радикалами водорода и окисление продуктов деструкции в прианодном пространстве радикалами кислорода и гидроксильных групп до кислот;
- окислительная деструкция растворенных в воде продуктов жизнедеятельности микроорганизмов (сероводорода, меркаптанов, фосфинов) до соответствующих кислот;
- разрушение защитной оболочки микроорганизмов и необратимая деструкция их ферментных, белковых систем и ДНК под действием межэлектродного разряда и промежуточных продуктов электролиза, что приводит к гибели микроорганизмов.

Параллельно с описанными выше процессами в электрокоагуляторе идет анодное растворение железных электродов с образованием ионов железа (II и III). Последние являются как реагентами, образуя растворимые и нерастворимые соли железа с кислотами, так и коагулянт Fe(OH)₃ для продуктов гидролитической и

электрохимической деструкции белков, жиров и сложных липидов, и других органических соединений.

Насыщение водного потока кислородом воздуха с одной стороны усиливает деструктирующую способность электрокоагулятора, так как к электрохимическому окислительно-восстановительному процессу электролиза подключается активированная форма кислорода - «возбужденный» кислород (O_2^*), который редуцируется из молекулярного кислорода (O_2^0) в электрическом поле межэлектродного пространства электролизера. Повышенная концентрация активных форм кислорода в межэлектродном пространстве не только повышает скорость деструкции органических загрязнителей, но и скорость окисления ионов железа (II) в ионы железа (III), которые при гидролизе дают $Fe(OH)_3$ - коагулянт, что ускоряет и процесс коагуляции. С другой стороны - напорная дисперсия воздуха в электролизере создает турбулентный поток и предотвращает инактивацию электродов за счет их обрастания продуктами деструкции.

Из электрокоагулятора пульпу подают в смесители и последовательно обрабатывают перекисью водорода, известью и флокулянтам. Перекись водорода необходима для окисления ионов железа (II) в ионы железа (III) и для доокисления растворимых в воде органических соединений до органических кислот, а гидроокись кальция (известь) - для денатурации «щелочных» белков и их осаждения, а также для осаждения органических кислот, фосфатов и сульфатов из раствора в виде нерастворимых солей кальция. Флокулянт необходим для укрупнения взвешенных частиц с целью сокращения времени их осаждения и фильтрации. Основная масса продуктов деструкции (до 90%) коагулируется в виде хлопьеподобной взвеси и осадка нерастворимых гидроксидов железа, солей железа и кальция карбоновых, фосфорных и других кислот. Шлам после электрокоагуляционной и реагентной обработки стока удаляют из воды отстоем и фильтрацией. Далее осветленный сток при pH 9-10 обрабатывают в электрофлотаторе перекисью водорода, с целью электрохимической и реагентной окислительной деструкции оставшихся в воде органических соединений и окисления ионов железа (II) в ионы железа (III).

Химизм деструкции органических соединений в электрофлотаторе аналогичен процессам в электрокоагуляторе. Продукты электрофлотации и реагентного окисления удаляют из очищаемой воды отстоем в отстойнике с тонкослойными блоками и фильтрацией через инертную загрузку.

Заключительная доочистка стока от повышенного содержания неорганических и органических соединений до норм сброса стока в открытые водоемы рыбохозяйственного назначения осуществляют последовательными операциями: окисление осветленного стока гипохлоритом натрия, фильтрация через сорбционный, хемосорбционные и сорбционный материалы. Гипохлорит натрия окисляет остаточную трудноокисляемую органику до органических спиртов, альдегидов, кислот. Сорбционный (угольный материал) сорбирует продукты окисления и соли аммония. Хемосорбционные материалы (катионитовые и анионитовые смолы) удаляют из очищаемого стока избыточное содержание солей щелочных и щелочно-земельных металлов. Сорбционный (угольный) фильтр в конце технологической линии необходим для корректировки количественного содержания органических и аммонийных загрязнителей в очищенном водном стоке перед его сливом в открытые водоемы.

Способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов поясняется примером.

Пример.

Белково-жировой сток последовательно подают погружным насосом с режущим механизмом в аппарат с механизированной решеткой 1 для удаления из стока механических примесей, в сепаратор 2 для удаления неэмульгированных жиров и далее в усреднительную емкость 4. Навозосодержащий сток очищают от механических включений прокачкой его через аппарат 3 с механизированной решеткой и далее направляют в усреднительную емкость 4. Оба стока смешивают в соотношении: белково-жировой сток - навозосодержащий сток - 10:1. Далее усредненный сток с рН 5,6-6 подают в электрокоагулятор 5 с железными электродами. Электрокоагуляцию осуществляют при рН 5,6-6, при насыщении стока кислородом воздуха до 2-4 мг/л компрессором 6, при плотности тока на электродах 50-150 А/дм², межэлектродном расстоянии 10-20 мм, время обработки стока в электрокоагуляторе 3 мин.

Из электрокоагулятора пульпу перекачивают в смеситель 7 и обрабатывают 4,5% перекисью водорода из мерника 8. После обработки перекисью водорода пульпу подают в смеситель 9 и обрабатывается 10% суспензией гашеной извести из мерника 10 и перекачивают в смеситель 11, где обрабатывают 0,1% раствором флокулянта (полиакриламид) из мерника 12 для укрупнения взвешенных частиц, продуктов электрокоагуляции, коагуляции и осаждения. Из смесителя 12 пульпу перекачивают в осветлитель 13 и далее в блок фильтров с плавающей загрузкой 14. Осветленный раствор поступает в электрофлотатор 15 с железными электродами, в который подается 4,5% перекись водорода из мерника 16.

Электрофлотацию осуществляют при рН 9-10, при плотности тока на электродах 50-150 А/дм², межэлектродном расстоянии 10-20 мм, время обработки очищаемого стока в электрофлотаторе 3 мин. После обработки в электрофлотаторе, взвешенный шлам удаляют с помощью отстойника 17 с тонкослойными блоками и фильтруют через фильтр 18 с инертной загрузкой, например кварцевый песок. После фильтрации через инертную загрузку, осветленный сток обрабатывают в смесителе 19 раствором 1% гипохлорита натрия из мерника 20 и последовательно фильтруют через фильтр 21 с сорбционной угольной загрузкой, например, марки БАУ-А, ДАК, АГ-3, АГ-ОВ, УАФ, фильтры 22 и 23 с хемосорбционными ионообменными смолами - фильтр 22 с катионообменной загрузкой, например катиониты марки КУ-2-8, КУ-23, КУ-1, Сульфуголь, и фильтр 23 с анионообменной загрузкой, например аниониты марки АВ-16, АВ-17. Далее водный сток фильтруют через фильтр 24 с сорбционной угольной загрузкой, например, марки БАУ-А, ДАК, АГ-3.

Очищенный до норм ПДК сток используют для хозяйственных нужд или сбрасывают в открытые водоемы рыбохозяйственного назначения.

Механические включения после фильтрации (аппараты 1, 3), отсепарированные жиры (сепаратор 2) и шлам после электрокоагуляции, коагуляции и реагентной обработки сжигаются. Шлам после электрофлотации, представляющий собой гидроксиды железа, соли железа, органических и неорганических кислот с классом опасности 4-5 захоранивают на полигонах ТБО.

Формула изобретения

Способ электрохимической очистки сточных вод мясокомбинатов, включающий электрокоагуляцию в электролизере с растворимыми электродами, коагуляцию с денатурацией белков, флотацию, отличающийся тем, что перед электрокоагуляцией белково-жировой сток очищают от механических включений и неэмульгированных жиров и смешивают с навозосодержащим стоком, предварительно очищенным от

механических включений, после чего усредненный сток с рН 5,6-6 последовательно обрабатывают в электрокоагуляторе с железными электродами при насыщении стока кислородом воздуха до 2-4 мг/л, затем перекисью водорода, известью, флокулянтom, а шлам удаляют отстоем и фильтрацией, при этом фильтрат обрабатывают в электрофлотаторе при рН 9-10, в который подается перекись водорода, а после удаления выпавшего шлама отстоем и фильтрацией сток обрабатывают гипохлоритом натрия и последовательно фильтруют через фильтр с угольной загрузкой, фильтры с катионообменной и анионообменной загрузками и фильтр с угольной загрузкой.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

