

Изобретение относится к области обработки природных и сточных вод, в частности, к ионному обмену и может быть использовано в теплоэнергетике, химической и других отраслях промышленности, потребляющих обессоленную воду.

Можно выделить три принципиальные схемы очистки воды от солей методом ионного обмена. Так, в источнике [СН и П 2.04.02-84 "Водоснабжение, наружные сети и сооружения. М., 1985] приводятся одноступенчатая, двухступенчатая и трехступенчатая схемы использования катионитных и анионитных фильтров.

Сущность процесса обессоливания воды ионным обменом по одноступенчатой схеме состоит в последовательном фильтровании воды через катионитный и анионитный фильтры с последующим удалением двуокиси углерода на дегазаторах. Отличие двухступенчатой схемы состоит в добавлении еще одной ступени, т.е. катионитного и анионитного фильтров. При трехступенчатой схеме обессоливания воды в дополнение к двухступенчатой схеме добавляется фильтр со смешанной загрузкой, состоящей из катионита и анионита.

Регенерацию отработанных катионитных фильтров, вне зависимости от числа ступеней, проводят растворами кислот, а регенерацию анионитных фильтров - растворами щелочей. Смесь отработанных нейтрализованных регенерационных растворов, составляющая 5-20% от объема очищенной воды, сбрасывается в бытовую или производственную канализацию, что приводит к интенсивному повышению соле-содержания природных вод. Например, согласно данным [Отчеты ретроспективного анализа воды р. Днепр за 1991-1992 г. Института гидробиологии АН Украины] содержание солей в верховьях р. Днепр составляет 464-581 мг/л (5-8 мг-экв/л), а в нижнем течении - 520-835 мг/л (7-12 мг-экв/л). А, как известно, повышение солесодержания очищаемой воды с 5 мг-экв/л до 10 мг-экв/л приводит к удорожанию очистки на 100% [Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев, 1983, с. 206].

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому эффекту является способ очистки воды методом ионного обмена с шестью ступенями (фильтрами) ионирования и декорбонизатором [Заявка Японии 48-4715, кл. В 01 1/00, заявл. 28.08.69, опублик. 10.02.73].

Способ предусматривает фильтрование очищаемой воды через ряд катионитных и анионитных фильтров с последующей регенерацией пар однотипных фильтров, т.е. очистку осуществляют по трехступенчатой схеме.

Процесс очистки воды по известному способу иллюстрируется принципиальной технологической схемой, представленной на фиг. 1 (а и б), где К - катионитные фильтры; А - анионитные фильтры; 1, 2, 3 - номер фильтра; I, II, III - позиция фильтра.

Обозначение номера фильтра в дальнейшем описании процесса очистки воды остается постоянным и не зависит от позиции, на которой устанавливается фильтр в схеме очистки. Под позицией в описании схемы мы понимаем номер места однотипного фильтра по ходу очистки воды.

После завершения первого фильтроцикла (фиг. 1-а) на регенерацию выводятся два катионитных фильтра, однотипных, стоящих на I и II позиции по ходу очистки воды, обозначенных на схеме К<sub>1</sub>-I и К<sub>2</sub>-II, и два анионитных фильтра, стоящих на I и II позиции по ходу очистки воды, обозначенных на схеме А<sub>1</sub>-I и А<sub>2</sub>-II. Регенерацию катионитных фильтров осуществляют раствором кислоты, а анионитных - раствором щелочи: причем, кислоту фильтруют последовательно через два фильтра, сначала через К<sub>2</sub>, а затем через К<sub>1</sub>, а щелочь - соответственно, через А<sub>2</sub> и А<sub>1</sub>. Отработанные щелочные и кислотные регенерационные растворы перед сбросом в канализацию смешивают. Отрегенерированные фильтры используют повторно для очистки воды, устанавливая из на первую и третью позиции, а на вторую позицию устанавливают неотрегенерированный фильтр, использованный в предыдущем фильтроцикле. Процесс очистки воды с использованием отрегенерированных фильтров осуществляют идентично ранее описанной схеме и он иллюстрируется фиг. 1 б. После завершения n-го фильтроцикла на регенерацию выводят снова по два однотипных фильтра, стоящих на позициях I и II, например, на фиг. 1б это будут К<sub>3</sub>, К<sub>1</sub> и А<sub>3</sub>, А<sub>1</sub>.

Согласно нашим данным, солесодержание полученной по известному способу обессоленной воды достигает 1,0 мг/л, расход реагентов (кислоты и щелочи) составляет 2,5 г-экв/г-экв сорбированных ионов, объем отработанных регенерационных растворов (сточной воды) - 10-15% от объема очищаемой воды, их концентрация - 5-10 г/л. Полученные в результате регенерации отработанные регенерационные растворы содержат смесь солей, состав которых обусловлен их наличием в исходной воде. Так, для воды, содержащей в сумме 10 мг-экв/л солей CaCl<sub>2</sub> и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, отработанные регенерационные растворы (при применении известного способа) будут содержать смесь этих же солей, но с концентрацией в 500-1000 раз большей (в зависимости от концентрации регенерирующего раствора). А в настоящее время отсутствует экономическая технология, позволяющая разделить эти соли и утилизировать их.

Таким образом, недостатками известного способа является невозможность экономичной утилизации отработанных регенерационных растворов, содержащих смесь солей, что приводит к засолению водоемов и дальнейшему ухудшению экологической ситуации. В связи с вышеизложенным, проблема очистки воды от солей в настоящее время выходит на одно из первых мест в водоочистке.

Задачей изобретения является разработка технологии очистки воды, обеспечивающей предотвращение засоления водоемов путем утилизации отработанных регенерационных растворов, содержащих индивидуальные соли, а не их смесь, при сохранении требуемого солесодержания очищенной воды.

Поставленная задача решается способом очистки воды, включающем последовательное фильтрование воды через ряд чередующихся катионо- и анионообменных фильтров с последующей регенерацией двух однотипных фильтров из трех, соответственно, кислотой или щелочью и повторным их использованием в процессе очистки, в котором, согласно изобретению регенерируют первый и третий однотипные фильтры по ходу движения очищаемой воды и процесс регенерации проводят отдельно по каждому фильтру, а очистку воды осуществляют последовательным фильтрованием ее через неотрегенерированный и отрегенерированные фильтры.

Нами обнаружено, что при фильтровании очищаемой воды через ряд чередующихся фильтров, на первом однотипном фильтре сорбируются ионы одного наименования, на втором - смесь ионов и на третьем - ионы другого наименования. Регенерируя отдельно первый и третий фильтры, получаем практически чистые соли, которые легко утилизировать. Неотрегенированный фильтр, содержащий смесь ионов, ставят на первую позицию в следующем фильтроцикле и сильнее сорбирующийся ион вытесняет слабее сорбирующийся ион, вследствие чего, при регенерации снова получаем практически чистую соль.

Процесс очистки воды по предлагаемому способу иллюстрируется принципиальной технологической схемой, представленной на фиг. 2 (а и б), где К - катионитные фильтры; А - анионитные фильтры: 1, 2, 3 - номер фильтра; I, II, III - позиция фильтра.

После завершения первого фильтроцикла (фиг. 2а) на регенерацию выводятся два катионитных фильтра, стоящих на первой и третьей позициях по ходу очистки воды, обозначенных на схеме К<sub>1</sub>-I и К<sub>3</sub>-III, и два анионитных фильтра, стоящих на первой и третьей позициях по ходу очистки воды, обозначенных на схеме А<sub>1</sub>-I и А<sub>3</sub>-III. Регенерацию катионитных фильтров осуществляют раствором кислоты, а анионитных - раствором щелочи; причем, кислоту фильтруют отдельно через каждый катионитный фильтр со сбором отработанных регенерационных растворов от каждого катионитного фильтра в отдельные емкости, а щелочь фильтруют отдельно через анионитные фильтры, выведенные на регенерацию, со сбором отработанных регенерационных растворов от каждого анионитного фильтра в отдельные емкости.

Отработанные щелочные и кислые регенерационные растворы, содержащие практически чистые соли, легко утилизируются. Расход реагентов (кислоты и щелочи) составляет 2,5 г-экв/г-экв сорбированных ионов, объем отработанных регенерационных растворов, подлежащих утилизации - 10-15% от объема очищаемой воды.

Отрегенированные фильтры используют повторно для очистки воды, устанавливая их на вторую и третью позиции, а на первую позицию устанавливают неотрегенированный фильтр, использованный в предыдущем фильтроцикле. Процесс очистки воды с использованием отрегенированных фильтров осуществляют идентично

ранее описанной схеме и он представлен на фигуре 2б. После завершения n-го фильтро-цикла на регенерацию выводят снова по два однотипных фильтра, стоящих на позициях I и III, например, для фигуры 2б это будут К<sub>2</sub>, К<sub>3</sub> и А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub>.

Полученные в результате регенерации отработанные регенерационные растворы содержат практически чистые соли, концентрация которых зависит от концентрации регенерационного раствора и может составлять 10-100 г/л.

Пример 1 (по предлагаемому способу). Опыты по очистке воды проводили на ионообменной установке, представленной на фиг. 2 (а и б). Установка состоит из трех катионитных и трех анионитных фильтров. Катионитные фильтры, загруженные катионитом КУ-2 в Н-форме и 100 мл в каждом, служат для удаления ионов кальция и натрия, а анионитные, загруженные анионитом АН-22 в ОН-форме по 100 мл в каждом, служат для удаления сульфатов и хлоридов. Исходную воду, содержащую по 5 мг-экв/л ионов кальция, натрия, хлоридов и сульфатов, фильтруют со скоростью 5 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> ч через все ионитные фильтры до проскока ионов натрия после катионитного фильтра К<sub>3</sub>-III и хлоридов после анионитного фильтра А<sub>3</sub>-III 0,1 мг-экв/л (фиг. 2а). Объем очищенной воды в первом фильтроцикле составил 40,0 литров. Регенерацию отработанного катионита проводят 10%-ным раствором соляной кислоты порциями по 100 мл для каждого фильтра, причем регенерируют катионитные фильтры, стоящие на первой и третьей позициях (К<sub>1</sub> и К<sub>3</sub> для первого фильтроцикла), со сбором отработанных регенерационных растворов в отдельные емкости для каждого фильтра. Содержание ионов кальция и натрия в отработанном регенерационном растворе после регенерации катионитного фильтра К<sub>1</sub>, стоящего на первой позиции, составляет, соответственно, 95% и 5%, а после регенерации катионитного фильтра К<sub>3</sub>, стоящего на третьей позиции, составляет, соответственно, 2% и 98%. Регенерацию отработанного анионита проводят 4%-ным раствором гидроксида натрия по аналогичной схеме, т.е. регенерировали анионитные фильтры А<sub>1</sub> и А<sub>3</sub>, стоящие на первой и третьей позициях, со сбором отработанных регенерационных растворов в отдельные емкости для каждого фильтра. Объем регенерационного раствора составляет 300 мл для каждого фильтра. Содержание сульфатов и хлоридов в отработанном регенерационном растворе после регенерации анионитного фильтра А<sub>1</sub>, стоящего на первой позиции, составляет, соответственно 96% и 4%, а после регенерации анионитного фильтра А<sub>3</sub>, стоящего на третьей позиции, соответственно, 2% и 98%.

В следующем фильтроцикле неотрегенированные фильтры К<sub>2</sub> и А<sub>2</sub> ставили на первую позицию, а отрегенированные - К<sub>1</sub>, К<sub>3</sub> и А<sub>1</sub>, А<sub>3</sub> - на вторую и третью позиции (фиг. 2б). Процесс фильтрования воды проводили аналогично первому фильтроциклу. Объем очищенной воды - 24,0 литра. После насыщения регенерировали фильтры, стоящие на первой и третьей позициях, т.е. К<sub>2</sub>, К<sub>3</sub> и А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub>, со сбором отработанных регенерационных растворов в отдельные емкости. Объемы регенерационных растворов те же, что и в предыдущем фильтроцикле: для одного катионитного фильтра - 100 мл 10% HCl, для одного анионитного фильтра - 300 мл 4% NaOH. В третьем цикле адсорбция - регенерация объем очищенной воды составил 24 л, а объемы регенерационных растворов те же, что и во втором цикле.

Полученные результаты по трем циклам представлены в табл. 1.

Пример 2 (по известному способу). Опыты по очистке воды проводили на ионообменной установке, представленной на фиг. 1 (а и б). Установка состоит из трех катионитных и трех анионитных фильтров. Катионитные фильтры, загруженные катионитом КУ-2 в Н-форме по 100 мл в каждом, служат для удаления ионов кальция и натрия, а анионитные, загруженные анионитом АН-22 в ОН-форме по 100 мл в каждом, служат для удаления сульфатов и хлоридов. Исходную воду, содержащую по 5 мг-экв/л ионов кальция, натрия, хлоридов и сульфатов, фильтруют со скоростью 5 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> ч через все ионитные фильтры до проскока ионов натрия после катионитного фильтра К<sub>3</sub>-III и хлоридов после анионитного фильтра А<sub>3</sub>-III 0,1 мг-экв/л (фиг. 1а). Объем очищенной воды в первом фильтроцикле составил 40,0 литров. Регенерацию отработанного катионита проводят 10%-ным раствором соляной кислоты, причем регенерируют катионитные фильтры,

стоящие на первой и второй позициях ( $K_1$  и  $K_2$  для первого фильтроцикла), и регенерационный раствор фильтруют сначала через второй фильтр  $K_2$ , а затем через первый фильтр  $K_1$ . Объем регенерационного раствора составил 200 мл. Содержание ионов кальция и натрия в отработанных регенерационных растворах катионитных фильтров составляло, соответственно, 72% и 28%. Регенерацию отработанного анионита проводили 4%-ным раствором гидроксида натрия по аналогичной схеме, т.е. регенерировали анионитные фильтры, стоящие на первой и второй позициях  $A_1$  и  $A_2$ . Объем регенерационного раствора составлял 600 мл. Содержание сульфатов и хлоридов в отработанных регенерационных растворах составляет, соответственно, 70% и 30%.

В следующем фильтроцикле неотреге-нерированные фильтры  $K_3$  и  $A_3$  ставили на вторую позицию, а отрегенированные  $-K_1$ ,  $K_2$  и  $A_1$ ,  $A_2$  - на первую и третью позиции (фиг. 16). Процесс фильтрования воды проводили аналогично первому фильтроциклу. Объем очищенной воды снизился до 24,0 литров и оставался таким же и для третьего фильтроцикла. После насыщения во втором фильтроцикле регенерировали фильтры, стоящие на первой и второй позициях, т.е.  $K_1$ ,  $K_3$  и  $A_1$ ,  $A_3$  со сбором отработанных регенерационных растворов в отдельные сборники растворов катионитных и анионитных фильтров. Объемы регенерационных растворов те же, что и в предыдущем фильтроцикле: для катионита - 200 мл 10% HCl для анионита - 600 мл 4% NaOH. В третьем цикле объем очищенной воды составил 24 л., а объемы регенерационных растворов те же, что и во втором цикле. Было проведено три цикла адсорбция - регенерация. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Преимущества предложенного способа по сравнению с известным подтверждаются данными табл. 1 и 2.

Использование предложенного способа позволяет в процессе регенерации отработанных ионитных фильтров получить практически чистые индивидуальные соли, содержащие около 95% чистого вещества, которые легко утилизировать. При этом способ обеспечивает сохранение высокого качества очищаемой воды.

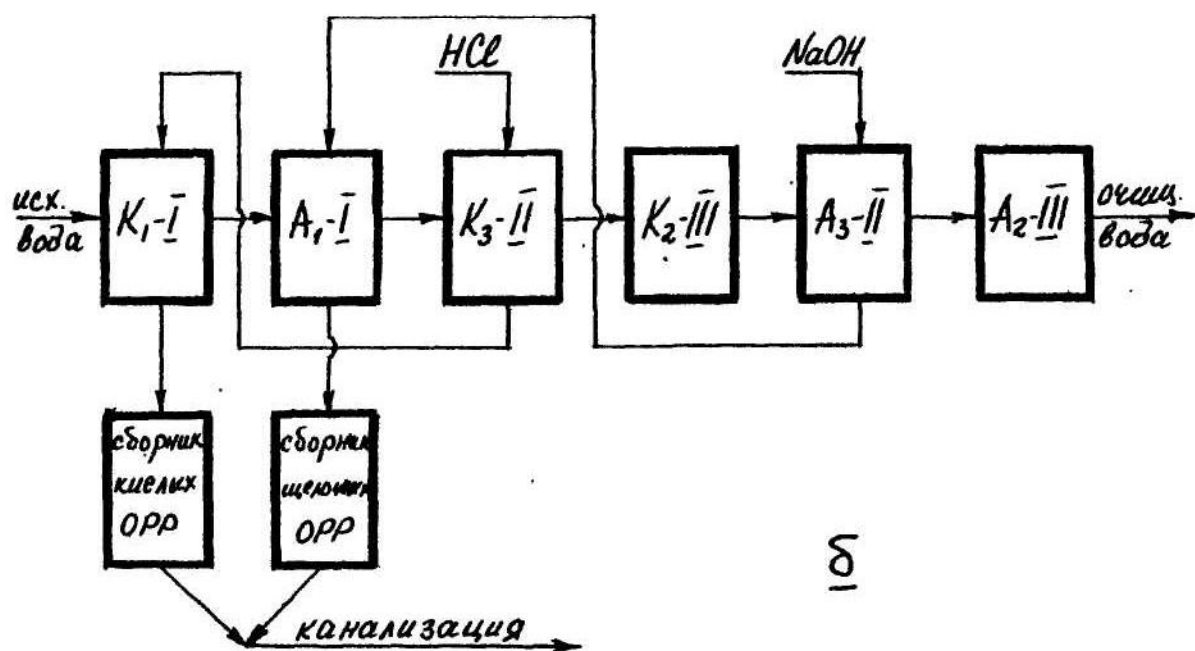
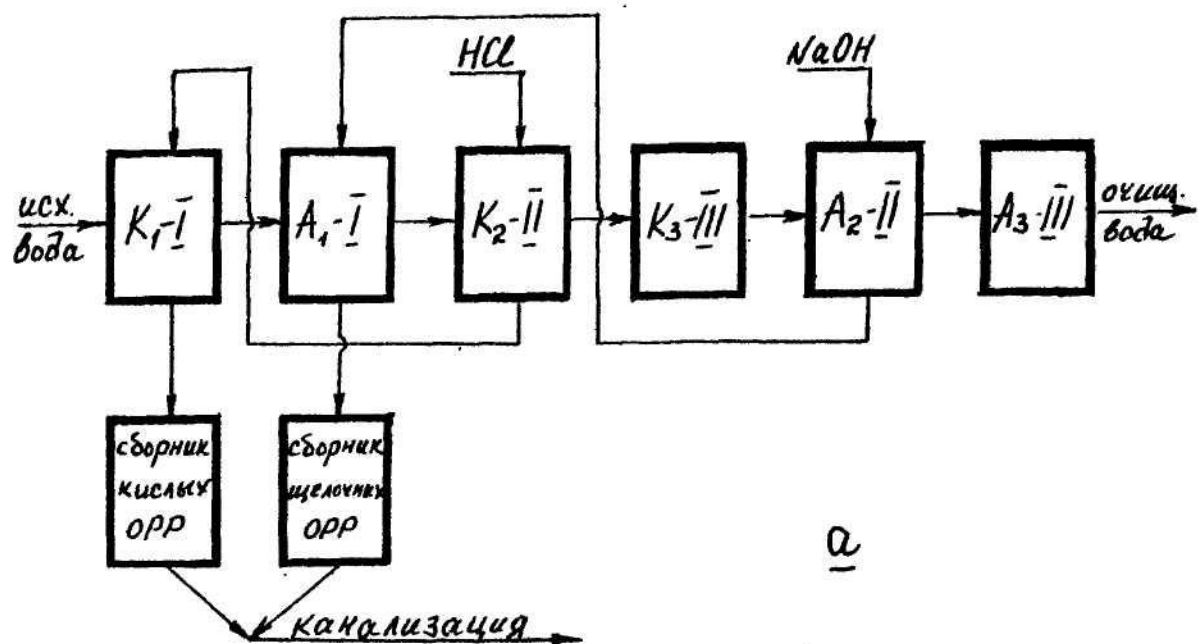
Таким образом, применение предложенного способа предотвращает загрязнение окружающей среды путем исключения сброса солей в водоемы.

Таблица 1

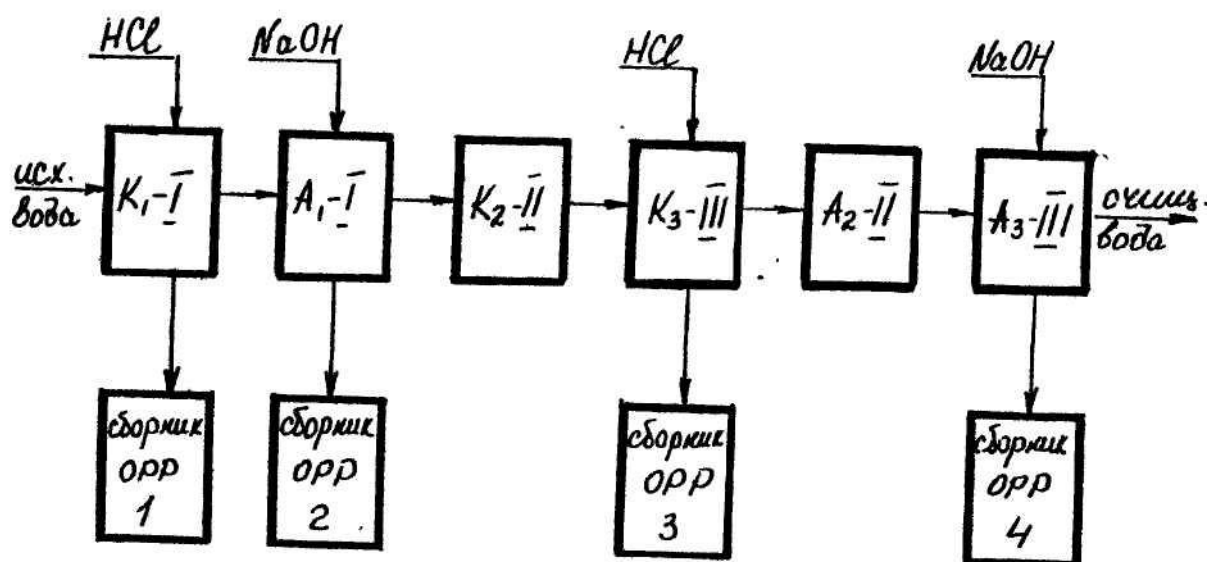
Номер цикла	Катионитные фильтры			Анионитные фильтры		
	номер фильтра	содержание катионов в ОРР, %		номер фильтра	содержание анионов в ОРР, %	
		кальций	натрий		сульфаты	хлориды
1	K <sub>1</sub>	96	4	A <sub>1</sub>	97	3
	K <sub>3</sub>	1	99	A <sub>3</sub>	2	98
2	K <sub>2</sub>	95	5	A <sub>2</sub>	96	4
	K <sub>1</sub>	2	98	A <sub>1</sub>	2	98
3	K <sub>3</sub>	95	5	A <sub>3</sub>	96	4
	K <sub>2</sub>	2	98	A <sub>2</sub>	2	98

Таблица 2

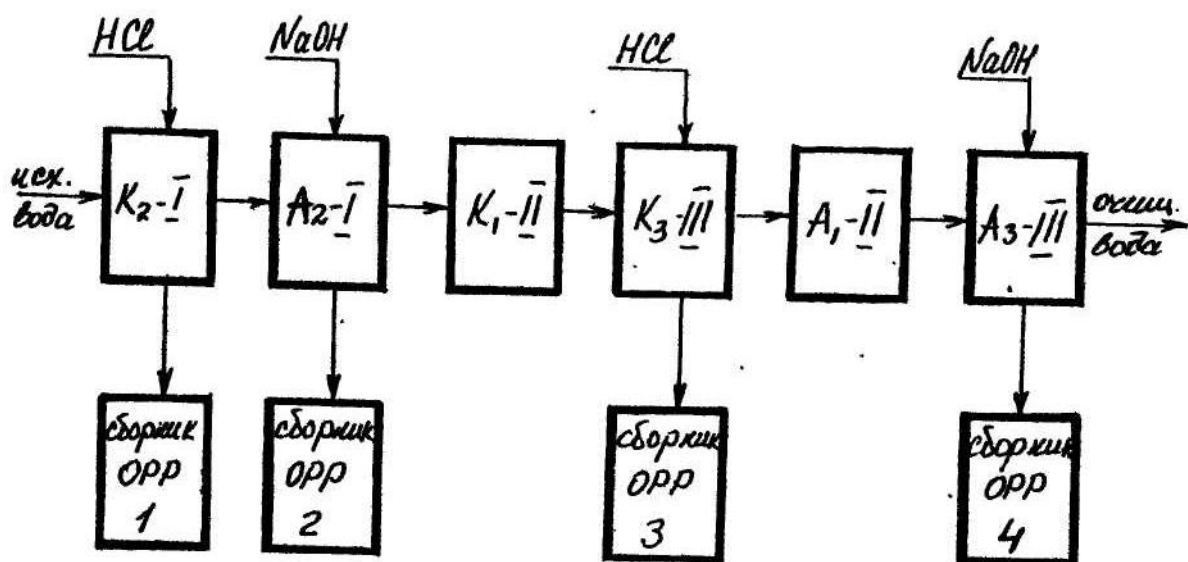
Номер цикла	Катионитные фильтры			Анионитные фильтры		
	номер фильтра	содержание катионов в ОРР, %		номер фильтра	содержание анионов в ОРР, %	
		кальций	натрий		сульфаты	хлориды
1	K <sub>2</sub> +K <sub>1</sub>	72	28	A <sub>2</sub> +A <sub>1</sub>	70	30
2	K <sub>3</sub> +K <sub>1</sub>	70	30	A <sub>3</sub> +A <sub>1</sub>	68	32
3	K <sub>2</sub> +K <sub>1</sub>	70	30	A <sub>2</sub> +A <sub>1</sub>	68	32



Фиг. 1



a



б

Фиг. 2