

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Сушкова Валентина Ивановна  
доктор биологических наук, доцент.  
Вятский государственный университет, г. Киров;

## **Аннотация**

В данной работе рассматриваются основные принципы создания замкнутых систем водопотребления на предприятиях. Предложена схема замкнутой системы водопотребления для самокупаемого безотходного сельскохозяйственного предприятия, основной частью которого является ферма.

## **Abstract**

This paper discusses the basic principles of creating closed water consumption systems in enterprises. The scheme of the closed system of water consumption for self-supporting waste-free agricultural enterprise is offered, the main part of which is the farm.

**Ключевые слова:** замкнутый цикл водопотребления, технологический цикл водоиспользования, оборотная система водопотребления, «метановая» бражка, сточная вода, самокупаемое безотходное сельскохозяйственное предприятие, ферма.

**Key words:** closed cycle of water consumption, technological cycle of water use, recycling system of water consumption, "methane" mash, waste water, self-supporting non-waste agricultural enterprise, farm.

Для сохранения природной среды и рационального использования водных ресурсов на промышленных предприятиях с целью сокращения потребления свежей воды и сброса сточных вод создают замкнутые системы водопотребления (ЗСВ), которые включают два следующих замкнутых цикла: - технологический цикл водоиспользования (ТЦВ); - оборотная система водопотребления (ОСВ).

Основная цель создания ТЦВ заключается в минимальном заборе свежей воды за счёт ряда следующих мер: - возврата технологических сточных вод в один из технологических процессов производства; - использования очищенной сточной воды в производстве; - частичного сброса сточных вод на очистные сооружения. Схемы создания ТЦВ зависят от типа производства, технологии производимой продукции, от требований к её качеству и качеству используемой воды в ЗСВ.

Схема ОСВ одинакова для всех предприятий и отличается только объёмами циркулируемой воды и оборудованием, для которого её используют. В схеме ОСВ присутствует следующее оборудование: сборник тёплой оборотной воды, насосы её подачи, градирни для охлаждения оборотной тёплой воды, сборник

охлаждённой воды, насосы для подачи охлаждённой воды, насосы для подачи свежей воды.

Основным недостатком ЗСВ является накопление минеральных и органических веществ в циркулируемой воде. Поэтому обязательно предусматривается частичной сброс циркулируемой воды на очистные сооружения и пополнение объёма её природной или технической водой.

При разработке любого нового производства необходимо обязательно предусматривать ЗСВ с целью сокращения расхода воды и соблюдения экологических требований. Для этого надо знать основные принципы организации таких систем и решить ряд технологических задач уже на стадии проведения научно-исследовательских работ [1,2]:

1. Предприятие должно быть экономически эффективным, самоокупаемым и безотходным или малоотходным.

2. Должна быть предусмотрена комплексная переработка сырья, т.е. полностью использование всех компонентов сырья для получения полезных продуктов, с целью ресурсосбережения использование вторичного сырья с минимальным расходом тепло- и энергоресурсов и максимальными выходами продукции.

3. Создание безотходного или малоотходного производства, при котором отсутствуют технологические сточные воды, должен быть предусмотрен минимальный гидромодуль – отношение массы воды к массе сырья без снижения выхода продукции с 1т сырья.

4. В зависимости от состава технологических сточных вод должны быть предусмотрены способы утилизации их с получением полезных продуктов.

5. В зависимости от особенностей технологии производства должно быть определено оптимальное место ввода технологической сточной воды в технологической цепи производства (t, рН и др.) и отработан режим периодического размыкания замкнутого цикла, используя для этого обратную или техническую воду и сохраняя максимальные выхода продукции.

6. Разработка оптимальной схемы очистки сточных вод до нормативных показателей по эндогенным элементам и ХПК.

7. Использование методов рекуперации и утилизации тепловых технологических потоков и оборотной воды.

8. Должна быть предусмотрена обработка оборотной системы водоснабжения каустиком с целью устранения слизиобразования не реже одного раза в квартал.

Примером ЗСВ является оптимальная схема водопотребления на Кировском биохимическом заводе (КБХЗ). Здесь присутствует два ЗЦВ [1]. Качество сточных вод в гидролизном спирто-дрожжевом-фурфурольном производстве представлено в таблице 1.

Известен способ утилизации зерновой послеспиртовой барды (ПСБ) с получением полезного продукта - кормовых дрожжей и с глубокой очисткой

отработанной последрожжевой бражки (ПДБ) методами ультрафильтрации и обратного осмоса (УФОО). Качество сточной воды после обратного осмоса представлено в таблице 1. Очищенную воду предлагают использовать в оборотном цикле [6].

Таблица 1.

**Качество сточных вод (мг/дм<sup>3</sup>)**

Источник сточных вод	рН	Сухие вещества	Взвешенные вещества	Фенолы	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	БПК <sub>п</sub>	ХПК
<b>Неочищенные жидкие отходы</b>								
КБХЗ [1], ПДБ	4,0-4,2	-	642-998	-	63-155	24-37	6918-8094	10000-126000
КБХЗ [1], сточные воды	5,0-6,2	0,7-0,9%	550-1300	следы	70-120	25-100	2700-4600	3000-6500
Спиртовые заводы [6], ПДБ	-	3,78%	10250	-	-	-	16000	70000
Фильтрованная метановая бражка на ферме КРС [11]	7,5	5,0%	-	-	1,8-2,2% мас.	0,8-1,6% мас.	-	-
<b>Очищенные сточные воды</b>								
КБХЗ [1]	6,5-7,5	0,1-0,3	15-100	отсут ст.	20-100	10-30	20-150	200-1000
Конденсат вакуум-выпарки спиртовых заводов [3]	-	отсутствуют	-	--	-	отс.	БПК <sub>5</sub> 750	1500
Спиртовые заводы [4,5]	7,6-7,8	1390 мг/дм <sup>3</sup>	300-400	-	125	-	БПК <sub>5</sub> 250-680	340-850
Спиртовые заводы, УФОО ПДБ [6]	-	700 мг/дм <sup>3</sup> (0,07%)	3	-	-	-	300	800
Плазменный метод [9]	-	-	-	0,5	тяжёлые металлы: хром 0,08; никель 1 (норматив хром 0,05; никель 0,1)			<100
Нормативы к воде хоз.-питьевой [12]	6-9	1000 (1500) мг/дм <sup>3</sup>	-	0,25	нитраты 45	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> 3,5	-	-

На спиртзаводе «Остроженский» Калужского ОАО «Кристалл» применяют металлокерамические мембраны типа «Trumem TM», (запатентованы в РФ, США и странах ЕС) для концентрирования горячей барды без предварительного охлаждения при температуре около 100°C. Авторы [7] сообщают, что

энергозатраты в 3-5 раз меньше по сравнению с распространенной в мире линией переработки барды, основанной на сочетании процессов центрифугирования, вакуум-выпарки и сушки.

Одним из недостатков производств биоэтилового спирта является высокая загрязнённость сточных вод с заводских очистных сооружений после аэробной очистки, которые в настоящее время не представляется возможным использовать в технологии и в системе оборотного водоснабжения.

При получении сухой кормовой углеводно-белковой добавки из ПСБ очистку фугата или фильтрата барды предлагают проводить электроплазменными технологиями (ЗАО ТПО «Уралпромоборудование») [8,9]. Плазменный метод может быть использован при очистке сточных вод предприятий и загрязнённых и зараженных источников питьевой воды (табл.1) [9,10]. Электроплазменный метод используют для обезвреживания отходов, в частности, в общей многоступенчатой системе очистки ПСБ (ПСБ в смеси с активным илом и микроводорослями обрабатывают электроплазменным методом перед «метановым» брожением, затем проводят двух ступенчатую аэробно-окислительную очистку, очищенная сточная вода имеет ХПК 100-150 мг/дм<sup>3</sup>, БПК 8-10 мг/дм<sup>3</sup>, далее очищенную сточную воду дополнительно очищают микроводорослями до содержания органических веществ 10 мг/дм<sup>3</sup>, что позволяет её сбрасывать в водоёмы). При этом получают два продукта: биогаз с более высоким выходом (666,7 м<sup>3</sup>/т а.с.в.) и очищенную воду [13].

В сельском хозяйстве до конца не решена проблема утилизации отходов ферм, так как по-прежнему имеет место избыточное количество не утилизированной жидкой фракции навоза (помёта). Для утилизации сточных вод ферм выбрана технология биологической анаэробной очистки («метановое» брожение) с получением полезных продуктов: биогаза, биоудобрения с последующим компостированием и очищенной воды. Метановая бражка (МБ) в сравнении с ПСБ является не менее загрязнённой, а по эндогенным элементам, особенно по азоту, более загрязнённая (табл.1). Очистка её путём вакуум-упаривание не рентабельна по причине высокого расхода теплоэнергии и создания новых отходов после мойки и чистки вакуум-выпарных аппаратов. Проводить обезвреживание МБ не целесообразно, так как для сельского хозяйства не менее важно иметь не только биогаз, но и биоудобрения. Поэтому её очистка должна быть многоступенчатой. Наиболее вероятно для обработки МБ использовать методы ультрафильтрации и обратного осмоса с целью сохранения содержания азота и других эндогенных элементов в концентратах для получения биоудобрения и очистки воды от минеральных веществ. Для доочистки МБ от органических примесей и обеззараживания можно использовать электроплазменный метод с последующей ультрафильтрацией. Для разработки технологии плазменной очистки МБ необходимо проведение научно-исследовательских работ.

В настоящей работе предлагается схема ЗСВ (рис.1) для самоокупаемого безотходного сельскохозяйственного предприятия с учётом основных принципов создания ЗСВ. Поступление свежей воды осуществляется постоянно на получение кормовой белковой добавки и синбиотиков из зерноотходов, кормов, ферму, на производство по переработки молока и мяса, на бытовые нужды, отдельные виды вспомогательного технологического оборудования (сальники насосов, вакуум-насоса, воздуходувок и компрессоров). Разработанная и реализованная технология получения кормовой белковой добавки на основе зерноотходов институтом ГосНИИСинтезбелок, а также разработанная технология синбиотиков на основе зерноотходов институтами ВНИТИБП и ФГБОУ ВО Вятский Государственный Университет (г.Киров) являются безотходными.

По предлагаемой схеме предусмотрено два цикла использования сточной воды: технологической – жидкой фракции после «метанового» брожения – метановой бражки и очищенной сточной воды. В первом цикле МБ после центрифугирования или после центрифугирования и фильтрования делится на три потока. Один поток можно направить на процесс конверсии однолетних лигноцеллюлозосодержащих остатков, другой на более глубокую многоступенчатую очистку, третий поток на полив растений. В процессе конверсии центрифугированной или центрифугированной и фильтрованной МБ (0-100%об.) катализатором гидролиза будут являться гидроксид аммония и соли эндогенных элементов с/без добавок концентратов, полученных при очистке МБ методами ультрафильтрации и обратного осмоса. Организация процесса конверсии растительного сырья на сельскохозяйственном предприятии кроме экологической проблемы решит проблему подогрева навоза за счёт смешения потоков (гидролизат растительной биомассы и навоз) до температуры биоконверсии.



Рис. 1.

Схема водопотребления для самокупаемого безотходного сельскохозяйственного предприятия (фермы) с замкнутым циклом водопользования.

Известны научно-исследовательские работы по использованию водных растворов гидроксида аммония ( $d=1$ -6мм, концентрация  $\text{NH}_4\text{OH}$  1,5-15%,  $t=95$ -170°C,  $\text{pH}$  7,5-8,0,  $\tau=5$ -48ч; в непрерывном режиме максимальные показатели температуры и концентрации) для предподготовки однолетнего лигноцеллюлозосодержащего сырья к биоконверсии [14,15].

При использовании МБ в процессе конверсии растительных остатков создаётся технологический замкнутый цикл водопользования. Для каждого отдельного сельскохозяйственного предприятия (состав МБ и выращиваемых растений на всех фермах различный) необходима разработка технологии конверсии растительных остатков с использованием МБ.

Второй цикл тёплой оборотной воды и в целом схема замкнутого цикла водопользования на каждом сельскохозяйственном предприятии должны быть разработаны свои.

Размыкание замкнутой системы водопользования предусматривается за счёт использования МБ на полив растений и сброса очищенной сточной воды в водоём.

Создание самокупаемых безотходных сельскохозяйственных предприятий (ферм) особое значение имеет для моногородов, так как позволяет обеспечить население безопасными продуктами и рабочими местами при их производстве и реализации.

### **Выводы**

1. Представленные основные принципы создания замкнутых систем водопользования на предприятиях и предлагаемый замкнутый цикл водопользования на самокупаемом безотходном сельскохозяйственном предприятии (ферме) имеют практическое значение.

2. Предложен способ подогрева навоза за счёт смешения его с горячим гидролизатом растительного сырья, что позволяет исключить из схемы «метанового» брожения теплообменное оборудование для подогрева навоза.

3. Использование замкнутого цикла водопользования на сельскохозяйственном предприятии обеспечивает не только сокращение расхода воды на технологические нужды, в системе оборотного водоснабжения, а также ресурсосбережение, но и решает основную экологическую проблему животноводства и птицеводства.

4. Необходима разработка технологии конверсии растительных остатков с использованием жидкой фракции сброженной биомассы - метановой бражки для каждого сельскохозяйственного предприятия.

5. Требуется разработка многоступенчатой технологии очистки метановой бражки до нормативов хозяйственной питьевой воды с целью создания замкнутых циклов водопользования.

### **Список литературы**

1. Сушкова В.И., Воробьёва ГИ. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. М.: ДеЛи принт, 2008.–215с.
2. Основные принципы создания замкнутых водооборотных систем <http://vseokraskah.net/ochistka/osnovnye-principy-sozdaniya-zamknutyx-vodooborotnyx-sistem.html> (Дата обращения 25.07.2018)
3. Переработка послеспиртовой барды (производство DDGS). ООО "СпиртПромПроект" <http://www.spirtpromproekt.ru/technology/stillage-treatment-ddgs/> (Дата обращения 29.07.2018)
4. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности. <http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Documents/Waste from food ind plant.htm> (Дата обращения 29.07.2018)
5. Сточные воды предприятий спиртовой и ликеро-водочной промышленности [http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1\\_05.html](http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1_05.html) (Дата обращения 29.07.2018)
6. Каталевский Е.Е., С.П. Савельев. Мембранные методы концентрирования и очистки вторичного сырья на примере послеспиртовой барды// Научно-техническая конференция «Биотехнология», Москва, 12 марта 2008.
7. Кудряшов В.Л., Бурачевский И.И, Дубяга В.П. и др. Современные отечественные конкурентоспособные обратноосмотические, нанофильтрационные и микро-фильтрационные мембранные элементы, установки и технологии для ликёроводочной и спиртовой промышленности. ГНУ ВНИИПБТ, ЗАО НТЦ «Владипор», НПП «Технофильтр», ЗАО «Мембраны». Серия. Критические технологии. Мембраны, 2004.– № 3 (23).– С.с.21-31. [http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/23/html/mb\\_233.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/23/html/mb_233.pdf) (Дата обращения 29.07.2018)
8. Шершевский А.Г. Переработка барды – башкирский подход// Ликёроводочное производство и виноделие. – 2007. – №4. – С.с. 20-21.
9. Одарюк В.А., Тронин С.Я. Плазмохимические технологии очистки промышленных сточных вод, газовых выбросов, переработки нефти, твердых бытовых отходов (ТБО) и промышленных отходов// Технологии гражданской безопасности. – 2014. – т. 11. – № 3 (41).
10. Сон Э.Е. Гидродинамические и плазменные технологии очистки воды и удаления хлор -органических отходов. Министерство образования и науки РФ. Научно-Федеральное агентство по науке и инновациям НП «ИНКО». Научно практическая конференция «Комплексное использование ресурсов и отходов» 10 ноября 2008 г. [http://incot.ru/www/docs/exh\\_acc/08\\_othody/10.pdf](http://incot.ru/www/docs/exh_acc/08_othody/10.pdf) (Дата обращения 27.07.2018)
11. Биоудобрения - основа улучшения качества сельскохозяйственной продукции. <http://www.zorgbiogas.ru/upload/pdf/Zorgbiogas-biofertilizer.pdf> (Дата обращения 29.07.2018)
12. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Министерство здравоохранения РФ. Главный санитарный врач РФ. Постановление от 26 сентября 2001 г. № 24.



13. Травников Г. Консультация по современным методам переработки органических отходов. Интенсивная биогазовая технология и её производные. <https://gigabaza.ru/doc/107361-pall.html> (Дата обращения 1.08.2018)

14. Сушкова В.И. Утилизация лигноцеллюлозосодержащих отходов производства сельского хозяйства в биотопливо// Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы. XXI межд. Науч. конф. Сельскохозяйственные науки. Chronos Journal, 2018. –№21. –С.с.23-44.

15. Патент US № 7910338. Integration of alternative feedstreams for biomass treatment and utilization [Susan Marie Hennessey, Julie Friend, James B.and el/](#) Priority date [2005-04-12.](#)

### **List of references**

1. Sushkova, I. V., Vorobyov GI. Waste - free conversion of plant materials into biologically active substances. M: Delhi print, 2008. –215s.

2. The basics of creating a водоснабжению closed water circulating systems <http://vseokraskah.net/ochistka/osnovnye-principy-sozdaniya-zamknutyx-vodooborotnyx-sistem.html> (Date of circulation 25.07.2018)

3. Processing of post-alcohol Barda (DDGS production). ООО "Sportproekt" <http://www.spirtpromproekt.ru/technology/stillage-treatment-ddgs/> (Date of circulation 29.07.2018)

4. Wastewater treatment of food industry. [http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Documents/Waste\\_from\\_food\\_ind\\_plant.htm](http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Documents/Waste_from_food_ind_plant.htm) (Date of circulation 29.07.2018)

5. Waste water of alcohol and alcoholic beverage industry [http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1\\_05.html](http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1_05.html) (Date of circulation 29.07.2018)

6. Katalevsky E. E., S. P. Savelyev. Membrane methods of concentration and purification of secondary raw materials on the example of a post-alcohol bard// scientific and technical conference "Biotechnology", Moscow, March 12, 2008.

7. Kudryashov V. L., Burachevsky I. I., Dubyaga V. P., etc. Modern domestic competitive reverse osmosis, nanofiltration and micro-filtration membrane elements, installations and technologies for alcoholic beverage and alcohol industry. GNU vniipbt, JSC STC "Vladipor", NCE" Technofilter", JSC"Membranes". Series. Critical technology. Membranes, 2004, № 3 (23). S. p. 21-31. [http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/23/html/mb\\_233.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/23/html/mb_233.pdf) (Date of circulation 29.07.2018)

8. Shershevskaya A. G. Processing of DDGS – Bashkir approach// Alcoholic beverage production and winemaking. - 2007. - №4. - S.s. 20-21.

9. Odarych V. A., Tronin S. Y. Plasma-chemical treatment technology of industrial wastewater, gas emissions, oil refining, municipal solid waste (MSW) and industrial waste// Civil security technologies. - 2014. - vol. 11. - № 3 (41).

10. Son E. E. Hydrodynamic and plasma technologies of water purification and removal of chlorine-organic waste. Ministry of education and science. Scientific-Federal Agency for science and innovation NP "INCO". Scientifically practical

conference "Integrated use of resources and waste" 10 November 2008  
[http://incot.ru/www/docs/exh\\_acc/08\\_othody/10.pdf](http://incot.ru/www/docs/exh_acc/08_othody/10.pdf) (Date of circulation 27.07.2018)

11. Biofertilizers are the basis for improving the quality of agricultural products.  
<http://www.zorgbiogas.ru/upload/pdf/Zorgbiogas-biofertilizer.pdf> (Date of circulation 29.07.2018)

12. Regulations on drinking. Ministry of health of the Russian Federation. Chief sanitary doctor of the Russian Federation. Resolution No. 24 of 26 September 2001.

13. Travnikov G. Consultation on modern methods of processing of organic waste. Intensive biogas technology and its derivatives. <https://gigabaza.ru/doc/107361-pall.html> (Date of circulation 1.08.2018).

14. Sushkova V. I. Utilization of lignocellulose-containing wastes of agricultural production in biofuels// Questions of modern science: problems, trends and prospects. XX1 inter. Scientific. Conf. Agricultural science. Chronos Journal, 2018. –№. 21.–P.p. 23-44.

15. US № 7910338. Integration of alternative feedstreams for biomass treatment and utilization [Susan Marie Hennessey, Julie Friend, James B. and el/](#) Priority date [2005-04-12](#)