

МОБИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ВАКУУМНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

С. В. Гонтарев

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: svg@ocean.ru*

Существует целая область исследований водной среды, связанная с фильтрацией разных объемов воды для выделения взвешенных компонентов или концентрацией пробы с последующим анализом. При фильтрации больших объемов воды стандартным является использование вакуумного насоса совместно с ресивером большого объема. Отфильтрованная вода накапливается в ресивере, который периодически необходимо опустошать, прерывая процесс фильтрации. В заметке описана мобильная станция вакуумной фильтрации, позволяющая выполнять непрерывную фильтрацию проб. Разработанная станция не содержит ресивера и поэтому выполняет фильтрацию при гораздо меньшем весе и габаритах, что позволяет использовать ее для выполнения работ в полевых условиях. Станция полностью безопасна при работе с морской водой.

Ключевые слова: фильтрация проб, концентрация проб, станция вакуумной фильтрации

Введение

При проведении экологических исследований и мониторинге природной водной среды часто необходимо выполнять фильтрацию больших объемов воды для выделения на фильтрах взвешенных компонентов с последующим анализом состава минеральной и органической взвеси. Применяемые в настоящее время установки используют вакуумный насос совместно с ресивером для накопления воды, что создает существенные ограничения в процессе проведения работ. Самый главный недостаток существующих установок связан с использованием герметичного ресивера жесткой конструкции. При интенсивной фильтрации подобный ресивер должен иметь большой объем, что ограничивает возможности транспортировки и эксплуатации устройства для фильтрации при работе в полевых условиях. Необходимость защиты вакуумного насоса от попадания фильтрата требует постоянного контроля за наполнением ресивера при большом объеме фильтрации. При заполнении ресивера процесс фильтрации необходимо прерывать для опустошения ресивера от фильтрата, но иногда такое прерывание существенно осложняет процесс фильтрации.

Целью работы было создание компактного экономичного устройства для фильтрации в полевых условиях неограниченного объема воды в непрерывном режиме. При этом важно отметить возможность оперативной фильтрации проб без их хранения. Наилучшим вариантом является фильтрация и фиксация проб в полевых условиях

сразу после забора пробы. После изоляции пробы от морской среды биохимические процессы в пробе отличаются от биохимических процессов в морской среде. В связи с этим время от момента забора пробы до момента ее фиксации или обработки должно быть минимальным. Длительные задержки после забора пробы приводят к необратимым изменениям биохимии пробы и, как следствие, росту ошибки измерений.

Обзор систем создания вакуума

Известны два способа создания избыточного давления на фильтрах в процессе фильтрации. К первому типу относятся системы фильтрации с созданием избыточного давления путем размещения емкости с фильтруемой водой выше системы фильтродержателей. Ко второму типу относятся фильтрационные установки, создающие перепад давления на фильтрах с помощью вакуумного насоса. Для работы первого типа фильтрационных установок требуется размещение емкости с водой выше системы фильтродержателей. Высота их взаимного размещения определяет величину избыточного давления для выполнения фильтрации. Установка требует для размещения необходимого перепада высот. В полевых условиях работа с такой установкой не всегда представляется возможной. Более универсальными являются установки с созданием вакуума для фильтрации воды вакуумным насосом. В них отсутствуют требования взаимной высоты размещения. Ниже описана модернизация установки вакуумной фильтрации второго типа.

Уменьшение габаритов и веса фильтрационной установки возможно путем модернизации ее отдельных компонентов. Габариты фильтродержателей определяются типом и размерами фильтров, используемых в экспериментах. Изменение их размеров и характеристик не желательно, так как это потребует изменения методик проведения экспериментов. Основной эффект в снижении веса, габаритов и потребляемой мощности может быть достигнут модернизацией системы создания вакуума. В описываемой установке снижение массы и габаритов достигнуто исключением из состава фильтрационной установки ресивера. При исключении ресивера из вакуумной системы возникает необходимость в перекачивании на начальном этапе смеси воздуха и жидкости от фильтродержателя. Это требует применения вакуумных насосов, способных перекачивать смесь газа и жидкости. В качестве вакуумного насоса к фильтровальной установке могут использоваться насосы различной конструкции. Классификация существующих насосов для перекачки жидкостей приведена в (Принцип работы насоса, 2025). Для снижения трудозатрат и повышения удобства проведения работ будем рассматривать только насосы, способные перекачивать газо-водные смеси. Это упростит проведение работ и снимет ограничения на взаимное расположение фильтров и вакуумного насоса.

Для использования в качестве вакуумного насоса в установке фильтрации наиболее перспективными являются насосы следующих типов: импеллерные насосы (Принцип действия импеллерного насоса, 2025); мембранные насосы (Принцип

работы и устройство мембранного насоса, 2025) и струйные насосы (Струйные насосы: устройство и принцип работы, 2025) (Струйные насосы – аппараты простой конструкции для решения специфических задач, 2025).

По результатам обзора литературы к достоинствам всех трех типов насосов можно отнести способность перекачивания газо-воздушной смеси. Наибольшей надежностью и максимальным ресурсом обладают водоструйные насосы. Они не требуют регулярного техобслуживания. Вторыми по надежности и долговечности являются мембранные насосы. Их высокая надежность обусловлена отсутствием трущихся частей. Насосы не нуждаются в частом техническом обслуживании. Достоинством импеллерных насосов является способность всасывать жидкости на высоту до 6–7 м и перекачивать жидкости с включениями. К недостаткам импеллерных насосов можно отнести резкое сокращение ресурса в режиме холостого (сухого) хода и необходимость периодического обслуживания.

Для создания вакуумного модуля в установке фильтрации была использована комбинация мембранного и водоструйного насосов. Насосы обладают максимальным ресурсом, просты в эксплуатации и требуют минимального технического обслуживания. С целью обеспечения простоты конструкции была выбрана схема последовательного соединения мембранного и водоструйного насосов. Отсутствие жесткой связи между насосами позволяет обойтись без системы автоматического регулирования величины вакуума. Практически была подобрана пара насосов с характеристиками, ограничивающими максимальную величину вакуума в зависимости от напряжения питания мембранного насоса в диапазоне 50–500 миллибар. Такая величина вакуума позволяет выполнять фильтрацию проб с использованием различных типов фильтров и перепадом давления на фильтре в соответствии с рекомендуемыми режимами выполнения фильтрации. Отличительной особенностью использованной структуры модуля создания вакуума является невозможность превышения величины вакуума выше заданного предела во всех режимах его работы.

Описание установки

В статье описывается разработанная новая мобильная установка непрерывной вакуумной фильтрации на основе водоструйного насоса замкнутого цикла для создания вакуума. Предлагаемая установка для вакуумной фильтрации взвешенных компонентов природной воды позволяет осуществлять фильтрацию больших объемов воды в непрерывном режиме. Установка не содержит герметичного вакуумного ресивера, за счет чего имеет малые габариты и вес. Станция предназначена для проведения фильтрации биологических и геологических проб в полевых условиях и их концентрации до заданного объема. Наши публикации и патенты по теме установок фильтрации и концентрирования представлены в (Гонтарев, Мошаров, 2016; Гонтарев, Мошаров, 2019; Гонтарев и др., 2017; Мошаров, Гонтарев 2017). В отличие от схемы с использованием механического вакуумного

насоса станция может одновременно перекачивать газ и жидкость, что упрощает выполнение фильтрации и концентрирования образцов. Вакуумная станция состоит из модуля создания вакуума и модуля вакуумной фильтрации (фильтродержателя или системы фильтродержателей). Внешний вид модуля создания вакуума представлен на рисунке 1.

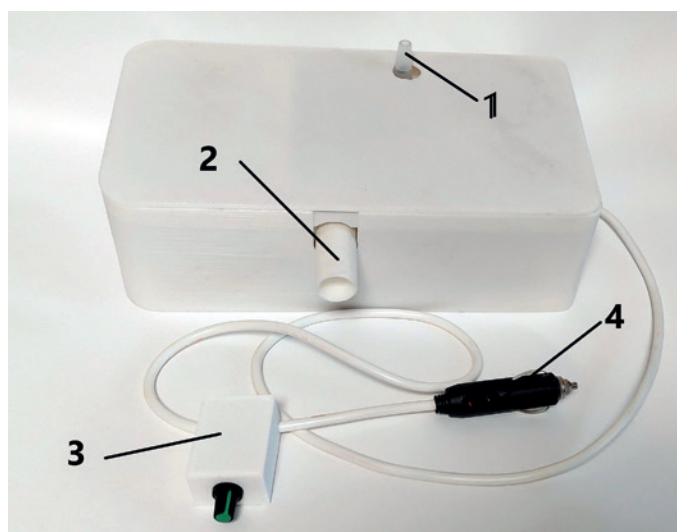


Рис. 1 – Модуль создания вакуума: 1 – вакуумная магистраль, 2 – слив отработанной воды, 3 – регулятор уровня вакуума, 4 – питание 12 Вольт

Система построена на основе водоструйного насоса, работающего по замкнутому циклу. Структурная схема установки фильтрации представлена на рисунке 2.

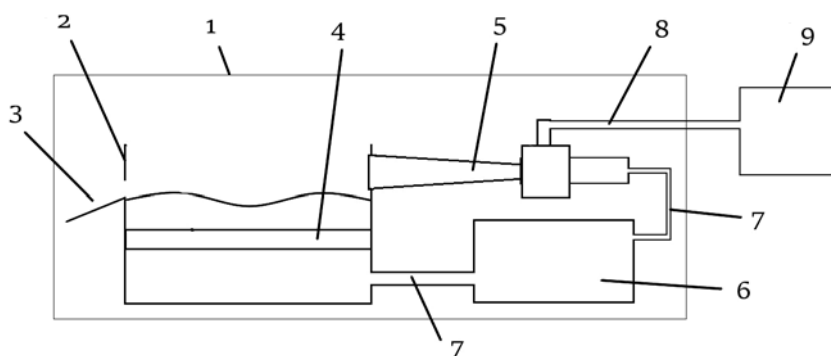


Рис. 2 – Структурная схема системы вакуумной фильтрации: 1 – модуль создания вакуума, 2 – накопитель отфильтрованной воды, 3 – слив избыточной воды, 4 – фильтр, 5 – вакуумный водоструйный насос, 6 – мембранный насос, 7 – трубки подачи воды, 8 – вакуумная магистраль, 9 – система фильтрации (фильтродержатель или система фильтродержателей)

Модуль создания вакуума состоит из накопителя отфильтрованной воды – 2, слива избыточной воды – 3, фильтра – 4, водоструйного насоса – 5, мембранного насоса – 6, трубок подачи воды – 7, вакуумной магистрали – 8. Он создает вакуум

для работы системы фильтрации – 9. В станции в качестве рабочего тела используется отфильтрованная вода. Отфильтрованная вода из накопителя 2 через фильтр 4 и трубку 7 поступает на вход мембранного насоса 6. С выхода мембранного насоса 6 через трубку 7 вода под давлением поступает на водоструйный насос 5. При прокачке воды через водоструйный насос в вакуумной магистрали 8 создается разрежение. Смесь воздуха и воды засасывается вакуумным насосом 5 через вакуумную магистраль 8 и прокачивается в накопитель отфильтрованной воды 2. Избыток воды сливается через слив 3. В накопителе происходит разделение воды и воздушных пузырьков. Горизонтально расположенный внутренний фильтр 4 исключает попадание воздушных пузырьков и крупных частиц в мембранный насос, что делает работу установки более равномерной и уменьшает ее износ. Максимальная величина вакуума ограничивается модулем регулировки напряжения питания мембранного насоса (модуль 3 на рисунке 1). Изменение напряжения питания мембранного насоса позволяет регулировать максимальную величину вакуума в диапазоне от 50 до 500 миллибар.

Модуль создания вакуума имеет следующие параметры:

Перекачиваемая среда	вода + воздух
Диапазон регулировки максимальной величины вакуума	50–500 миллибар
Максимальная производительность	0.8 л/мин
Напряжение питания	12 В
Ток	1.5 А
Габаритные размеры в сложенном состоянии	300×160×95 мм
Вес	1500 гр.
Режим работы	долговременный

Преимуществом станции являются маленький вес и габариты, позволяющие оперативно транспортировать ее при проведении полевых работ. Ток потребления 1.5 А делает возможным питание в полевых условиях от автономного аккумулятора. Для 8-часового рабочего дня достаточно аккумулятора емкостью 12 Ач. Питание станции от аккумулятора вместе низким напряжением питания полностью исключает возможность поражения исследователя электрическим током при работе с морской водой. В полевых условиях станция может питаться от автономного аккумулятора или бортовой сети автомобиля с напряжением 12 Вольт. Возможность перекачивания среды вода + воздух позволяет размещать вакуумную станцию выше фильтродержателя, что исключает заливание станции водой. Система не требует использования громоздкого ресивера большого объема для накопления воды и, как следствие, исключает необходимость постоянного контроля за переполнением ресивера и периодического слива жидкости из него, что в целом снижает трудозатраты при проведении исследований.

Заключение

Сконструирована малогабаритная вакуумная станция для проведения работ по фильтрации и концентрации образцов. Станция позволяет выполнять фильтрацию воды в непрерывном режиме. Гарантированная невозможность превышения величины вакуума выше заданного предела в процессе работы позволяет выполнять фильтрацию с использованием различных типов фильтров без повреждения материала фильтруемых проб. Отсутствие ресивера в составе станции уменьшает ее габариты, упрощает выполнение работ и снижает их трудоемкость. Упрощается процесс транспортировки в полевых условиях. Низкое напряжение питания совместно с возможностью автономного питания исключает поражение электрическим током в процессе проведения исследований.

Список литературы

1. Гонтарев С. В., Мошаров С. А. Устройство для вакуумной фильтрации взвешенных компонентов природной воды: Патент на изобретение 2675907 Рос. Федерация. № 2016136583; заявл. 12.09.2016; опубл. 25.12.2018, Б.И. № 8.
2. Гонтарев С. В., Мошаров С. А. Способ и устройство для концентрирования взвешенных компонентов в пробах воды: Патент на изобретение 2678653 Рос. Федерация. № 2017127671; заявл. 01.08.2017; опубл. 30.01.2019, Б.И. № 4.
3. Гонтарев С. В., Мошаров С. А., Корсак М. Н. Новый способ фильтрации больших объемов воды в непрерывном режиме в системе экологического мониторинга // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 6. № 3 (66). С. 13–17.
4. Мошаров С. А., Гонтарев С. В. Новая мобильная установка для непрерывной вакуумной фильтрации взвешенных компонентов природной воды // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2017). Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции, Москва, 16–18 мая 2017 г. С. 210–212.
5. Принцип работы насоса: https://www.ampika.ru/Princip_raboty.html (дата посещения 15.03.2025 г.).
6. Принцип действия импеллерного насоса: <https://ytspumps.ru/product/impellernye-nasosy/> (дата посещения 15.03.2025 г.).
7. Принцип работы и устройство мембранного насоса: https://www.arkronix.ru/blog/printsip_raboty_i_ustroystvo_membrannogo_nasosa/ (дата посещения 15.03.2025 г.).
8. Струйные насосы: устройство и принцип работы: <https://www.nektonnasos.ru/articles/struinyi-nasos> (дата посещения 15.03.2025 г.).
9. Струйные насосы – аппараты простой конструкции для решения специфических задач: https://www.arkronix.ru/blog/struynye_nasosy_apparaty_prostoy_konstruktsii_dlya_resheniya_spetsificheskikh_zadach/ (дата посещения 15.03.2025 г.).

Статья поступила в редакцию 24.10.2024, одобрена к печати 05.06.2025.

Для цитирования: Гонтарев С. В. Мобильная станция вакуумной фильтрации // Океанологические исследования. 2025. № 53 (3). С. 150–156. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).8](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).8).

MOBILE VACUUM FILTRATION STATION

S. V. Gontarev

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: svg@ocean.ru*

There is a whole field of research of the aquatic environment related to the filtration of different volumes of water to isolate suspended components or the concentration of the sample with subsequent analysis. When filtering large volumes of water, it is standard to use a vacuum pump in conjunction with a large volume receiver. Filtered water accumulates in the receiver, which must be emptied periodically, interrupting the filtration process. The article describes a mobile vacuum filtration station that allows continuous filtration of samples. The developed station does not contain a receiver and therefore performs filtration at a much lower weight and dimensions, which allows it to be used to perform work in the field. The station is completely safe when working with seawater.

Keywords: sample filtration, sample concentration, vacuum filtration station

References

1. *Device for vacuum filtration of suspended components of natural waters: patent for invention 2675907 Ros. The Federation. No. 2016136583, application 12.09.2016. Publ. 25.12.2018, Iss. No. 8. (Authors: Gontarev S. V., Mosharov S. A.).*
2. Gontarev, S. V., S. A. Mosharov, and M. N. Korsak, 2017: A new method for filtering large volumes of water in a continuous mode in an environmental monitoring system. *Safety in the technosphere*, 6, 3 (66), 13–17.
3. *Jet pumps: design and operating principle.* <https://www.nektonnasos.ru/articles/struinyi-nasos> (date of visit 15.03.2025).
4. *Jet pumps are simple-design devices for solving specific problems.* https://www.arkronix.ru/blog/struinye_nasosy_apparaty_prostoy_konstruktsii_dlya_resheniya_spetsificheskikh_zadach/ (date of visit 15.03.2025).
5. *Method and device for concentrating suspended components in water samples: patent for invention 2678653 Ros. The Federation. No. 2017127671, application 01.08.2017, publ. 30.01.2019, Issue No. 4. (Authors: Gontarev S. V., Mosharov S. A.).*
6. Mosharov, S. A. and S. V. Gontarev, 2017: A new mobile installation for continuous vacuum filtration of suspended components of natural water. *Modern methods and means of oceanological research (MSOI-2017). Proceedings of the XV All-Russian Scientific and Technical Conference*, Moscow, May 16–18, 210–212.
7. *Operating principle of an impeller pump.* <https://ytspumps.ru/product/impellernye-nasosy/> (date of visit 15.03.2025).
8. *Operating principle and structure of a membrane pump.* https://www.arkronix.ru/blog/printsip_raboty_i_ustroystvo_membrannogo_nasosa/ (date of visit 15.03.2025).
9. *Pump operating principle.* https://www.ampika.ru/Princip_raboty.html (date of visit 15.03.2025).

Submitted 24.10.2024, accepted 05.06.2025.

For citation: Gontarev, S. V., 2025: Mobile vacuum filtration station. *Journal of Oceanological Research*, 53 (3), 150–156, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).8](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).8).