

УДК 664-608.2

EDN [IAYHLLA](#)



<https://www.doi.org/10.47813/rosnio-II.2023.8.327-248>

Поиск направления для совершенствования конструкции фильтра с насыпными дисперсными средами

С.Д. Руднев¹, А.И. Крикун², В.В. Феоктистова^{1,*}

¹Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

*E-mail: feonika13@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена исследованию устройств с насыпными дисперсными средами, целью которого является нахождение наиболее предпочтительной конструкции и ее дальнейшее совершенствование. По ходу работы был проведен патентный поиск среди конструкций однослойных и многослойных фильтрующих устройств. Определено приоритетное направление для решения поставленной цели настоящего исследования.

Ключевые слова: дисперсные среды, фильтрование, устройства, морская вода.

Search for a direction for improving the design of a filter with bulk disperse media

S.D. Rudnev¹, A.I. Krikun², V.V. Feoktistova^{1,*}

¹Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

²Far Easter State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

* E-mail: feonika13@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of devices with bulk disperse media, the purpose of which is to find the most preferred design and its further improvement. In the course of the work, a patent search was carried out among designs of single-layer and multilayer filter devices. A priority direction for solving the set goal of this study has been determined.

Keywords: dispersed media, filtration, devices, sea water.

1. Введение

Свое широкое применение, в рамках подготовки для нужд промышленного водоснабжения или доочистки воды, обрели различные типы фильтров с разделительными перегородками. Анализ работ Панова С.Ю. [4], Шигапова И.И. [14], Ширяевой Е.В. [15], Пайметова А.Н. [3], Крикун А.И. [1] и многих других ученых, посвятивших научную деятельность изучению процесса фильтрования (конкретнее фильтрование с использованием фильтрующих разделительных перегородок), позволил прийти к выводу, что: характерные особенности разделительных перегородок, а также физико-химические свойства твердых механических примесей имеют прямое влияние на качество процесса. Так, поскольку фильтрующая разделительная перегородка является основным элементом фильтровального устройства в её пространстве и на ней скапливается загрязнение, это влечет за собой уменьшение свободного размера поровых отверстий, происходит возрастание гидравлического сопротивления фильтрующей загрузки, приводящее к потере напора, что в конечном итоге отрицательно сказывается на пропускной способности. Исходя из этого, разделительная перегородка должна обеспечивать минимально возможное гидравлическое сопротивление и достаточную способность задерживать твердые механические примеси.

Ранее проведенное исследование [2] позволило остановиться на фильтрах с насыпными дисперсными средами (для дальнейшего исследования). Поскольку популярность применения выбранного типа фильтровальных устройств определена следующими преимуществами: простая регенерация фильтрующей загрузки, а также сравнительно небольшое давление, необходимое для очищения воды, проходящей через дисперсную среду, обеспечивают требуемые нормы качества фильтрата (учитывая значительные объёмы расхода воды) [13].

2. Постановка цели и задач

Очистка воды фильтрованием с помощью насыпных дисперсных сред играет ведущую роль в процессах, связанных с водоподготовкой, и является крупномасштабным технологическим процессом, который должен обеспечивать необходимые качественные и количественные показатели, поскольку использование воды несоответствующей требованиям оказывает негативное влияние. Например, для промышленного использования, являясь основой многих технологических процессов

различных отраслей непосредственно воздействует на качество конечного продукта и преждевременно выводит из строя оборудование.

Целью настоящей работы является поиск направления для совершенствования конструкции фильтра с насыпными дисперсными средами, которое позволит повысить производительность процесса при сохранении качества фильтрата.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ патентно-чистых конструкций фильтрующих устройств с насыпными дисперсными средами (однослойных и многослойных);
- скомпилировать полученную информацию наглядным образом и дать сравнительную характеристику отобранным фильтрующим устройствам;
- определить прототип для дальнейшей модернизации;
- сформулировать направление для решения исследовательских задач.

2. Материалы и методы исследования

Проведен анализ существующих фильтрующих устройств с разделительными насыпными дисперсными средами [5-12]. Таблица 1 содержит результаты сравнительного анализа проведенного патентного поиска среди однослойных и многослойных фильтров с насыпными дисперсными средами, данные взяты с сайта [ФИПС](#). Исходя из этого, был выявлен ряд критериев, по которым определялись характерные особенности данных устройств приоритетных для задач исследования: область применения, вид загрязнения, характерная особенность работы устройства, рекомендуемый фильтрующий материал.

Таблица 1. Сравнительная характеристика фильтрующих устройств с насыпными дисперсными средами.

№ Патента (RU), название	Область применения	Вид загрязнения	Характерная особенность работы устройства	Рекомендуемый фильтрующий материал
1	2	4	5	6
I Однослойные устройства:				
1 92356 U1, 20.03.2010 г., «Бытовой фильтр для воды», [5]	бытовая фильтрация воды	-	увеличение числа каналов между винтообразными лопастями (увеличение «многозаходности» винтообразных каналов) создает более однородный поток в каждом из каналов, а значит в целом из-за параллельности их работы практически без снижения скорости происходит улучшение качества отфильтрованной воды	<ul style="list-style-type: none"> - сорбционные среды: активированный уголь, синтетический цеолит, шунгит и т.п.; - ионообменные среды (ионообменная смола); - пористые среды (полипропилен); - каталитические среды (KDF); - смесевые среды, сочетающих в себе свойства сред различного состава
2 2252061 C1, 20.05.2005 г., «Бытовой фильтр для доочистки питьевой воды «Цеолитовый -С», [6]	бытовая доочистка питьевой воды в городах и поселках с централизованной системой водоснабжения	вода различной степени загрязнения	перегородки в виде двух цилиндров, установленных соосно по вертикальной оси цилиндра, исключают их механическое деформирование при работе фильтра в системах с высоким давлением, а установка внутреннего цилиндра с зазором между его торцом и дном корпуса, и установка наружного цилиндра с зазором между его верхним торцом и крышкой корпуса обеспечивают необходимую для качественной доочистки воды длину фильтрационного пути	<ul style="list-style-type: none"> - природные цеолиты; - природные цеолиты, модифицированные серебром; - другие фильтрующие материалы и различные их сочетания в зависимости от конкретных условий эксплуатации

<p>3 2179473 С1, 20.02.2002 г., «Способ фильтрации жидкости, устройство для его осуществления и фильтрующий материал», [11]</p>	<p>для очистки различных сред, например, молока, воды, масел, керосина, бензина и других</p>	<p>механические и бактериологические примеси различных сред</p>	<p>фильтруемая жидкость последовательно пропускается через фильтровальную сетку и слой гранулированного насыпного материала, поток фильтруемой жидкости перед подачей на сетку ускоряется путем сужения сечения потока с помощью дефлектора, расположенного в подающем патрубке, и имеющего параболическую поверхность, в сечении плавно сопрягающуюся с конической поверхностью сетки</p>	<p>- электрокорунд; - гранулы оксида титана, алюминия, циркония или их сплавов и др.</p>
<p>4 142257 U1, 20.06.2014 г., «Устройство для очистки морской воды» [7]</p>	<p>линии подготовки морской воды на рыболовных и рыбоперерабатывающих предприятиях, использующие морскую воду из ближайшей акватории</p>	<p>агрессивные среды, грибки, водоросли</p>	<p>снижение скорости зарастания пор фильтрующих материалов не менее, чем в 4 раза, путем создания псевдокипящего слоя непосредственно под сетчатой разделительной перегородкой и усиления эффекта псевдокипения, путем включения в конструкцию двух пневмоцилиндров, обеспечивающих дополнительную вибрацию сетчатой разделительной перегородке дефлектора, расположенного в подающем патрубке, и имеющего параболическую поверхность, в сечении плавно сопрягающуюся с конической поверхностью сетки</p>	<p>природные зернистые материалы</p>
<p>II Многослойные устройства:</p>				
<p>5 36938 U1, 10.04.2004, «Фильтрационная камера установок биологической очистки бытовых и промышленных</p>	<p>очистка бытовых и промышленных канализационных водных стоков</p>	<p>биологические загрязнения</p>	<p>средство регенерации фильтра выполнено в виде воздушного распределительного патрубка, подключенного к источнику сжатого воздуха и размещенного в пространстве между</p>	<p>- песок; - гранитная щебенка; - дробленый кварц; - базальтовая щебенка</p>

<p>ых канализационных водных стоков», [12]</p>			<p>опорной перфорированной пластиной и дном корпуса камеры, патрубки ввода и вывода очищенных стоков снабжены электроклапанами, а средство сброса загрязнений выполнено в виде патрубка со входным срезом, расположенным на уровне расположения - верхней поверхности фильтра и оборудованного электроклапаном</p>	
<p>6 2490217 С2, 20.08.2013, «Способ глубокой очистки воды, преимущественно питьевой», [10]</p>	<p>очистка питьевых вод в быту и пищевой промышленности, а также технических и сточных вод промышленных предприятий</p>	<p>-</p>	<p>кольцевой многоступенчатый цикл очистки воды, рециркуляция</p>	<p>- песчаный фильтр: песчаная загрузка; - аэробный биореактор: загрузка из гранулированного мезопористого активированного угля с колониями аэробных гетеротрофов инкубированных в нём</p>
<p>7 2371233 С2, 27.10.2009, «Устройство для очистки питьевой воды», [9]</p>	<p>водоподготовка, может быть использовано для очистки питьевой воды в промышленном и хозяйственно-бытовом водоснабжении</p>	<p>растворенные природные примеси промышленного и хозяйственно-бытового водоснабжения</p>	<p>патрубки подвода очищаемой воды и отвода очищенной воды, насыпной многослойный фильтр с различной зернистостью слоев и со средством регенерации фильтра и патрубков слива промывочных вод</p>	<p>- верхний слой фильтра: шунгит; - второй слой: кварцевый песок или антрацит; - третий слой: щебень. На поверхности частиц загрузки размещается слой двуокиси марганца. В третьем слое зернистой загрузки расположена дренажная система</p>

<p>8 155961 U1, 20.10.2015, «Устройство для очистки морской воды», [8]</p>	<p>линии подготовки морской воды на рыбоперерабатывающих и рыбоводных предприятиях</p>	<p>агрессивные среды, морская вода</p>	<p>патрубки подвода промывной воды и отвода фильтрата имеют сетчатые перегородки, обеспечивающие дополнительную защиту от примесей. Каждый слой фильтрующего материала расположен на отдельной сетчатой перегородке. Предусмотрена перфорированная насадка для равномерного распределения морской воды по всей поверхности фильтрующего материала, а также вибромоторы, по две штуки на каждую перегородку, на которых расположены фильтрующие материалы, позволяют обеспечить снижение скорости зарастания пор фильтрующих материалов, что сокращает срок между периодами регенерации зернистой загрузки и способствует продлению его срока службы</p>	<p>на верхней сетчатой перегородке расположен самый крупный фильтрующий материал, например: биошары или керамзит; на средней более мелкий, например: колотый гравий или цеолиты, и на нижней - самый мелкий, например: морской песок или сульфуголь</p>
--	--	--	---	---

Перечисленные устройства имеют различную область применения от агрессивных сред морской воды и некоторых видов промышленности, а также канализационных бытовых, промышленных водных стоков до нужд бытовой доочистки питьевой воды, соответственно имея разную степень и виды загрязнения. В зависимости от особенностей и принципов работы устройства имеют свою определенно подобранную комбинацию и состав насыпной загрузки, наибольшее распространение среди перечисленных устройств имеют следующие материалы: цеолиты, шунгиты, песок, щебень, активированный уголь.

Исследование устройства и особенностей работы однослойных насыпных фильтров, позволило определить некоторые недостатки данного типа устройств относительно специфических требований деятельности рыбоперерабатывающих предприятий:

Одним из ключевых аспектов при анализе фильтрующего устройства [5] в рамках пригодности его для использования рыбоперерабатывающими предприятиями является то, что у него не предусмотрена возможность работы с агрессивными средами, какой является морская вода. Наряду с этим качество фильтрата зависит от структуры и свойств выбранного насыпного материала, и может значительно уменьшиться при неоправданном подборе зернистой загрузки. В конструкции не предусмотрена самоочистка противотоком.

В фильтре Цеолитовый-С [6] также не предусмотрена работы с морской водой. Еще одним недостатком фильтрующего устройства является вымывание цеолита (мелкой фракции) из дисперсной среды на протяжении всего цикла, а также отсутствует возможность применения самоочистки противотоком; цикл фильтрования жидкости имеет небольшую протяженность.

В конструкции устройства [11] отсутствует самоочистка противотоком.

Устройство [7] подходит для взаимодействия с агрессивными средами, непосредственно с морской водой. Сниженный темп зарастания пор фильтрующей загрузки. Возможность применения экономически доступных зернистых фильтрующих материалов природного происхождения, предусмотрена регенерация фильтрующей среды безреагентным способом. Конструкция включает пневмоцилиндры, барботер, что ведет к повышенному расходу воздуха, усложняет ее, утяжеляет.

Исследование многослойных фильтрующих устройств позволило определить ряд недостатков, которые при выборе играют важную роль в эффективности водоподготовки рыбоперерабатывающих предприятий:

Фильтрующее устройство [12] не предусмотрено для использования агрессивных сред (морская вода). Еще одним существенным недостатком является резкое снижение эффективности очистки из-за заиливания песочного слоя; не предусмотрен датчик для анализа взвешенных механических примесей.

Фильтр [10] пригоден для очистки питьевой воды реагентным способом. Имеет предрасположенность к стремительному заиливанию фильтрующего слоя (песка); не предусмотрен прибор для анализа взвешенных механических примесей и отсутствует очистка противотоком.

Фильтрующее устройство [9] предназначено для фильтрования питьевой воды относится к реагентному способу очистки, не пригодно для взаимодействия с

агрессивными средами, не предусмотрен датчик для анализа взвешенных механических примесей, очистка противотоком.

Устройство [8] оснащено дополнительными функциями, позволяющими повысить производительность процесса фильтрования, за счет обеспечения дополнительной защиты от примесей (в конструкции предусмотрены сетчатые перегородки в патрубки подвода промывной воды и отвода фильтрата), равномерного распределения морской воды по поверхности фильтрующей загрузки (предусмотрена перфорированная насадка), также особенностью является дополнительная вибрация сетчатой разделительной перегородки за счет включения в конструкцию вибромоторов, благоприятно сказывается на скорости зарастания пор зернистой загрузки. Фильтр предназначен для взаимодействия с агрессивными средами. К основному недостатку можно отнести недолговечность сетчатых перегородок в патрубках.

Для достижения эффективности фильтрования и увеличения грязеемкости фильтрующие слои формируют из материалов с различной дисперсностью и плотностью (от нижнего слоя с более мелким размером фракций фильтрующих материалов к более крупным верхнем слое). При фильтровании с нисходящим потоком фильтрующая загрузка работает полностью, загрязнения крупного размера оседают в верхнем слое загрузки, а остальные в нижнем.

3. Полученные результаты

По результатам патентного исследования в качестве наиболее подходящих в вопросах морской водоподготовки для рыбоперерабатывающих предприятий, нами определены конструкции [7] и [8]. Однако, в качестве прототипа для дальнейших усовершенствований и разработок определена конструкция фильтровального устройства [7], поскольку цилиндрический корпус наиболее устойчив, в том числе к сдавливанию, обеспечивает равномерность распределения потока и др.

Общий вид устройства для очистки морской воды проиллюстрирован на рисунке 1.

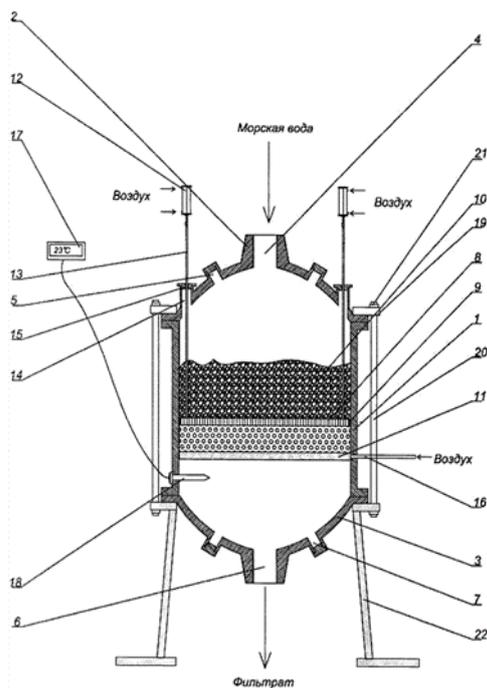


Рисунок 1. Общий вид устройства для очистки морской воды (в разрезе): 1 – корпус; 2, 3 – верхняя и нижняя крышки, соответственно; 4 – патрубок для подачи морской воды; 5 – симметричные патрубки для отвода промывной воды; 6 – патрубок отвода фильтрата; 7 – симметричные патрубки подвода промывной воды; 8 – сетчатая разделительная перегородка; 9 – уплотнительный контур; 10 – слой зернистого материала; 11 – барботер (в форме спирали); 12 – два пневмоцилиндра; 13 – соединительные штоки; 14 – подводящие патрубки; 15 – уплотнительные манжеты; 16 – блок подготовки воздуха; 17 – преобразователь температуры; 18 – термошуп; 19 – фланцы; 20 – шпильки; 21 – гайки; 22 – опора

В конструктивных возможностях [7] предусмотрена эксплуатация с агрессивными средами, дополнительная вибрация сетчатой разделительной перегородки (за счет включения в конструкцию пневмоцилиндров), функция регулирования температуры фильтрата, представляющая собой преобразователь температуры со специальным термощупом.

4. Выводы

Проведенный патентный поиск, а также исследование конструкций устройств с насыпными дисперсными средами, позволили определить наиболее эффективное направление для решения исследовательских задач и достижения результатов в совершенствовании процессов и оборудования фильтрования морской воды насыпными дисперсными средами.

На основе результатов сравнительного анализа особенностей работы фильтрующих устройств с насыпными дисперсными средами, был определен прототип установки фильтрующего устройства для дальнейшей модернизации.

Исходя из этого, следующий этап будет посвящён проведению работ по совершенствованию конструктивных особенностей устройства для очистки морской воды [7] на основе экспериментального исследования вибро-, вибромеханоактивации исходного раствора в процессе фильтрования, изучения физико-химических свойств

активированного раствора и определения рациональных режимов механического воздействия. Полученные наработки в этом направлении станут фундаментом для дальнейшей модернизации устройства, основной целью которых является улучшение процесса фильтрования, а именно увеличение производительности и повышение качества фильтрата.

Список литературы

1. Крикун А.И. Исследование процесса фильтрования морской воды насыпными фильтрами с применением вибрации / А.И. Крикун, С.Д. Руднев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – № 80(1). – С. 50-54.
2. Крикун А.И. Исследование современных аспектов фильтрования морской воды / А.И. Крикун, С.Д. Руднев, В.В. Феоктистова // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы VII Международной научно-технической конференции. – 2022. – С. 387-392. – EDN TXQWNQ.
3. Пайметов А.Н. Очистка сточных вод с помощью диатомита и трубчатых текстильных фильтров / А.Н. Пайметов, И.Н. Панин, Л.Я. Сухотелин, А.А. Калмыков // Экология производства. – 2012. – № 1. – С. 54-58.
4. Панов С.Ю. Разработка модели пневмоимпульса при регенерации фильтровальных слоев / С.Ю. Панов, А.А. Русанов, Ю.В. Красовицкий, Р.А. Важинский // Вестник ВГТУ. 2009. – № 2. – С. 163-165.
5. Пат. RU № 92356 – Бытовой фильтр для воды / ООО фирма «Ратна». – Полезная модель, 20.03.2010.
6. Пат. RU № 2252061 – Бытовой фильтр для доочистки питьевой воды «Цеолитовый-С» / ООО «Дальцеолит». – Изобретение, 20.05.2005.
7. Пат. RU № 142257 – Устройство для очистки морской воды / А.И. Фёдорова, Д.А. Крикун, С.Д. Угрюмова. – Полезная модель, 20.06.2014.
8. Пат. RU № 155961 U1 20.10.2015 – Устройство для очистки морской воды / А.И. Фёдорова, Д.А. Крикун, С.Д. Угрюмова. – Полезная модель, 20.10.2015.
9. Пат. RU № 2371233 С2 – Устройство для очистки питьевой воды / С.П. Дорофеев, Е.В. Бабаев. – Изобретение, 27.10.2009.

10. Пат. RU №2490217 С2 – Способ глубокой очистки воды, преимущественно питьевой / В.Г. Белименко (UA), В.С. Гевод (UA). – Изобретение, 20.08.2013.
11. Пат. RU №2179473 – Способ фильтрации жидкости, устройство для его осуществления и фильтрующий материал / П.Н. Мартынов, А.И.Симаков. – Изобретение, 20.02.2002.
12. Пат. RU № 36938 U1 – Фильтрационная камера установок биологической очистки бытовых и промышленных канализационных водных стоков / ООО Производственное объединение «Топол–Эко». – Полезная модель, 10.04.2004.
13. Сперанский П.В. О возможности использования местных зернистых материалов и отходов производства в качестве фильтрующей загрузки // Экологические проблемы промышленных регионов. – Екатеринбург, 1999. – 64-69 с.
14. Шигапов И.И. Исследование воздухопроницаемости пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 2. – С. 107-110.
15. Ширяева Е.В. Влияние структуры отфильтрованных осадков на параметры процессов фильтрования и обезвоживания // Е.В. Ширяева, Ю.В. Гутин // Математические методы в технике и технологиях. – 2009. – С. 36-38.