

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДООЧИСТКИ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

М.А. Салтыкова

saltykovama@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

Представлен обзор космических технологий очистки воды, разработанных для решения задач водообеспечения. Рассмотрена система регенерации воды К2М, воспроизводящая чистую воду из конденсата атмосферной влаги, которая обеспечивает частичную замкнутость цикла на космической станции. Проведен обзор международных технологий фильтрации воды, разработанных Национальным управлением по авиации и исследованию космического пространства (NASA), в дальнейшем нашедших масштабное применение на Земле, а также технологий обнаружения подземных водоносных слоев с помощью космических радаров. В условиях роста населения мира, а также развития промышленности и сельского хозяйства вопрос бережного, повторного использования водных ресурсов требует пристального внимания науки.

### Ключевые слова

Жизнеобеспечение, водоочистка, водообеспечение, технология очистки и фильтрации воды, регенерация воды из конденсата, системы регенерации воды, экономия воды

Поступила в редакцию 25.04.2023

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

---

У каждого девятого жителя планеты нет доступа к чистой воде рядом с домом, и с каждым годом ситуация ухудшается. По оценкам ООН, к 2050 г. на Земле будут жить 9,8 млрд человек<sup>1</sup>. Изменение климата, а также развитие сельского хозяйства и промышленности ведут к серьезному сокращению доступных водных ресурсов для удовлетворения потребностей постоянно растущего населения, что в свою очередь, вызывает необходимость поиска новых и все более совершенных технологий очистки воды.

Передовой опыт космических технологий нередко используется для обеспечения жизнедеятельности населения. Научно-технические решения в системе жизнеобеспечения, в том числе водообеспечения космонавтов, уже нашли применение как в промышленности, так и в экономике, медицине, здравоохранении, экологии.

В настоящее время на космических станциях применяются системы жизнеобеспечения, которые обеспечивают частичную замкнутость цикла и позволяют

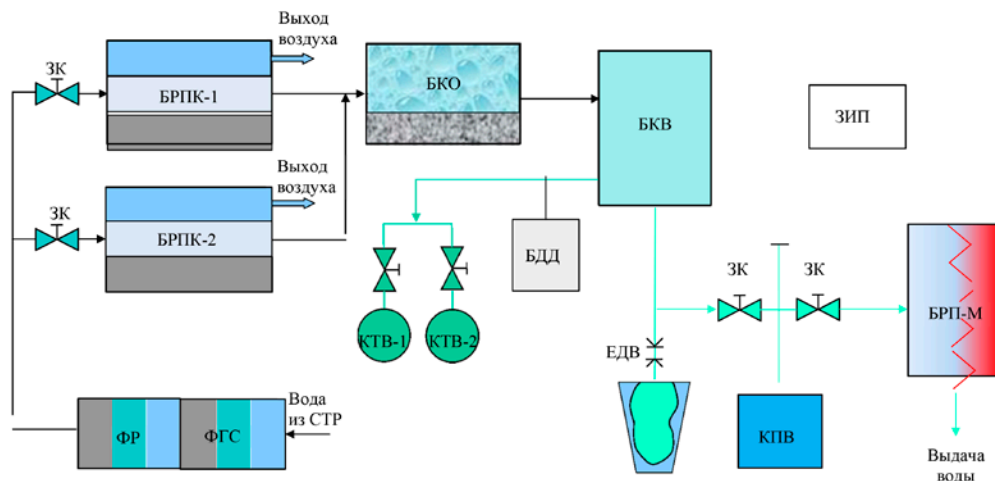
---

<sup>1</sup> Данные о росте численности мирового населения получены с сайта <https://www.un.org/ru/global-issues/population>

вернуть в оборот воду и кислород. Основным источником питьевой воды на Международной космической станции сегодня служит атмосферная вода, которую получают с помощью системы регенерации воды (СРВ) из конденсата атмосферной влаги. Подобная система была первой в мировой практике и успешно использовалась с 1975 г. на космических станциях [1].

Благодаря исследованиям АО «НИИ Химмаш» — ведущего института России по созданию систем жизнеобеспечения экипажей космических летальных аппаратов, одной из самых стабильных систем является СРВ-К2М [2]. Воду можно повторно извлекать даже из биологических отходов жизнедеятельности космонавтов, т. е. из урины. С модифицированной системой регенерации воды из урины СРВ-У-РС обеспечение регенерированной водой возрастет до 72 %. Всего же, по расчетам специалистов, можно довести это значение до 94 % [3].

Структурная схема регенерации воды из конденсата атмосферной влаги представлена на рисунке. Здесь используется сорбционно-каталитический метод, далее следует минерализация воды, консервация серебром и пастеризация очищенной воды [4]. Такая технология приведена в качестве примера того, как осуществляется очистка воды на космических станциях отечественным аппаратом.



Структурная схема регенерации воды из конденсата [4]:

ЗК — запорный клапан; БРПК-1, БРПК-2 — блоки разделения и перекачки конденсата; БКО — блок колонок очистки; БКВ — блок кондиционирования воды; ЗИП — запасные инструменты и принадлежности; БДД — блок датчиков давления; БРП-М — блок раздачи и подогрева; КТВ-1, КТВ-2 — контейнеры технической воды; ФР — фильтр-реактор; ФГС — фильтр газожидкостной смеси; СТР — системы терморегулирования; ЕДВ — емкость для воды; КПВ — контейнер питьевой воды

Решением во всех случаях переработки воды является фильтрация. Необходимость поиска технологий очистки, фильтрации воды до уровня, пригодного к употреблению, приводит к разработкам, которые нашли свое распространение

и применение на Земле. Международный обзор космических технологий в решении данной задачи позволяет дать благоприятный прогноз водообеспечения. С учетом международной практики передачи космических технологий на Землю и ценности каждой капли воды в космосе разработки Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration — NASA) успешно применяются на Земле, помогая обнаруживать, очищать и сохранять воду. Нельзя сказать, что российские космические технологии не находят применения на Земле, однако доступные публикации NASA позволяют анализировать мировой уровень применения разработок космического агентства на практике.

Технологии очистки воды уже десятилетиями разрабатываются и модернизируются. С самого начала NASA исследовало различные технологии очистки воды, призванные обеспечить астронавтов питьевой водой. *Микробиологический обратный клапан* в настоящее время занимает центральное место в устройствах по очистке воды. Устройства подобной конструкции были установлены в таких странах как Индия, Мексика, Пакистан и других. Это также привело к разработке популярного картриджа DentaPure, который уже почти 30 лет очищает водопроводные каналы стоматологического оборудования<sup>2</sup> по всему миру. Его прототипом служит изобретенное в 1970-х годах устройство для получения питьевой воды на космических аппаратах системы «шаттл», известное как микробиологический запорный клапан, который пропускает воду через слой йодированной смолы. В 1990-х годах это устройство было модернизировано до саморегенерирующегося механизма для использования на космических кораблях.

Ранее метод очистки воды, который исследовало NASA, заключался в использовании ионов серебра для нейтрализации микробных загрязнителей. В преддверии миссий «Аполлон», а затем и космического корабля «Шаттл» космическое агентство заказало проектирование и строительство генераторов ионов серебра для стерилизации воды, которая была побочным продуктом топливных элементов космических кораблей, чтобы обеспечить пригодность для употребления этой воды. Не запустив эту технологию, агентство опубликовало подробности об изобретениях, которые легли в основу коммерческих линеек продуктов, включая бытовые фильтры и умягчители воды, а также системы очистки воды для бассейнов, прудов, котельных и для медицинских нужд.

В начале 2000-х годов NASA оптимизировало технологию фильтрации под названием *NanoCeram*, в которой используется комбинация положительно заряженных микроскопических волокон оксида алюминия и активированного угля для улавливания микроорганизмов и других загрязняющих веществ. С тех

---

<sup>2</sup> Водопроводный канал стоматологической установки ранее был очень подвержен микробному заражению.

пор NanoCeram была включена в фильтры лабораторного качества, портативные гуманитарные устройства, системы промышленной очистки воды и в душ для рециркуляции воды. Даже в бутылках для воды<sup>3</sup> используется фильтрующая среда для очистки воды на ходу, и теперь продаваемая под маркой Disruptor, которая удаляет 99,97 % загрязняющих веществ и обеспечивает высокую скорость потока.

После того как NASA разработало для астронавтов простой тест на наличие бактерий группы кишечных палочек, инженеры агентства подготовили приложение для смартфона *mWater*, которое позволяет пользователям проводить тест на группы бактерий, как и другие простые водные тесты. Теперь в 180 странах применяют тестовые комплекты и приложения *mWater* для тестирования питьевой воды, а также для записи, обмена и отслеживания данных о воде [5].

Разработанные технологии позволили очищать не только поверхностные, но и подземные воды. В частности, после обнаружения большого количества хлорированных растворителей в грунтовых водах вокруг исторического стартового комплекса в Космическом центре Кеннеди ученые центра разработали уникальный метод удаления этих загрязняющих веществ. Принцип заключался в использовании частиц железа на экологически чистой масляной и водной основе для нейтрализации токсичных химических веществ. После того как NASA запатентовало формулу применяемого вещества, известного как *эмульгированное нулевалентное железо — EZVI*, ряд компаний стали использовать его для очистки окружающей среды по всей стране. Позже один из инженеров разработал аналогичную технологию удаления полихлорированных бифенилов, которые относятся к группе стойких органических загрязнителей. Их мониторинг стал обязательным вследствие их высокой опасности для окружающей среды и здоровья населения [6]. Компания *ecoSPEARS* в 2017 г. приобрела эксклюзивную лицензию этой технологии и уже занимается очисткой воды всему миру [7].

Однако технологии фильтрации воды и повторного его использования являются не единственным решением вопроса водообеспечения в Космосе и на Земле. Поиск источника воды — еще один способ решения проблемы нехватки воды и ее рационального использования. В связи с этими интересны разработки NASA, предлагающие следующие решения.

*Радиолокационная визуализация* для обнаружения источников скважин. В 2002 г. геолог-разведчик использовал изображения Земли, полученные с помощью космического радара NASA, для обнаружения подземных ресурсов, и понял, что изображения также могут привести его к подземной влаге. Он приступил к разработке системы *WATEX* в своей компании *Radar Technologies*

---

<sup>3</sup> Описание бутылок Pod+ filter размещено на сайте <https://nkdlife.com>

International, и в 2013 г. с помощью системы ему удалось обнаружить обширный водоносный горизонт с десятками триллионов галлонов воды на северо-западе Кении. Эта технология позволила пробурить 2500 колодцев, многие из которых находятся в засушливых регионах, с 98%-ной вероятностью найти воду [8].

Что касается собственных территорий США, то недавние исследования и новостной отчет 2023 г. ученых NASA продемонстрировали возможность измерения объема подземных вод, текущих из Сьерра-Невады в Центральную долину Калифорнии, что обеспечивает 10 % всей воды, поступающей в долину. Регион, в значительной степени зависящий от подземных вод для орошения сельскохозяйственных культур, дает 40 % от национального производства фруктов, овощей и орехов. Оценка осуществлялась с помощью данных спутников миссий GRACE<sup>4</sup> и GRACE Follow-On с наблюдением исследовательской сети GPS, которая измеряет подъем и опускание земной поверхности. В центральной Калифорнии эти движения в значительной степени вызваны увеличением и уменьшением уровня подземных вод. С помощью этих спутников удалось определить также изменение уровня грунтовых вод в горах, так и в долине [9].

Однако, по мнению ученых, лучший способ расчета использования воды в сельском хозяйстве — это не измерение того, сколько воды отводится на пахотные земли, а измерение эвапотранспирации растений и почвы. Такое явление возникает, когда растения теряют воду из своих тканей из-за двух взаимодействующих явлений: испарения и потоотделения. Эвапотранспирацию можно определить как совместное рассмотрение этих двух процессов одновременно [10]. На основе данных изображений Земли со спутников NASA в 2010 г. учеными под руководством NASA было разработано приложение под названием *Earth Engine Evapotranspiration Flux (EEFlux)* [11]. Оно помогает управлять водными ресурсами в засушливых районах, таких как Калифорния, и позволяет выяснить, сколько воды реально экономится, а также определить, используется ли для получения нового урожая больше или меньше воды, чем потреблялось в прошлом. Аналогичный коммерческий подход помог некоторым калифорнийским фермерам сократить потребление воды почти вдвое. В 2021 г. NASA и его партнеры представили онлайн-платформу OpenET, которая позволяет рассчитывать суммарное испарение в любом месте в 17 западных штатах. Этот инструмент помогает фермерам и местным органам власти вместе работать над сохранением скудных водных ресурсов.

Рассмотренные методы и технологии очистки и фильтрации воды, а также методы обнаружения грунтовых вод позволят облегчить путь к обеспечению пи-

---

<sup>4</sup> GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) — совместная спутниковая миссия NASA и Германского центра авиации и космонавтики, направленная на изучение гравитационного поля Земли и его временных вариаций, связанных, в частности, с процессами изменения климата [8].

тьевой водой и доступу к ней. Это будет достижением одной из важнейших целей тысячелетия в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия ООН еще в 2000 г. Несмотря на то что Россия занимает второе место в мире по запасам пресной воды, необходимо беречь и рационально использовать этот ресурс для обеспечения здоровья населения и устойчивого развития страны и мирового сообщества, справедливого будущего для всех людей. Важно вкладывать средства в технологии сохранения и повторного использования, поиска скрытых источников воды для совершенствования методов очистки воды.

### Литература

- [1] Шишаев А.М., Голиковская К.Ф. Системы жизнеобеспечения комических летательных аппаратов. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*, 2010, т. 1, № 6, 72 с.
- [2] *Официальный сайт АО «НИИХиммаш»*. URL: <https://niichimmash.ru/> (дата обращения 30.03.2023).
- [3] Бобе Л.С., Павлов А.В. *Сорбционно-каталитическая очистка конденсата в системе регенерации воды космической станции*. URL: <https://www.niichimmash.ru/press/news/> (дата обращения 26.03.2023).
- [4] Лопота В.А., ред. *Энциклопедия жизни и творчества*. Королёв, РКК Энергия, 2014, 703 с.
- [5] *Nine Ways NASA is Solving Water Problems around the Globe*. URL: [https://spinoff.nasa.gov/Nine\\_Ways\\_NASA\\_is\\_Solving\\_Water\\_Problems\\_Around\\_the\\_Globe](https://spinoff.nasa.gov/Nine_Ways_NASA_is_Solving_Water_Problems_Around_the_Globe) (accessed March 26, 2023).
- [6] *Valiant 'Zero-Valent' Effort Restores Contaminated Grounds*. URL: [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2005/er\\_2.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2005/er_2.html) (accessed April 1, 2023).
- [7] *Green & Sustainable Technology to Eliminate PFAS, PCBs, Dioxins, and Other Persistent Toxins from Soil and Water*. URL: <https://www.ecospears.com> (accessed March 29, 2023).
- [8] *Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) Mission*. URL: <https://www.gfz-potsdam.de/en/grace> (accessed March 10, 2023).
- [9] *NASA Measures Underground Water Flowing From Sierra to Central Valley*. URL: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-measures-underground-water-flowing-from-sierra-to-central-valley> (accessed March 30, 2023).
- [10] *Эванотранспирация*. URL: <https://www.meteorologiaenred.com/ru> (accessed March 10, 2023).
- [11] *Satellite Imagery Sheds Light on Agricultural Water Use*. URL: [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2017/ee\\_3.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2017/ee_3.html) (accessed March 30, 2023).

**Салтыкова Мария Александровна** — студентка факультета «Энергомашиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Таранов Роман Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Салтыкова М.А. Использование космических технологий водоочистки в решении проблем жизнеобеспечения населения. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 05 (82). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-5-898>

---

## INTRODUCTION TO USING SPACE TECHNOLOGIES IN WATER PURIFICATION TO SOLVE THE PROBLEMS IN THE POPULATION LIFE SUPPORT

M.A. Saltykova

saltykovama@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

**Abstract**

The paper presents an overview of space technologies for water treatment designed and developed to solve the water supply problems. The K2M water regeneration system is considered, which reproduces pure water from the atmosphere moisture condensate providing a partial cycle closure at the space station. A review was made of international water filtration technologies developed by the National Aeronautics and Space Administration (NASA), which later found large-scale application on the Earth, as well as of technologies for identifying the underground aquifers with the space radars. In the context of the global population growth, as well as of the development of industry and agriculture, the issue of careful reuse of water resources requires close attention of the science.

**Keywords**

Life support, water treatment, water supply, water purification and filtering technology, water recovery from condensate, water recovery systems, water saving

Received 25.04.2023

© Bauman Moscow State Technical University, 2023

**References**

- [1] Shishaev A.M., Golikovskaya K.F. Life support systems for spacecraft. *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki*, 2010, vol. 1, no. 6, 72 p. (In Russ.).
- [2] *Ofitsial'nyy sayt AO «NIIkhimmash»* [Official site of JSC NIIkhimmash]. URL: <https://niichimmash.ru/> (accessed March 30, 2023).
- [3] Bobe L.S., Pavlov A.V. *Sorbtsionno-kataliticheskaya ochistka kondensata v sisteme regeneratsii vody kosmicheskoy stantsii* [Sorbtion-catalytic purification of condensate in the space station water regeneration system]. URL: <https://www.niichimmash.ru/press/news/> (accessed March 26, 2023).
- [4] *Entsiklopediya zhizni i tvorchestva* [Encyclopedia of life and creativity]. Ed. Lopota V.A. Korolev, RKK Energiya Publ., 2014, 703 p. (In Russ.).
- [5] *Nine Ways NASA is Solving Water Problems around the Globe*. URL: [https://spinoff.nasa.gov/Nine\\_Ways\\_NASA\\_is\\_Solving\\_Water\\_Problems\\_Around\\_the\\_Globe](https://spinoff.nasa.gov/Nine_Ways_NASA_is_Solving_Water_Problems_Around_the_Globe) (ac-cessed March 26, 2023).
- [6] *Valiant 'Zero-Valent' Effort Restores Contaminated Grounds*. URL: [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2005/er\\_2.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2005/er_2.html) (accessed April 1, 2023).
- [7] *Green & Sustainable Technology to Eliminate PFAS, PCBs, Dioxins, and Other Persistent Toxins from Soil and Water*. URL: <https://www.ecospears.com> (accessed March 29, 2023).
- [8] *Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) Mission*. URL: <https://www.gfz-potsdam.de/en/grace> (accessed March 10, 2023).



- [9] *NASA Measures Underground Water Flowing From Sierra to Central Valley*. URL: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-measures-underground-water-flowing-from-sierra-to-central-valley> (accessed March 30, 2023).
- [10] *Evapotranspiratsiya* [Evapotranspiration]. URL: <https://www.meteorologiaenred.com/ru> (accessed March 10, 2023).
- [11] *Satellite Imagery Sheds Light on Agricultural Water Use*. URL: [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2017/ee\\_3.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2017/ee_3.html) (accessed March 30, 2023).

**Saltykova M.A.** — Student, Department of Power Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Taranov R.A., Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Please cite this article in English as:**

Saltykova M.A. Introduction to using space technologies in water purification to solve the problems in the population life support. *Politekhicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2023, no. 05 (82). (In Russ.). <http://doi.org/10.18698/2541-8009-2023-5-898>