

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2117719 РФ. МКИ D01D 5/08, D04H 3/16. Способ получения волокнистого материала из термопластов и установка для его осуществления / В.В. Бордунов, Г.Г. Волокитин. Заявлено 1996; Получено 26.06.97, Бюл. № 23. 1998.
2. Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю. Материалы для сорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – Т. 13. – № 3. – С. 359–377.
3. Арефьева Р.А., Бордунов В.В., Бордунов В.Г., Соболев И.А. Полимерные волокнистые сорбенты для очистки сточных вод // Качество-стратегия XXI века: Матер. V Междунар. научно-практ. конф. – Томск, 2000. – С. 91–96.
4. Бордунов В.В., Бордунов С.В., Соболев И.А. Перспективный материал для сбора нефтепродуктов с поверхности воды // Качество-стратегия XXI века: Матер. VI Междунар. научно-практ. конф. – Томск, 2001. – С. 73–74.
5. Арефьева Р.А., Бордунов В.В., Бордунов С.В., Пилипенко В.Г., Соболев И.А. Применение волокнистых полимерных материалов для питьевого водоснабжения // Качество-стратегия XXI века: Матер. VI Междунар. научно-практ. конф. – Томск, 2001. – С. 62–64.
6. Петрова Е.В., Отмахов В.И., Гапеев В.А., Волокитин Г.Г., Отмахова З.И. Изучение сорбционной способности волокнистого сорбента, полученного из отходов полипропилена, с целью использования его для очистки воды // Аналитика и контроль. – 2004. – Т. 8. – № 2. – С. 112–117.
7. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.

Поступила 31.08.2006 г.

УДК 628.387

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ ОЧИЩЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Г.В. Ушаков, Г.А. Солодов

Кузбасский государственный технический университет
E-mail: ekosys@kuzbass.net

По санитарно-токсикологическим показателям биологически очищенные сточные воды химического предприятия относятся к малотоксичным веществам, не являются аллергеном, не обладают раздражающим действием на слизистые оболочки и кожу и пригодны к использованию для подпитки систем оборотного водоснабжения. Определяющим фактором повторного использования этих вод являются их коррозионная активность, склонность к отложению минеральных солей и биообрастанию.

Системы промышленного водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий оказывают как прямое, так и косвенное негативное воздействие на окружающую среду. Это касается как забора воды из природных водных источников, так и их загрязнения сточными водами. Поэтому эксплуатация таких систем должна осуществляться в соответствии с требованиями в области охраны окружающей среды [1]. Должны предусматриваться мероприятия по охране окружающей среды, рациональному использованию водных ресурсов [2] и обеспечению экологической безопасности. Водоснабжение промышленных предприятий должно предусматривать максимальный оборот производственных сточных вод для восполнения потерь воды [3]. На химических и коксохимических предприятиях одним из источников восполнения воды в системах промышленного водоснабжения являются производственные биологически очищенные сточные воды (БОСВ) [4, 5]. Возможность использования БОСВ основывается на принципе соответствия качества используемой воды условиям ее дальнейшего применения. Этот принцип требует выбора системы промышленного водоснабжения,

где будут использоваться БОСВ, и учета ряда факторов как технологического, так и санитарно-гигиенического характера.

По виду использования воды различают прямоточные и оборотные системы технического водоснабжения. Прямоточные системы предполагают однократное использование воды с последующей очисткой загрязненных сточных вод перед сбросом в городскую канализацию или поверхностные водоемы. Такая технология использования воды, нередко высококачественной питьевой, является не только расточительной, но и потенциально опасной для больших контингентов населения. Прямоточное использование воды для технического водоснабжения допускается только при обосновании нецелесообразности систем оборотного водоснабжения или невозможности их создания.

Оборотные системы разделяются на локальные, централизованные и смешанные. В локальных системах вода используется после восстановления (регенерации) в одном или нескольких технологических процессах. При централизованном водоснабжении после использования для различных целей вода проходит очистку единым потоком и воз-

вращается на производство. При смешанном водоснабжении вода одной оборотной системы используется в другой (вода охлаждающей системы – в технологической, вода технологической системы – в транспортирующей и т. п.).

По характеру использования воды в технологических процессах различают технологические, транспортирующие и охлаждающие системы технического водоснабжения. При эксплуатации технологических систем, а в отдельных случаях и транспортирующих, оборотная вода загрязняется специфическими производственными продуктами. Технологическая вода, загрязненная химическими соединениями, может представлять опасность для человека и окружающей природной среды при отведении в поверхностные водоемы (в виде концентрированных продувочных вод) и последующем ее использовании.

В охлаждающих системах циркулирующая в них вода, как правило, не загрязняется технологическими продуктами, но многократно нагревается и охлаждается, аэрируется и частично испаряется [6]. Оборотная вода, нагретая в теплообменных аппаратах, охлаждается в градирнях, в водоемах-охладителях, брызгальных бассейнах или других устройствах и циркуляционными насосами снова подается в цикл. В процессе циркуляции происходит повышение минерализации и коррозионной активности воды, концентрирование химических и увеличение микробиологических загрязнений. В этой связи часть циркулирующей воды выводится из системы и заменяется подпиточной водой. Охлаждающие системы промышленных предприятий являются наиболее крупными потребителями подпиточной воды, в качестве которой могут быть использованы производственные биологически очищенные сточные воды.

Применение БОСВ для подпитки оборотных систем водоснабжения требует оценки ряда технологических и гигиенических факторов. Технологическими факторами являются влияние БОСВ на коррозионную активность оборотной воды, ее склонность к отложению солей жесткости и биообрастанию на поверхностях теплообменного и технологического оборудования. Гигиенические факторы обусловлены загрязненностью БОСВ. Основным принципом при их оценке является безусловное обеспечение безопасности для здоровья работающих и населения [7], подвергающихся прямому или косвенному воздействию БОСВ. Кроме того, должны быть гарантированы безвредность для человека химического состава и благоприятные органолептические свойства воды. В табл. 1 приведены составы подпиточной воды водооборотного цикла (ВОЦ) и БОСВ химического предприятия, откуда следует, что значения ряда показателей БОСВ (концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов, аммонийного азота, ХПК и соледержание) значительно превышают значения аналогичных показателей в подпиточной воде.

Таблица 1. Характеристика оборотной воды модельного ВОЦ при подпитке биологически очищенной водой различной степени упаривания

| Наименование показателей | Размерность | Значение | |
|------------------------------|---------------------|------------------|--------|
| | | Подпиточная вода | БОСВ |
| pH | – | 8,02 | 8,16 |
| Щелочность | мг-экв/л | 2,07 | 7,65 |
| Ca ²⁺ | мг-экв/л | 1,98 | 1,54 |
| Mg ²⁺ | мг-экв/л | 0,62 | 0,50 |
| Жесткость | мг-экв/л | 2,57 | 2,01 |
| Хлориды | мг/л | 12,36 | 136,73 |
| Сульфаты | мг/л | 17,44 | 1200 |
| NH ₄ ⁺ | мг/л | 0,45 | 13,00 |
| Нитраты | мг/л | 11,6 | 708,3 |
| ХПК | мгО ₂ /л | 18,9 | 115,0 |
| Солесодержание | мг/л | 180 | 4000 |

Исключительно сложный состав производственных сточных вод, трансформация химических веществ в результате их биологической очистки не позволяют теоретически установить в полном объеме надежную связь между БОСВ и степенью ее технологической пригодности для подпитки оборотных систем и безопасности для человека. По этой причине разработка рекомендаций по использованию БОСВ для подпитки ВОЦ может быть осуществлена только экспериментальным путем. Решение данной задачи должно проводиться на основе комплексного изучения условий использования БОСВ, методов доочистки и обеззараживания, физико-химических, органолептических и эпидемиологических показателей, а также возможного уровня риска для здоровья человека, связанного с применением БОСВ в системах технического водоснабжения.

Технологические факторы, связанные с использованием биологически очищенных сточных вод для подпитки водооборотных циклов

Из характеристики биологически очищенной воды, представленной в табл. 1, видно, что она имеет высокое солесодержание и содержит большое количество хлоридов, сульфатов, что может привести к интенсивной коррозии. Наличие в воде биогенных элементов, взвешенных веществ, представленных, в основном, активным илом, при использовании биологически очищенной воды в оборотном водоснабжении может вызывать биологические обрастания.

Поэтому оценка возможности использования биологически очищенной воды в оборотном водоснабжении включает в себя изучение коррозионной активности воды, способности к отложению солей в условиях многократного нагрева и охлаждения, склонности образовывать биологические обрастания.

Коррозионная активность БОСВ изучалась в условиях ее использования в качестве подпиточной воды ВОЦ. Исследования проводили на лабораторной установке, моделирующей ВОЦ. Схема установки приведена на рис. 1.

В проводимых экспериментах исследуемая вода нагревалась до заданной температуры (35...40 °С) в

термостате – 2 и насосом – 5 подавалась в верхнюю часть градирни – 1, выполненной из органического стекла (диаметр колонны 0,2 м, высота – 0,64 м). В градирне вода с помощью распылительного устройства подавалась на орошение насадки – 11 из колец Рашига. Стекая вниз по насадке, вода контактировала с потоком воздуха, который создавался вентилятором – 7. В результате вода охлаждалась и самотеком поступала в емкость – 3. Охлажденная вода из емкости – 3 насосом – 6 подавалась в термостат – 2, где она вновь нагревалась и подавалась на охлаждение в градирню.

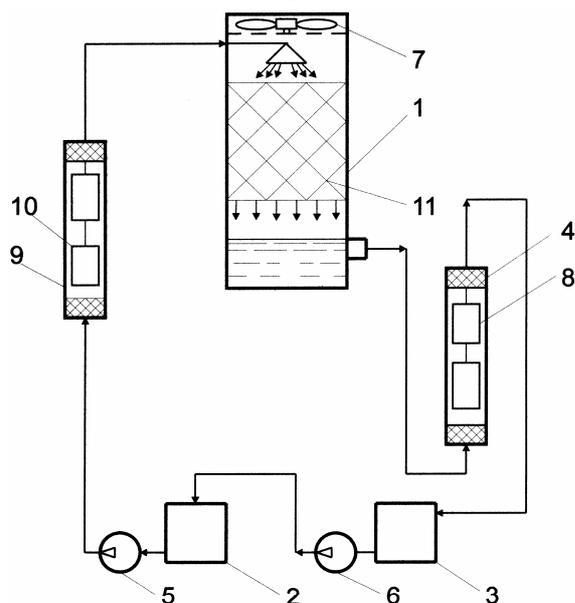


Рис. 1. Схема лабораторной установки, моделирующей систему оборотного водоснабжения: 1) градирня; 2) емкость с нагревателем (термостат); 3) емкость охлажденной воды; 4, 9) стеклянная трубка для установки контрольных образцов; 5, 6) насос; 7) вентилятор; 8, 10) контрольные образцы для исследования скорости коррозии, солеотложений и биологических обрастаний; 11) насадка из колец Рашига

В проводимых экспериментах определяли: скорости коррозии углеродистой стали в охлажденной и нагретой воде, скорости отложений минеральных солей и биологических обрастаний, видовой состав биологических обрастаний. Скорость коррозии определяли по убыли массы образцов из углеродистой стали (Ст.3) через определенные промежутки времени с момента начала их контакта с водой. Скорость отложений минеральных солей и биологических обрастаний – по увеличению массы образцов из нержавеющей стали. Видовой состав биологических обрастаний определяли микроскопическим исследованием стеклянных образцов.

Влияние биологически очищенной воды на коррозионную активность оборотной воды модельного водооборотного цикла

Сначала на модельной установке ВОЦ были проведены опыты, в которых в качестве исследуемой использовали воду из системы технического

водоснабжения химического предприятия (осветленную речную воду) с содержанием 180 мг/л и БОСВ с содержанием 4085 мг/л.

Из данных табл. 2 следует, что замена подпиточной воды с речной на биологически очищенную приведет к увеличению скорости коррозии углеродистой стали в оборотной воде ВОЦ. Это явление является крайне нежелательным, так как связано с повышенной коррозией теплообменного и технологического оборудования.

Таблица 2. Скорость коррозии углеродистой стали (Ст.3) в оборотной воде модельного ВОЦ

| Вода | Время контакта образцов с оборотной водой, ч | Скорость коррозии, г/(м ² ·ч) | |
|------------------------|--|--|--------------------|
| | | В нагретой воде | В охлажденной воде |
| Речная | 120 | 0,43 | 0,37 |
| Биологически очищенная | 120 | 0,65 | 0,43 |

На следующем этапе изучали возможность использования БОСВ в качестве добавки к подпиточной речной воде. С этой целью был проведен ряд опытов, в которых в качестве исследуемой воды использовали смесь речной воды и БОСВ с различным содержанием. Полученные данные приведены на рис. 2. Из этого рисунка видно, что зависимости скорости коррозии от содержания смеси речной воды и БОСВ имеют достаточно сложный вид и характеризуются максимумами и минимумами.

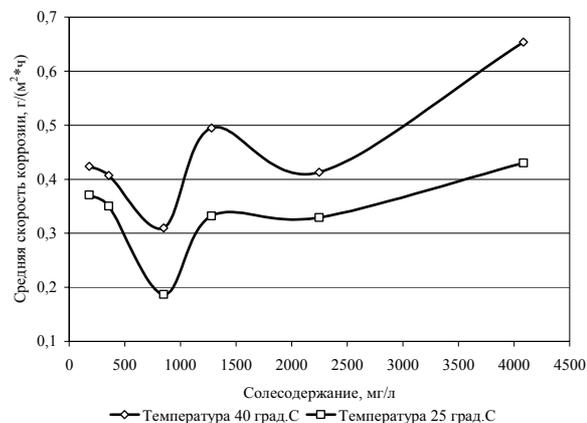


Рис. 2. Зависимость скорости коррозии углеродистой стали (Ст.3) в оборотной воде модельного ВОЦ от содержания подпиточной воды

Первый минимум значений скорости коррозии соответствует содержанию оборотной воды 750...850 мг/л, причем значение скорости коррозии, соответствующее этому содержанию меньше, чем значение скорости коррозии для речной воды. Второй минимум соответствует содержанию оборотной воды 2200...2300 мг/л. Значение скорости коррозии, соответствующее этому содержанию находится на уровне скорости коррозии для речной воды. Наиболее вероятной причиной этого явления может быть следующая. В водной среде на образцах из углеродистой стали (Ст.3)

конкурируют два процесса: отложение солей и коррозия. Поскольку эксперименты проводились в идентичных условиях (гидродинамический и температурный режим), то уменьшение коррозии при минерализации воды 750...850 мг/л связано с частичным экранированием поверхности образца за счет формирования пленки из отложений минеральных солей и биоматериалов. Существование такой пленки приводит к диффузионным затруднениям при контакте воды и поверхности образца и, следствие, к уменьшению скорости коррозии.

Влияние биологически очищенной воды на отложения минеральных солей и взвешенных веществ в оборотной воде модельного водооборотного цикла

Одновременно с определением скорости коррозии углеродистой стали в проводимых опытах определяли скорость отложений минеральных солей и взвешенных веществ на образцах из нержавеющей стали. Полученные данные приведены на рис. 3, данные которого также отражают сложный характер зависимости скорости отложений от солевого содержания оборотной воды. Прежде всего из рис. 3 следует, что скорость минеральных отложений и взвешенных веществ для речной воды составляет 0,013 г/(м²·ч), а для БОСВ она значительно выше – 0,03 г/(м²·ч), т. е. возрастает с увеличением доли БОСВ в используемой воде. Однако, кривая на рис. 3 имеет минимум, соответствующий солевого содержанию 1200...1300 мг/л, при котором скорость отложений соответствует речной воде.

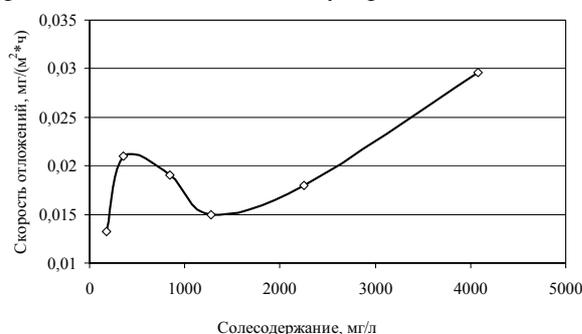


Рис. 3. Зависимость скорости отложений в оборотной воде модельного ВОЦ от солевого содержания подпиточной воды

В речной воде червей нет, в смеси речной и биологически очищенной воды с солевым содержанием 1200...1300 мг/л черви обнаруживаются в малом количестве. В биологически очищенной воде с солевым содержанием до 4000 мг/л червей «очень много». Речная вода, смесь биологически очищенной с речной водой, биологически очищенная вода, имеющая солевое содержание до 4000 мг/л способствуют интенсивному развитию зеленых бактерий. Следовательно, при использовании БОСВ для под-

питки ВОЦ необходима бактерицидная обработка оборотной воды.

Санитарно-токсикологическая характеристика биологически очищенной сточной воды химического предприятия

Требования санитарно-токсикологической и эпидемиологической безопасности БОСВ являются важнейшими критериями при разработке рекомендаций по использованию БОСВ в открытых системах технического водоснабжения и, прежде всего, для подпитки ВОЦ [7]. Вместе с тем, вода должна иметь благоприятные органолептические свойства и быть безопасной по химическому составу. Высокое качество БОСВ по органолептическим показателям важно не только как косвенное свидетельство их безопасности, но и с точки зрения преодоления психологического барьера, невольно возникающего в процессе использования такой воды в технологиях с открытой водной поверхностью.

Определение санитарно-токсикологических параметров БОСВ химического предприятия было выполнено специалистами Кемеровского государственного медицинского института в соответствии с «Методическими указаниями по научному обоснованию предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов» № 1296-75, 15.04.75, М., 1976. Были выполнены исследования по определению среднесмертельных доз (ЛД₅₀), раздражающего действия БОСВ на слизистые оболочки, кожно-раздражающего и сенсибилизирующего действия БОСВ. Опыты проводились на нелинейных крысах и мышах, а также на морских свинках. Полученные результаты позволили сделать вывод, что БОСВ является мало токсичным веществом, не обладающим раздражающим действием на слизистые оболочки, кожные покровы и не обладает аллергическим действием.

Заключение

Биологически очищенная сточная вода химического предприятия (Кемеровское ОАО «Азот») относится к малотоксичным веществам, не является аллергеном, не обладает раздражающим действием на слизистые оболочки и кожу и по санитарно-токсикологическим показателям пригодна к использованию для подпитки систем оборотного водоснабжения. По технологическим показателям (коррозионная активность, склонность к отложению минеральных солей и биологическим обрастаниям) данную воду рекомендуется использовать в смеси с подпиточной речной водой. При использовании биологически очищенных сточных вод для подпитки водооборотного цикла необходима обработка оборотной воды бактерицидами для подавления биологических обрастаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.
2. Водный кодекс Российской Федерации № 167-ФЗ от 16.11.1995 г.
3. Рациональное использование водных ресурсов / С.В. Яковлов, Н.В. Прозоров, Е.Н. Иванов, И.Г. Губий. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
4. Когановский А.М., Семенюк В.Д. Обратное водоснабжение химических предприятий. – Киев: Будивельник, 1975. – 231 с.
5. Григорук Н.О., Пушкарев Г.П. Водоснабжение, канализация и очистка сточных вод коксохимических предприятий. – М.: Металлургия, 1987. – 119 с.
6. Кучеренко Д.И., Гладков В.А. Обратное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1980. – 169 с.
7. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999 г.

Поступила 29.11.2006 г.

УДК 628.168.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОТЫ ВОДОБОРОТНОГО ЦИКЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В БЕСПРОДУВОЧНОМ РЕЖИМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИНК-БИХРОМАТ-ФОСФАТНОГО ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ И ОТЛОЖЕНИЙ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ

Г.В. Ушаков, Г.А. Солодов

Кузбасский государственный технический университет
E-mail: ekosys@kuzbass.net

Перевод водооборотного цикла промышленного предприятия на беспродувочный режим работы позволил исключить сброс в промливневую канализацию оборотной воды и уменьшить суммарное количество промливневых сточных вод, сбрасываемых в реку Томь. Одновременно снизился расход свежей речной воды на подпитку водооборотного цикла.

Системы оборотного водоснабжения является одним из важнейших элементов технологического комплекса предприятий многих отраслей промышленности.

От качества и эффективности работы систем оборотного водоснабжения зависят производительность технологического оборудования, качеством и себестоимость продукта, удельный расход сырья и электроэнергии [1].

Таким образом, обеспечение качественной работы систем оборотного водоснабжения дает возможность мобилизовать большие резервы производственных мощностей и добиться значительного повышения эффективности и экономичности работы промышленных предприятий.

Основными потребителями речной воды на химических и коксохимических предприятиях являются водооборотные циклы (ВОЦ), которые расходуют ее на восполнение потерь за счет испарения, капельного уноса и сброса части оборотной воды в канализацию. Потери оборотной воды за счет испарения и капельного уноса являются невозвратными и определяются режимом работы теплообменного оборудования, а также метеорологическими условиями на площадке вокруг градирни (температура и влажность окружающего воздуха, сила и направление ветра и т. д.).

При работе ВОЦ оборотная вода многократно и последовательно подвергается физико-химическим воздействиям. Она нагревается, охлаждается, аэрируется, многократно соприкасается с теплооб-

менной поверхностью. В результате вода постепенно становится более минерализованной. При достижении определенной степени минерализации вода теряет стабильность и приобретает способность к отложению минеральных солей. Для предотвращения этого явления и поддержания требуемого состава оборотной воды, часть ее заменяют на свежую речную воду.

Оборотная вода, выводимая из системы оборотного водоснабжения, сбрасывается в ливневую канализацию предприятия через переливные трубы в чашах градирен (продувка ВОЦ) или через дренажные трубопроводы в технологических цехах (технологические потери). В совокупности с ливневыми водами оборотная вода, сбрасываемая из ВОЦ, формирует на предприятии промышленно-ливневой сток. Расход этого стока часто достигает 80...85 % от суммарного расхода всех сточных вод предприятия.

Промливневой сток содержит относительно высокие концентрации взвешенных веществ, растворенных органических и неорганических соединений. Поэтому он не может быть использован повторно в технологическом водоснабжении без предварительной очистки. Очистка такого стока до качества, делающего возможным его повторное использование, является сложной задачей, требующей значительных капитальных вложений.

Одним из направлений существенного сокращения объемов сточных вод на химических и коксохимических предприятиях является прекращение сброса оборотной воды из ВОЦ. Это направление связано