

## Разработка технологической схемы реконструкции водопроводных очистных сооружений на базе устройства для осветления промывных вод с водовоздушной промывкой мембранного модуля и ее обоснование

*М.А. Лазурина*

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

**Аннотация:** В настоящей статье приводятся результаты научно-исследовательской работы, посвященной применению ультрафильтрационных мембран в технологии очистки природных вод и промывных вод блока контактных осветлителей, а также разработанные на их базе проектные предложения по реконструкции существующих водопроводных очистных сооружений.

**Ключевые слова:** мембранная технология, ультрафильтрация, мембранный модуль, технология очистки природных и промывных вод, водопроводные очистные сооружения, патентные исследования.

В технологии очистки воды находят широкое применение различные устройства для осветления промывных вод фильтровальных сооружений. Выбор конструкции производится на основании требуемой производительностью установки, особенностей воды, подвергаемой очистке и экономических соображений [1].

В настоящее время в процессах водоподготовки широко используется мембранная технология. Установки с мембранными модулями обладают большей компактностью, нежели традиционное оборудование очистных сооружений. Причем качество прошедшей обработку воды в течение всего периода сохраняется на стабильно высоком уровне [2].

Мембранные методы водоочистки заключаются в пропуске исходной воды через полупроницаемую мембрану, в результате чего исходная вода разделяется на два потока: фильтрат (очищенная вода) и концентрат (сконцентрированный раствор примесей). Фильтрат подается потребителю, а концентрат сливается в дренаж.

Для удаления примесей из воды используются пористые мембраны. Данный тип мембран классифицируют по размеру задерживаемых частиц на

---

следующие типы: микрофльтрационные мембраны (размер пор 0,1 - 1,0 мкм); ультрафльтрационные мембраны (размер пор от 0,01 до 0,1 мкм); нанофльтрационные мембраны (размер пор от 0,001 до 0,01 мкм); обратноосмотические мембраны (размером пор менее 0,001 мкм).

При переходе от микрофльтрации к обратному осмосу размер пор мембраны уменьшается и, следовательно, уменьшается минимальный размер задерживаемых частиц. При этом, чем меньше размер пор мембраны, тем большее сопротивление она оказывает потоку и тем большее давление требуется обеспечить для процесса фльтрации [3].

Наибольшее распространение в технологии очистки воды получил процесс ультрафльтрации, который может проводиться в напорном или вакуумном режиме. Причем, каждый режим предполагает соответствующее аппаратное оснащение и конструкцию мембранных модулей. В отличие от напорной, применение вакуумной ультрафльтрации возможно для обработки природной воды с большим содержанием нерастворенных примесей [4]. Именно вакуумная ультрафльтрация позволяет использовать мембранные технологии вместо традиционных двухступенчатых схем осветления и обесцвечивания воды в составе: отстойники – зернистые фильтры.

В 2009 г кафедрой водоснабжения (ныне кафедра водопользования и экологии) ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» совместно с ЗАО «НПП Биотехпрогресс» было разработано «Устройство для осветления промывной воды микрофльтров и уплотнения осадка» на базе мембранного модуля фирмы «МОТИМО» и был получен патент на полезную модель «Устройство для осветления промывных вод» [5]. Его общий вид приведен на рис.1.

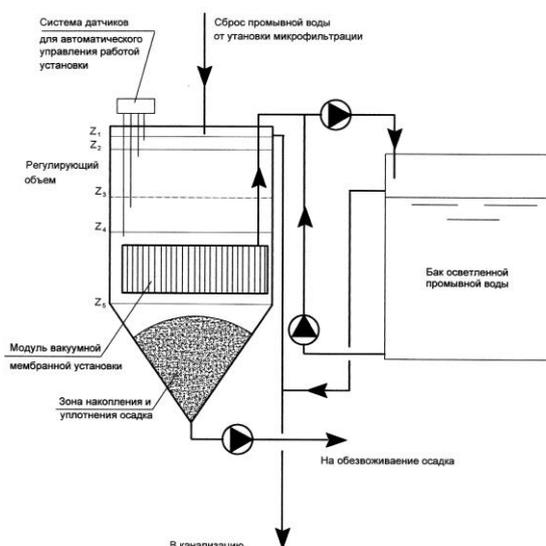


Рис. 1. – Общий вид устройство для осветления промывных вод

На основе указанного устройства в 2010 г. была изготовлена опытная установка промышленного масштаба и проведены экспериментальные исследования (Гусаковский В.Б., Барсегян Э.М.) по очистке промывных вод блока контактных осветлителей БКО-1 на ЮВС ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».



Рис. 2. – Общий вид установки

Проведенные исследования показали высокую эффективность очистки промывных вод блока контактных осветлителей [6]. Также обоснованы возможность и целесообразность применения погружных мембран для обработки промывных вод фильтровальных сооружений: в одном аппарате осуществляется глубокое осветление промывной воды, осаждение примесей

и их уплотнение. Глубокое осветление промывной воды позволяет использовать ее в дальнейшем для промывки фильтров основной технологии и, тем самым, создать оборотную систему [7]. Отметим, что потери воды составляют не более 10% общего расхода промывных вод и имеют место исключительно на этапе обезвоживания осадка. При этом сокращается объем воды, забираемой из источников водоснабжения и, как следствие, объем сбрасываемых стоков [8].



Рис. 3. – Начало процесса фильтрации



Рис. 4. – Конец процесса фильтрации



Рис. 5. – Промывка мембранного модуля (слева) и осаждение смытых примесей (справа)



Рис. 6. – Осадок при отстаивании промывной воды без фильтрации через мембранный модуль (слева) и после промывки модуля (справа)

Результаты анализа качества воды приведены ниже в таблице 1.

Таблица № 1

Результаты анализа качества воды после установки

Показатель	Единицы измерения	Исходная вода	Вода после установки
Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	2,9	<0,2
Цветность	град	29	8
Запах при 20°	Балл	0	0
Запах при 60°	Балл	0	0
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,06	<0,05
Окисляемость перманганатная	мг/дм <sup>3</sup>	7,6	3,2
Водородный показатель (рН)	Ед. рН	7,6	7,1
Щелочность общая	мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	0,44
Остаточный хлор	мг/дм <sup>3</sup>	-	<0,3
Аммиак и ионы аммония	мг/дм <sup>3</sup>	<0,10	<0,08
Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,038
Колифаги	БОЕ/(100 см <sup>3</sup> )	-	н/о
Общее микробное число	КОЕ/см <sup>3</sup>	47	1
Общие колиформные бактерии	КОЕ/(100 см <sup>3</sup> )	1375	н/о
Споры сульфитредуцирующих клостридий, КОЕ/20 см <sup>3</sup>	КОЕ/(20 см <sup>3</sup> )	2	н/о
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ/(100 см <sup>3</sup> )	625	н/о

При фильтровании промывной воды через мембраны без дополнительной реагентной обработки мутность фильтрата не превышала 0,5 мг/л, цветность – 8 град, содержание остаточного алюминия – 0,05 мг/л, что соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения».

В последствии были проведены патентные исследования на тему: «Устройство для осветления промывных вод с водовоздушной промывкой мембранного модуля». Исполнители: Гусаковский В.Б., Вуглинская Е.Э., Лазурина М.А.

Сохраняя достоинства прототипа, предложенное устройство позволяет осуществлять высокоэффективную отмывку мембран от задержанных примесей, вынося их из пучка мембран. Это исключает кольматацию межмембранного пространства и обеспечивает достаточную длительность фильтроцикла, что также позволяет снизить расход воды на промывку мембранного модуля. Устройство дает возможность практически полностью автоматизировать работу установки осветления промывной воды, уплотнения и обезвоживания осадка [9].

Общий вид устройства для осветления промывных вод с водовоздушной промывкой мембранного модуля приведен на рис.7, где введены следующие обозначения: 1 - корпус; 2 - прямоугольная часть корпуса 1 с вертикальными стенками; 3 - пирамидальное днище; 4 - зона накопления и уплотнения осадка; 5 - модуль вакуумной мембранной установки; 6 - устройство для автоматического управления работой установки; 7 - датчики уровня; 8 - питающий патрубок; 9 - трубопровод для отвода осветленной воды; 10 - патрубок для отвода осадка; 11 - емкость осветленной воды; 12 - насосы; 13 - воздушная распределительная трубчатая система; 14. компрессор.

---

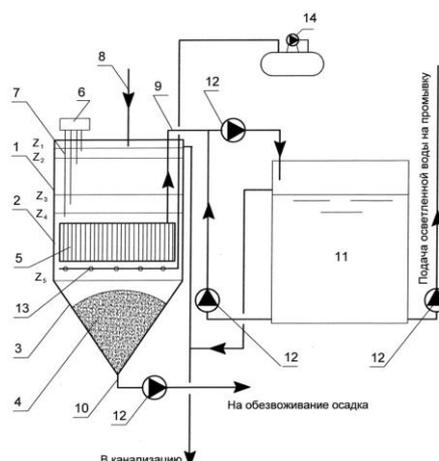


Рис. 7. – Устройство для осветления промывных вод с водовоздушной промывкой мембранного модуля

На основе «Устройства для осветления промывной воды с водовоздушной промывкой мембранного модуля» с ранее доказанной экспериментальным путем эффективностью осветления промывных вод фильтровальных сооружений, разработано «Комбинированное сооружение с мембранным модулем для осветления и обесцвечивания природных вод».

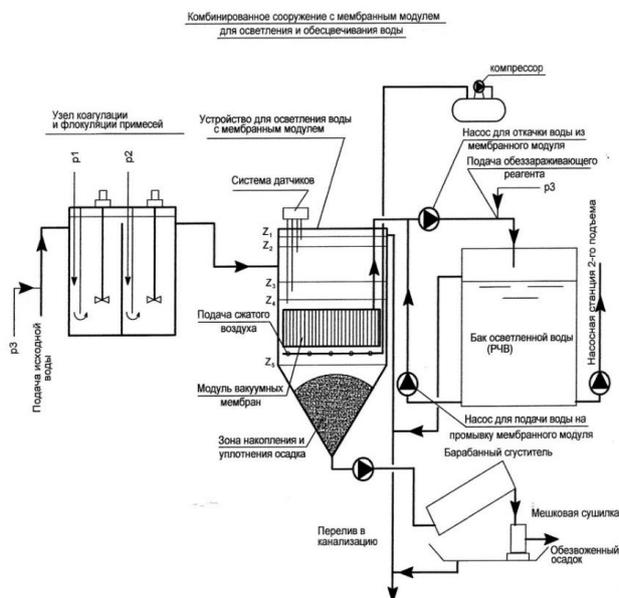


Рис. 8. – Комбинированное сооружение с мембранным модулем для осветления и обесцвечивания природных вод

Технологическая схема водоподготовки, помимо данного сооружения, предусматривает в своем составе узел коагуляции и флокуляции для подготовки примесей природных вод к их извлечению, а также обезвоживание осадка с использованием барабанного сгустителя и мешковой сушилки [10].

Применительно к реконструкции ВОС п. Савино, Новгородской обл. разработаны проектные предложения с использованием данного сооружения. Источником водоснабжения является река Вишера и 2 скважины. Анализ качества воды показывает, что исходная вода не соответствует требованиям по следующим показателям: мутность, цветность, окисляемость, нефтепродукты, железо и марганец. Основную проблему создает высокая цветность (450–81 град) и окисляемость (72,2–24,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

Показатели качества воды, поступающей на ВОС (смесь воды р. Вишера и подземного источника), приведены в таблице 2.

Таблица № 2

Показатели качества исходной воды

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Исходная вода, макс – мин	Норматив
1	Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	48-5,5	1,5
2	Цветность	град	450–81	20
3	Окисляемость	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	72,2–24,8	5
4	рН	единицы рН	8,2–6,3	6–9
5	Жесткость	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	6,45–0,7	7
6	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	594–144,5	1000
7	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,32–0,05	0,1
8	Fe	мг/дм <sup>3</sup>	8,25–0,86	0,3
9	Mn	мг/дм <sup>3</sup>	0,56–0,063	0,1

Проектом предусматривается разработка технологической схемы водоподготовки на базе проведенных научных исследований: предложена новейшая мембранная технология с использованием вакуумных ультрафильтрационных мембран. Исходная вода подается в контактный резервуар, где вводится коагулянта и происходит первичное хлорирование. Далее, самотеком вода подается на блок устройств с мембранными модулями, а затем насосом подается на сорбционные фильтры для извлечения из воды трудно окисляемых примесей, а также продуктов их окисления хлором. Кроме того, предусматривается обезвоживание осадка [11] с использованием барабанного сгустителя и мешковой сушилки.

При полезной производительности ВОС 400 м<sup>3</sup>/сут потери воды с осадком составят всего 3 м<sup>3</sup>/сут в отличие от 70 м<sup>3</sup>/сут, сбрасываемых в сооружениях, в случае осуществления процесса водоподготовки, выполненных по классической схеме напорного фильтрования на зернистых фильтрах, что свидетельствует об экологичности.

### Литература

1. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод // Высшая школа, 1987. С. 206-210.
2. Первов Л. Г., Резцов Ю. В., Кандаурина Л. М. Мембранная технология в подготовке питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника, 1995. № 11, С. 13-14.
3. Marcel Mulder. Basic principles of membrane technology: Kluwer Academic Publishers Dodrecht / BOSTON / LONDON, 1995. 513 p.
4. Vjarne Nicolais Developments in membrane technology for water treatment // Desalination. 2003. P. 355-360.
5. Гусаковский В. Б., Вуглинская Е. Э., Лазурина М. А. Устройство для осветления промывных вод. Патент № 89987 Российская Федерация: МПК



B03 D 3/02. URL: [fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=33025b38d18d496597e369b38924d800](https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=33025b38d18d496597e369b38924d800).

6. Гусаковский В.Б., Барсегян Э.М. Технология обработки промывных вод фильтровальных сооружений с использованием погружных мембран // Материалы международной научно-практической конференции «Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов» / ПГУПС. - СПб.: ОМ-Пресс, 2013. С.78-82.

7. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. // Стройиздат, 1984. С. 272.

8. Серпокрылов Н.С., Петренко С.Е., Борисова В.Ю. Повышение эффективности и надежности очистки сточных вод на разных стадиях эксплуатации очистных сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1602](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1602).

9. Петров С.В., Волков М.В., Гусаковский В.Б., Барсегян Э.М. Устройство для осветления промывных вод с водовоздушной промывкой мембранного модуля. Патент № 152809 Российская Федерация: МПК B01D 36/04, B01D 29/66, C02F 1/52. URL: [fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e2ae9ddf1e07a8cdd4a536e56798304a](https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e2ae9ddf1e07a8cdd4a536e56798304a).

10. Лазурина М.А., Гусаковский В.Б. Комбинированное сооружение с мембранным модулем для осветления и обесцвечивания природных вод // Актуальные проблемы строительства Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов / СПбГАСУ. - СПб, 2014. С. 35 – 38.

11. Рыльцева Ю.А., Лысов В.А. Имитационное моделирование взаимосвязи инициаторов высокотехнологичных инноваций // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011).

---

## References

1. Nikoladze G.I. Texnologiya ochistki prirodny`x vod [Natural water purification technology]. Vy`sshaya shkola, 1987. pp. 206-210.
2. Pervov L. G., Rezcov Yu. V., Kandaurlna L. M. Water supply and sanitary engineering, 1995. N. 11, pp. 13-14.
3. Marcel Mulder. Basic principles of membrane technology: Kluwer Academic Publishers Dodrecht / Boston / London, 1995. 513 p.
4. Bjarne Nicolais Developments in membrane technology for water treatment. Desalination. 2003. pp. 355-360.
5. Gusakovskij V. B., Vuglinskaya E. E`., Lazurina M. A. Ustrojstvo dlya osvetleniya promy`vny`x vod [Device for clarification of wash water]. Patent № 89987 Rossijskaya Federaciya: MPK B03 D 3/02. URL: [fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=33025b38d18d496597e369b38924d800](https://fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=33025b38d18d496597e369b38924d800).
6. Gusakovskij V.B., Barsegyan E`. M. Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Novy`e dostizheniya v oblasti vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany` vodny`x resursov». PGUPS. SPb.: OM-Press, 2013. pp.78-82.
7. Alferova L.A., Nechaev A.P. Zamknuty`e sistemy` vodnogo xozyajstva promy`shlenny`x predpriyatij, kompleksov i rajonov. [Closed systems of water management of industrial enterprises, complexes and regions]. Strojizdat, 1984. P. 272.
8. Serpokry`lov N.S., Petrenko S.E., Borisova V.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1602](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1602).
9. Petrov S.V., Volkov M.V., Gusakovskij V.B., Barsegyan E`.M. Ustrojstvo dlya osvetleniya promy`vny`x vod s vodovozdushnoj promy`vkoj membrannogo modulya [Device for clarification of wash water with water-air washing of the membrane module]. Patent № 152809 Rossijskaya Federaciya: MPK B01D 36/04,



B01D 29/66, C02F 1/52. URL: [fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e2ae9ddf1e07a8cdd4a536e56798304a](https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e2ae9ddf1e07a8cdd4a536e56798304a).

10. Lazurina M.A., Gusakovskij V.B. Aktual`ny`e problemy` stroitel`stva Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov, molody`x ucheny`x i doktorantov. SPbGASU. SPb, 2014. pp. 35 – 38.

11. Ry`l`ceva Yu.A., Ly`sov V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1011).