

Изобретение относится к способам и устройствам для осуществления обработки жидких и газообразных сред сорбентами и может быть использовано при доочистке питьевых, очистке природных, сточных и технологических вод и газовых выбросов, в противогазовом деле. Массообменный аппарат предназначен для разделения массовых потоков веществ между твердой и жидкой (газообразной) фазами.

Массообменные аппараты с неподвижным слоем зернистой загрузки широко используются в различных областях химической технологии, в частности, это адсорбционные аппараты с загрузкой активным углем, полимерными сорбентами (пороласы, полисорбы), ионообменные аппараты с загрузкой из синтетических смол (катионообменники, анионообменники), с загрузкой из различных природных ионообменников (клиноптилолиты, мордениты, шабазиты и др.), экстракционные аппараты, фильтровальные аппараты для удаления взвешенных веществ с загрузкой из различных природных и синтетических зернистых материалов (кварцевый песок, керамзит, гравий, щебень, шлак и т.д. и т.п.).

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому эффекту является массообменный аппарат (адсорбер) [1, с. 100-103]. Массообменный аппарат (адсорбер) с неподвижным слоем сорбента для очистки сточных вод состоит из корпуса (стального или железобетонного), в который загружают слой активного угля, системы для подачи очищаемой воды, сбора очищенной воды, дренажной системы, состоящей из гравийных слоев, поддерживающих слой адсорбента. Аппарат оснащен системой трубопроводов, запорно-регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами.

Выпускаемые промышленностью стран СНГ дробленые и гранулированные активные угли имеют зерна размером от 1,5 до 5,0 мм. Целесообразно при адсорбции растворенных веществ, как указывается в [1], применять для загрузки адсорбционных колонн фракции активных углей с размером частиц в пределах (1,5-3,0) мм. Высота слоя активного угля в промышленных адсорбционных колоннах периодического действия, предназначенных для локальной очистки промышленных сточных вод, должна быть не менее 2,5 м. В каждом конкретном случае необходимая высота слоя адсорбента в колонне уточняется расчетом. Как правило, скорость фильтрации сточных вод через плотный слой гранулированного угля принимают равной (2-6) м/м²ч. Более высокие скорости фильтрации возможны при низкой концентрации извлекаемых веществ в сточных водах и высокой их адсорбируемости.

Направление фильтрации сточной воды через слой активного угля может быть принято как сверху вниз, так и снизу вверх. При фильтрации воды слой активного угля задерживает не только молекулярно растворенное вещество, но и высокодисперсные взвеси, т.е. выполняет роль механического фильтра.

Эффективная работа аппарата со стационарным зернистым слоем адсорбента во многом зависит от равномерности распределения и сбора очищенной воды по площади адсорбера, что осуществляется при помощи распределительных (дренажных) систем. При подаче очищаемой воды в аппарат снизу вверх рекомендуется применять распределительные системы большого сопротивления, размещаемые в поддерживающих слоях, состоящих из гравия или щебня изверженных пород. Фракционный состав при высоте поддерживающего слоя 100 мм может выбираться в пределах, мм: 32-16; 16-8; 8-3.

Как следует из описания адсорбционных (массообменных) аппаратов, представленных в литературных источниках [1], целенаправленное воздействие на гидродинамику протекающего через аппарат потока оказывается только на начальном участке адсорбционного аппарата за счет устройства дренажной системы на входе потока в аппарат. Такая конструкция аппарата не позволяет оказывать влияние на гидродинамические характеристики в середине аппарата, т.е. на участке наиболее интенсивного массообмена. В слое загрузки возможно образование как застойных зон, в результате чего очищаемый поток находится в аппарате время превышающее среднее время пребывания потока в аппарате, так и струйных течений, что приводит к тому, что некоторая часть потока находится в аппарате меньше среднего времени пребывания. Наложение этих двух отрицательных явлений приводит к тому что, недостаточно полно используется сорбционная, или ионообменная емкость сорбента или грязеемкость фильтра при достижении на выходе предельно допустимых концентраций и недостаточно длительным является время защитного действия фильтра.

По полученным нами экспериментальным данным, при очистке сточных вод фабрики трикотажного полотна, прошедших предварительную коагуляционную и окислительную очистку, с перманганатной окисляемостью после такой очистки, 78,8 мг/л при фильтрации воды через слой активного угля АГ-3, загруженный в колонку таким образом, как указано в примере исследований по прототипу, время защитного действия слоя угля (ВЗД) (время появления за слоем угля воды с величиной перманганатной окисляемости равной 7,0 мг/л) составляло 6201,0 минуту, при этом степень использования сорбционной емкости угля составила 44,8% и 1 г загрузки очищено 0,36 л воды.

Таким образом, как следствие недостатков конструкции известных массообменных аппаратов, процессы массообмена в этих аппаратах протекают при малом времени защитного действия слоя загрузки, невысокой степени использования сорбционной емкости загрузки и малом количестве воды, очищаемой 1 г адсорбента.

Задача создания массообменного аппарата обеспечивающего увеличение времени защитного действия и повышающего степень использования сорбционной емкости загрузки решается предложенной конструкцией аппарата.

Массообменный аппарат с неподвижным слоем зернистой загрузки состоит из корпуса, системы подвода очищаемой и отвода очищенной среды, дренажной системы и расположенных по высоте слоя загрузки поперек вертикальной оси проницаемых гибких прокладок.

Предложенная конструкция аппарата отличается от известной наличием в слое загрузки гибких проницаемых прокладок, что позволяет стабилизировать гидродинамический режим работы массообменного аппарата по всей высоте слоя зернистой загрузки, за счет уменьшения вероятности образования застойных зон в слое сорбента и образования струйных течений по слою

сорбента, что, в свою очередь, позволяет проводить процесс при большем времени защитного действия слоя загрузки и при большей степени использования ее сорбционной емкости, т.е. на единицу загрузки получить больше единиц очищенной среды.

Таким образом, совокупность конструктивных признаков предложенного массообменного аппарата является необходимой и достаточной для достижения обеспечиваемого изобретением технического результата: увеличение времени защитного действия зернистой загрузки, увеличение степени использования сорбционной емкости зернистой загрузки массообменного аппарата, получение большего количества очищенной среды на единицу загрузки. На чертеже приведен вертикальный разрез массообменного аппарата со стационарным (неподвижным) слоем зернистой загрузки. Массообменный аппарат состоит из: корпуса аппарата 1, поддерживающей решетки 2, дренажной системы 3, неподвижного слоя зернистой загрузки 4 с гибкими проницаемыми прокладками 5, системы подвода очищаемой среды 6, системы отвода очищенной среды 7.

Массообменный аппарат работает следующим образом, Очищаемая среда, содержащая удаляемые компоненты, подается в корпус 1 через систему подвода очищаемой среды 6 проходит через поддерживающую сетку 2 и дренажную систему 3, омывает слой зернистого материала 4 и поперечные гибкие проницаемые прокладки 5 общей высотой Н и выводится из аппарата через систему отвода очищенной среды 7. За время прохождения слоя зернистой загрузки высотой Н происходит процесс массообмена между очищаемой средой и зернистой загрузкой в результате чего происходит очистка. В качестве проницаемых гибких прокладок могут быть использованы прокладки из различных материалов: металлические сетки (медные, никелевые, железные, стальные, выполняющие, например, роль катализатора при тепловой регенерации активных углей), из войлока, различных тканых и нетканых материалов, проницаемые или перфорированные пленки из различных пластмасс и т.д. Прокладки по высоте слоя сорбента могут быть расположены самыми разнообразными способами, расстояние между прокладками может подчиняться какому-либо закону распределения, например, равномерному, или экспоненциальному, или нормальному и т.д.

Проницаемость может быть достигнута за счет исходных свойств материалов, как, например, у войлочных прокладок или металлических сеток, так и создана искусственным путем, например, путем перфорации отверстий в непроницаемых пленках или металлических гибких листах или пластинах. Суммарное сечение отверстий может изменяться также в различных пределах; оно может быть больше суммарной площади поровых каналов в сечении аппарата, может равняться ей и может быть меньше ее, причем более эффективная работа массообменного аппарата наблюдалась в последнем случае.

Следует также отметить, что предложенная конструкция аппарата может быть использована при очистке литьевых вод от органических веществ или доочистке водопроводной воды от органических загрязнений, а также при ионообменной корректировке технической, сточной и питьевых вод. Особенно высокой эффективности следует ожидать от предложенной конструкции в аппаратах типа "Родничок" с коротким слоем сорбента и высоких скоростях фильтрации,

Гибкие прокладки могут быть расположены в слое сорбента без крепления к корпусу аппарата, закреплены в нескольких точках (одной, двух, трех и т.д.) или закреплены по периметру с целью их фиксации по высоте слоя и предотвращения сдвига в случае интенсивного противотока среды. По площади гибкие прокладки могут быть меньше площади аппарата, равны или больше ее.

Эффективность предложенной конструкции проверяют на адсорбере, представляющем собой стеклянную трубку диаметром 2,0·10⁻³ м, высотой 1,2 м с перпендикулярно припаянными стеклянными отрезками диаметром 0,006 м и длиной 0,06 м для подвода и отвода очищаемой воды, в корпусе стеклянной трубки перпендикулярно основной оси впаивают стеклянную перегородку (сетку) с отверстиями 0,002 м, на которую помещают слой стекловаты высотой 0,01 м и слой адсорбента высотой 1,0 м (активный уголь АГ-3, ГО СТ-2 0464-85, массой 143,1 г), через каждые 0,09 м слоя сорбента укладывают гибкие хлопчатобумажные прокладки (материал ГОСТ 161-83) диаметром 0,018 м (всего девять прокладок по высоте слоя).

Сорбционной очистке подвергают сточную воду трикотажного комбината, прошедшую предварительную очистку коагуляцией с последующей очисткой озоновооздушной смесью. Сточная вода после такой очистки характеризуется перманганатной окисляемостью 78,8 мг/л. Известно, что на ионообменную корректировку может быть направлена вода с перманганатной окисляемостью не более 7,0 мг/л, поэтому эту величину принимают за предельно допустимую концентрацию (ПДК), при появлении воды с такой величиной перманганатной окисляемости за слоем угля (в фильтрате) считают, что наступил "проскок" и сорбционный опыт прекращают. Воду в опыте фильтруют снизу вверх со скоростью 5 м³/м ч, скорость фильтрования поддерживают постоянной с помощью перистальтического насоса. На анализ берут по 0,025 л раствора, определение перманганатной окисляемости проводят по изложенной методике. Время "проскока" в этом опыте составило 8268,4 минуты, степень использования сорбционной емкости угля 59,8%.

Для подтверждения эффективности предложенного массообменного аппарата по сравнению с прототипом проводят опыт таким же образом как и в предыдущем примере, только ни в слое угля, ни перед ним прокладок не используют. В этом случае время "проскока" составляет 6201,3 минуты, а степень использования сорбционной емкости угля 44,0%.

С целью исключения влияния прокладок на величину сорбционной емкости гибкие хлопчатобумажные прокладки в количестве девяти штук помещают на слой стекловаты, а затем слой угля высотой 1,0 м. В этом случае время "проскока" составляет 6252,0 минуты, а степень использования угля 46,2%.

Как видно из приведенных примеров, наличие прокладок в слое активного угля позволяет как увеличить время защитного действия слоя сорбента (увеличить величину времени "проскока"), так и более полно использовать сорбционную емкость, что наглядно прослеживается при рассмотрении данных по проведенным экспериментам, сведенных в таблицу.

Из таблицы видно, при использовании аппарата предложенной конструкции возрастает время защитного действия аппарата до 8268 минут по сравнению с 6201 минутой по прототипу, степень использования сорбционной емкости сорбента увеличивается до 59,8% по сравнению с 44,8% по прототипу, одним граммом сорбента очищается 0,48 литра воды по сравнению с 0,36 л по прототипу, расположение гибких прокладок

вне слоя сорбента практически не оказывает влияния ни на время защитного действия, ни на степень использования сорбционной емкости, ни на количество очищенной воды на 1 г сорбента.

Достоинствами аппаратов предложенной конструкции является простота перехода от известных конструкций к предлагаемой, сокращение эксплуатационных и капитальных затрат при внедрении сорбционной технологии за счет повышения степени использования сорбционной емкости и получения большего количества очищенной среды на единицу загруженного в аппарат сорбента. Причем, все это достигается только за счет исключения возможности образования в аппаратах известной конструкции застойных зон и струйных течений, эти неблагоприятные явления устраняются путем установки гибких проницаемых прокладок по слою сорбента. Внедрение предложенного изобретения возможно как на вновь проектируемых, так и на действующих сорбционных установках с неподвижным слоем сорбента (станции водоподготовки, противогазная техника, различные процессы химической технологии, включающие фильтрование среды через неподвижный слой материала). Срок окупаемости затрат понесенных при внедрении изобретения исчисляется часами.

**Сравнительные характеристики сорбционного процесса, проведенного
в массообменном аппарате предложенной конструкции и в аппарате
известной конструкции (по прототипу)**

Расположе- ние гибких прокладок	Время за- щитного действия (ВЗД), ч	Степень ис- пользова- ния сорбцион- ной емко- сти (СИСЕ), %	Объем очи- щенной во- ды на 1 загрузку (q), л/г	Изменение показателя		
				ВЗД, %	СИСЕ, %	(q), л/г
По слою уг- ля (в соот- ветствии с изобретени- ем)	8268,4	59,8	0,48	+33,3	+15,0	+0,12
Перед сло- ем угля	6252,0	45,2	0,36	+0,8	+0,4	0,0
Без прокладок (по прототи- пу)	6201,0	44,8	0,36	0,0	0,0	0,0

