

In article the main directions on increases of efficiency of operation of agricultural systems of water supply for minimization of prime cost of water and improvement of quality of water are considered.

УДК 628.16

Андреюк С.В., Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Введение. В настоящее время прослеживается тенденция к повышению содержания химических загрязнений как в поверхностных, так и в подземных водах. В частности, это проявляется в увеличении концентрации азотистых соединений, присутствующих в воде, в виде гидрата окиси аммония, нитритов, нитратов, соединений типа аминов и др.

Интенсивное применение азотных удобрений в сельском хозяйстве, развитие промышленных, городских агломераций – основные источники попадания азотсодержащих соединений в подземные горизонты, в том числе Белорусского региона [1].

С медицинской точки зрения аммонийный азот, нитраты, нитриты рассматриваются в качестве «предшественников» нитрозаминов, и их количество в воде, используемой для хозяйственно-питьевых целей, нормируется в большинстве стран мира.

Для того чтобы качество питьевой воды удовлетворяло нормативным требованиям, в ряде случаев необходимо осуществлять специальную обработку природной воды. И поскольку тенденция роста содержания соединений азота во многих регионах становится угрожающей, большой научный и практический интерес представляет исследование и оценка эффективности очистки водных систем различными методами.

На основании экспериментальных исследований анализируется практическая возможность использования ионообменных смол для очистки природных вод от азотистых соединений таким физико-химическим методом, как ионный обмен.

Общие сведения об аппаратном оформлении процесса ионного обмена. В настоящее время разработано большое количество ионообменных аппаратов, различающихся по принципу устройства и действия.

Рассматривая все многообразие аппаратов, применяемых для осуществления ионного обмена в промышленности, можно сделать вывод о том, что в них протекают определенные физические процессы (гидродинамические, тепловые, диффузионные), с помощью которых создаются оптимальные условия для проведения собственно ионного обмена (ионообменной реакции).

Для всех ионообменных аппаратов существуют общие принципы, на основе которых можно найти связь между конструкцией аппарата, основными закономерностями и особенностями протекающего в нем ионного обмена [2].

Критериями, по которым можно классифицировать ионообменное оборудование, являются периодичность и непрерывность процесса, его гидродинамический режим, состояние слоя ионита, принцип организации движения и контакта взаимодействующих фаз, конструктивная форма, подвод энергии и др.

По принципу организации процесса ионообменная аппаратура может быть разделена на три группы:

- аппараты непрерывного действия;
- аппараты полунепрерывного действия;
- аппараты периодического действия.

По гидродинамическому режиму различают следующие типы

ионообменных аппаратов:

- аппараты с пассивным гидродинамическим режимом (аппараты вытеснения);
 - аппараты с развитым гидродинамическим режимом (аппараты смешения);
 - аппараты с промежуточным гидродинамическим режимом (аппараты промежуточного типа).
- По состоянию слоя ионита могут быть аппараты:
- с неподвижным слоем;
 - с движущимся слоем;
 - с пульсирующим слоем;
 - с перемешиваемым слоем;
 - с циркулирующим слоем.

По принципу организации контакта взаимодействующих фаз различают:

- аппараты с непрерывным контактом фаз;
- аппараты со ступенчатым контактом фаз.

По принципу организации взаимного направления движения жидкой и твердой фаз аппараты разделяют на три группы:

- прямоточные;
- противоточные;
- со смешанным током.

Наряду с другими перечисленные выше классификационные признаки (состояние слоя ионита, принцип организации движения и контакта взаимодействующих фаз) оказывают самое большое влияние на принцип устройства и действия всего аппарата и в целом должны определять его конструктивный тип.

Конструктивные типы аппаратов для ионного обмена и область их применения. Конструктивный тип аппарата для проведения ионного обмена, принцип его действия, технологические характеристики зависят от многих факторов, к важнейшим из которых, определяющих устройство аппарата, можно отнести следующие: неоднородность системы (степень осветления жидкой фазы), концентрация в ней целевого компонента, ее физические и химические свойства, разность плотностей взаимодействующих фаз, интенсивность их перемешивания, время контакта и время установления равновесия, соотношение между жидкой и твердой фазами, непрерывность или периодичность процесса, удобство монтажа, обслуживания и ремонта аппарата, простота его изготовления, доступность конструкционных материалов и т.д.

В общем случае конструктивный тип аппарата должен обеспечивать высокую производительность и одновременно высокую эффективность его работы. Однако на практике каждый конструктивный тип аппарата в качестве оптимального может иметь только какой-либо один из этих двух показателей своей работы, поэтому каждая конструктивная группа аппаратов имеет свои, иногда довольно узкие области практического применения.

Андреюк Светлана Васильевна, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Волкова Галина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Сторожук Наталья Юрьевна, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1. Технические характеристики и области применения некоторых промышленных типов ионообменных аппаратов

№ п/п	Конструктивный тип аппарата	Максимальная производительность, м ³ /ч	Удельная производительность, м ³ /(м ² /ч)	Относительная загрузка ионита	Область применения
1.	Аппарат с неподвижным сплошным слоем ионита	300-500	5-20	1-10	Растворы различных концентраций, не содержащие механических примесей
2.	Аппарат со сплошным движущимся слоем ионита	0,1	5-10	1	Растворы различных концентраций, не содержащие механических примесей
3.	Аппарат с неподвижным взвешенным слоем ионита	100	5-10	1	Растворы малой концентрации; разбавленные взвеси
4.	Аппарат с секционированным, движущимся слоем ионита	20-30	2-5	1	Концентрированные растворы; разбавленные взвеси
5.	Аппарат с движущимся слоем и пневмогидравлической выгрузкой ионита	20	5-10	0,2-0,3	Концентрированные растворы
6.	Аппарат с пульсирующим слоем ионита	300	5-45	0,05-0,1	Растворы различных концентраций, в том числе содержащие механические примеси
7.	Аппарат с циркулирующим слоем ионита	200-300	5-10	1	Взвеси с различным содержанием твердой фазы

В таблице в качестве примера приведены некоторые технические характеристики в области практического использования отдельных ионообменных аппаратов промышленного типа.

Как видно из таблицы, наиболее ограничен выбор конструктивного типа ионообменного аппарата для ионного обмена из гетерогенных систем (взвеси, пульпы), в то же время для ионообменных процессов, протекающих в гомофазных системах (растворы), он более разнообразен.

Обоснование выбора аппаратного оформления процесса очистки подземных вод от азотистых соединений. В промышленных условиях важнейшее значение приобретают высокая производительность и высокая эффективность оборудования, поэтому выбор типа и конструкции ионообменного аппарата является одним из самых главных и ответственных этапов технологической реализации ионного обмена. Правильное аппаратное оформление в значительной степени определяет экономику процесса.

В инженерной практике технико-экономическую оценку и сравнение ионообменной аппаратуры наиболее часто проводят по следующим основным показателям:

- удельной производительности или нагрузке;
- рабочему объему аппарата, обеспечивающему заданную производительность или степень извлечения (или очистки);
- количеству ионообменной смолы, загружаемой в аппарат;
- высоте слоя ионообменной смолы, обеспечивающей одну теоретическую ступень изменения концентрации.

Исследования показали, применительно к водоснабжению небольших автономных объектов, с учетом конструктивных, технологических и экономических показателей ионообменного оборудования, для очистки подземных вод от нитратов и нитритов рекомендуется использовать аппараты периодического действия со сплошным неподвижным слоем.

Работа аппарата (ионитного фильтра) основана на фильтрации раствора через неподвижный слой анионита. При этом содержащиеся в растворе нитрат- и нитрит-ионы замещаются активными ион-группами анионита. Очищаемый раствор пропускается через аппарат до проскока извлекаемого вещества в фильтрат, после чего подачу раствора прекращают и ионообменный материал регенерируют, подавая регенерирующий раствор едкого натра NaOH или соды Na₂CO₃ через те же штуцера, что и очищаемый. Затем ионит отмывают от регенерирующего раствора и иногда взрыхляют для устранения образовавшихся при работе каналов в слое ионита, наличие которых резко снижает эффективность работы фильтра.

Производительность фильтра зависит от способа подачи раствора и способа проведения регенерации. При подаче жидкости снизу вверх, когда слой свободен, скорость фильтрования раствора

ограничивается скоростью псевдооживления, равной 1–5 м/ч. Для увеличения производительности можно сверху устанавливать дренажное устройство, которое препятствует расширению ионита и поджимает слой. Таким образом можно повысить скорость подачи раствора до 40–50 м/ч.

Рассмотренная конструкция ионообменного фильтра может быть использована как промышленный аппарат для очистки подземных азотсодержащих вод на станции водоподготовки небольшого населенного пункта либо для обслуживания группы водопотребителей.

Основы расчета ионообменных аппаратов при удалении из природных вод азотистых соединений. Исходными данными для расчета ионообменной колонны являются объем (V) раствора, подлежащий ионообменной очистке, начальная (C_0) и конечная (C_{en}) концентрации извлекаемого (целевого) иона в растворе.

Основными параметрами, определяемыми в результате расчета ионообменной колонны, являются диаметр колонны d , высота слоя ионита H и время защитного действия слоя ионита t для колонны со стационарным и с движущимся сплошным слоем ионита. Заключительным этапом расчета ионообменной колонны является оптимизация ее работы по какому-либо критерию оптимальности [3].

Рекомендуемые технологические схемы очистки подземных вод от азотистых соединений с использованием метода ионного обмена. Как показали проведенные исследования, с учетом принципов компоновки технологических схем, применяемых при обработке воды, а также специфических особенностей очистки воды, определяемых требованиями потребителей, процесс очистки от азотистых соединений будет включать в себя:

- физико-химическую очистку, как основную стадию удаления нитрат-ионов и железа II;
- механическую очистку для исключения попадания мелких частиц в аппараты физико-химической очистки;
- обеззараживание и/или сорбция – при необходимости как заключительная стадия обработки воды.

Рекомендуемые технологические схемы представлены на рисунке 1. Применительно для подземных вод исследуемого региона технология очистки может ограничиваться физико-химической очисткой (рис. 1 б).

Заключение. Объем потребляемой в мире воды достигает 4 трлн. м³ в год, а преобразованию со стороны человека подвергается практически вся гидросфера. Вредные химические элементы и вещества (в том числе соединения азота и фосфора) попадают в водоемы, подземные воды, ухудшая их санитарное состояние и вызывая необходимость специальной глубокой очистки воды перед использованием ее для хозяйственно-питьевых и некоторых промышленных целей.

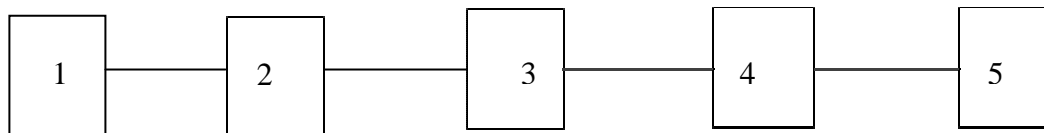


Схема «а»



Схема «б»

1 – источник водоснабжения; 2 – механическая очистка; 3 – блок физико-химической очистки; 4 – обеззараживание; 5 – потребитель воды

Рис. 1. Технологические схемы обработки воды

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь // Статистический сборник. – РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2012. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/homep/ru/publications/yearbook/2012/about.php>.
2. Когановский, А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – Киев: Наук. думка, 1983. – 240 с.
3. Исследование процессов и разработка технологии очистки подземных вод от азотистых соединений в целях водоснабжения сельского населения РБ: отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / Брестский государственный технический университет; рук. С.В. Соколюк. – Брест, 2000. – 88 с. – № ГР 2000819.
4. Адсорбенты и ионные обменники в процессах очистки природных и сточных вод. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lapeksp.ru/content.php?article.521>.

Материал поступил в редакцию 04.07.13

ANDREYUK S.V., VOLKOVA G.A., STOROZHUK N.Yu. Technological schemes and hardware registration of processes of ion-exchange purification of underground waters from nitrogenous connections

The characteristic of water objects of Byelorussia is presented. Recommended techno-logical schemes of groundwater purification of nitrogen compounds: using physical and chemical methods of ion exchange and sorption.

УДК 628.316

Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ С ОЗОНОМ НА ПРОЦЕСС ПОСЛЕДУЮЩЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Введение. Большинство производственных сточных вод текстильных предприятий являются интенсивно окрашенными в связи с присутствием в них синтетических красителей, используемых при крашении сырья и готовой продукции, а также при печати тканей. Для снижения интенсивности окраски сточных вод можно использовать различные методы, однако наиболее эффективным методом является озонирование [1, 2]. На кафедре ВВиОВР Брестского государственного университета выполнены исследования по озонированию окрашенных сточных вод на примере ОАО «Брестский чулочный комбинат» [3], которые подтвердили высокую эффективность озонирования для снижения интенсивности окраски сточных вод текстильных предприятий. Однако возникает вопрос влияния продуктов взаимодействия органических красителей с озоном на процесс последующей биологической очистки данных сточных вод.

Высокая эффективность применения озона для снижения окраски сточных вод синтетическими красителями заключается в том, что озон наиболее энергично взаимодействует с ненасыщенными свя-

зями [4]. Как известно, практически все органические красители являются производными ароматических соединений, т.е. их молекулы построены на основе бензольных, нафталиновых, антраценовых, гетероциклических и т.п. структур, т.е. содержат ненасыщенные связи. К тому же большая часть производимых в настоящее время органических красителей по химическому строению являются азокрасителями, т.е. содержат в своем составе азо-связи ($-N=N-$), которые являются частью хромофора молекулы красителя. И азосвязи, и двойные связи ароматических колец при взаимодействии с озоном разрушаются в первую очередь, при этом образуются продукты распада, содержащие части молекул исходных красителей. Поскольку при разрушении всех ненасыщенных связей озоном продукты реакции являются алифатическими оксисоединениями, дальнейшее их разрушение под действием озона происходит медленно [4]. Однако исследований влияния глубины деструкции органических красителей озоном в водных растворах на последующее биологическое окисление продуктов реакции в литературных

Белов Сергей Григорьевич, к.т.н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения, охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Наумчик Григорий Остапович, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения, охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.