

шения дозы алюминия цветность воды снижалась незначительно. Так, при увеличении дозы алюминия с 10 до 20 мг/л цветность воды снизилась лишь на 8 град. (с 20 до 12 град.).

Одновременно с процессом электрохимического обесцвечивания воды достигалось эффективное ее обезжелезивание. Определение остаточного железа в воде при введении тех же доз алюминия показало (рис. 2), что для снижения железа с 1,75 мг/л в исходной воде до требований ГОСТа на питьевую воду потребовалось 3 мг/л Al^{3+} .

При дозе алюминия 10 мг/л остаточное содержание железа в воде составляло 0,05 мг/л.

Затраты электроэнергии на обработку 1 м³ воды при дозе алюминия 10 г/м³ составляли 120 Вт·ч.

Таким образом, исследования показали целесообразность применения электрохимического метода обработки воды. Этот метод с успехом может использоваться для получения питьевой воды на небольших автономных объектах.

Литература

1. Шевченко М. А. Органические вещества в природной воде и методы их удаления.— К., 1966.

Я. А. КАРЕЛИН, Е. П. ЯКУБОВСКИЙ

РЕГЕНЕРАЦИЯ ИОНИТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Для очистки сточных вод весьма эффективным является метод ионного обмена. Широкое его внедрение сдерживается из-за значительных расходов на реагенты. Поэтому регенерация ионообменных смол имеет важное значение.

В практике применяются в основном два способа регенерации—прямоточный и противоточный.

При прямоточном способе регенерации направление движения регенерирующего раствора совпадает с направлением движения очищаемой воды. В этом случае замыкающие слои ионита оказываются наименее отрегенированными. В следующем же рабочем цикле происходит проскок сорбируемых ионов в начале процесса. Это вызвано обменом ионов регенеранта, образующихся в верхних слоях загрузки на полностью вытесненные в процессе регенерации сорбируемые ионы.

Недостатки данного метода: реагенты используются недостаточно полно, что обуславливает больший их расход; в результате неполного использования реагентов ионообменная загрузка регенерируется лишь частично, что приводит к повышенному проскоку ионов и тем самым ухудшению степени очистки воды; большой расход воды на собственные нужды установки; в элюатах остаются избыточные реагенты, вследствие чего требуются дополнительные нейтрализующие реагенты.

Противоточная регенерация осуществляется пропуском регенерирующего раствора через фильтр в направлении, противоположном движению воды в рабочей стадии. При этом средняя величина степени регенерации по слою может быть значительно уменьшена без уменьшения степени извлечения, так как замыкающая часть слоя ионита в рабочей стадии имеет степень регенерации гораздо выше средней. Противоточный процесс предотвращает проскок сорбирующих ионов в начале рабочего цикла, исключает операцию взрыхления ионита, снижает расход реагентов. Избыток регенерирующих веществ в элюатах значительно ниже, чем при проточной регенерации. Степень чистоты воды при этом намного выше.

Для регенерации ионитов используют растворы солей, кислот, щелочей и их смесей. Очистка сточных вод с помощью ионитов в солевой форме не меняет общее солесодержание. Поэтому при очистке воды для повторного ее использования катиониты и аниониты следует применять в водородной и гидроксильной формах, а регенерировать их соответственно кислотами и щелочами.

Наиболее широко для регенерации катионитов применяются серная и соляная кислоты. Чаще всего регенерация производится серной кислотой, она дешевле соляной, и при прочих равных условиях ее расходуется значительно меньше. В то же время при очистке хромовокислых сточных вод после никелирования, меднения и хромирования на катионите Вофатит KRS и анионите Вофатит АД-41 [1] получены противоположные результаты. Расход соляной кислоты составлял 2,43 г-экв (около 88 г) на 1 л смолы, а серной — 3,60 г-экв (около 170 г). Эффективность использования соляной и серной кислот (количество десорбированных г-экв катионов одним г-экв кислоты в ч) составляла соответственно 0,3 и 0,22, что свидетельствует о худшей регенерационной способности серной кислоты. Кроме того, при использовании серной кислоты возникает опасность выпадения сульфата кальция в толще катионита и в дренаже фильтра из-за его низкой растворимости. Предотвратить это явление можно путем использования низкой концентрации кислоты (1—2%), что не всегда обеспечивает необходимую степень регенерации.

Регенерация анионитов осуществляется растворами или их сме-

сями. Расход реагентов на регенерацию зависит от условий ее проведения, а также от состава очищаемой воды. Например, при регенерации Вофатита АД-41 при очистке хромосодержащих сточных вод после пассивации расход NaOH составлял 2,23 г-экв/л смолы при эффективности его использования 0,68, а при очистке хромовокислых сточных вод после никелирования, меднения и хромирования — 2,48 г-экв/л смолы при эффективности использования 0,71 [1].

Эффективность использования реагентов при регенерации зависит от концентрации регенерирующего раствора и скорости фильтрования его через слой ионита. Чем меньше скорость фильтрования, тем выше использование реагента, однако при этом увеличивается продолжительность регенерации.

Об оптимальной концентрации регенерирующего раствора мнения исследователей расходятся.

Исследованиями некоторых авторов установлено, что повышение концентрации регенерирующего раствора, с одной стороны, ведет к более полной десорбции, с другой стороны, к сжатию зерен ионита, что существенно замедляет процесс десорбции.

Согласно теории регенерации ионитовых колонн, для одно-, двухзарядного обмена (это часто отмечается при регенерации) зависимость степени использования реагента от его концентрации достигает максимальной величины.

Поскольку при очистке сточных вод ионным обменом расход регенерирующего вещества резко возрастает (по мере увеличения показателя регенерации), важно выбрать оптимальную величину степени регенерации ионитов, позволяющую получить достаточную продолжительность рабочего цикла и необходимый уровень очистки при умеренном расходе регенеранта. К сожалению, в научной литературе вопросам регенерации ионитов уделяется мало внимания, хотя именно она определяет целесообразность применения ионного обмена. Поэтому мы продолжаем исследования по выявлению оптимальных условий процесса регенерации ионитов в зависимости от качества обрабатываемой воды и марки смол. Это необходимо для широкого внедрения ионообменного метода очистки сточных вод.

Литература

1. Annusewicz A., Kieszowski M., Olszewski I., Pastuszko I. Wyniki badań półtechnicznych oczyszczania ścieków z galwanizerni metoda wymiany jonowej.— *Powf. ochr.*, 1975, 3, N 2.