

УДК 628.113

**Ю. И. Олянский, А. А. Болеев, А. А. Сахарова, Д. О. Игнаткина, П. Ф. Юрин,  
А. А. Войтюк**

## **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Рассмотрены проблемы с водозаборными сооружениями, возникающие из-за биообращения на решетках оголовка. Создана технология защиты от биообращения металлических решеток оголовка водозаборных сооружений. Приведены рекомендации по профилактике и защите от биообращения и коррозии существующих и проектируемых решеток и водоводов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** биообращение, коррозия, водозаборные сооружения, оголовки.

The problems with water intake constructions arising because of a bio-growth on cap gates are considered. The protection technology against bio-growth on metal cap gates of water intake constructions is developed. The recommendations on prevention and protection against bio-growth and corrosion of existing and projectable gates and water conduits are provided.

**К e y w o r d s:** bio-growth, corrosion, water intake constructions, cap.

Растущее с каждым годом водопотребление требует современных конструктивных решений для усовершенствования существующих и проектирования новых сетей, включая инженерные сооружения, обеспечивающие прием воды из природного источника. В большинстве случаев проблемы с водозаборными сооружениями возникают из-за биообращений на решетках оголовка, которые попадают в водоприемные устройства. Водоприемные окна с соудерживающими решетками, самотечные, всасывающие и напорные трубопроводы на водозаборах (особенно на зарегулированных источниках) подвержены внутреннему обрастанию гидробионтами, из которых наибольший вред приносят моллюски дрейссены [1].

Биообращение решеток оголовков водозаборных сооружений (ВЗС) часто оказывается причиной крупномасштабных загрязнений гидросферы и литосферы, приводит к неизбежным осложнениям при эксплуатации сооружения: снижению качества очищаемой воды (более чем на 40 %), критическим потерям напора во всасывающей системе водозабора, угрозе остановки насосных станций и, соответственно, увеличению затрат на их эксплуатацию. В последнее время этот процесс ускоряется в связи с потеплением климата и увеличением техногенного загрязнения. Интенсивность биообращения возрастает в южных регионах, особенно в Поволжье (с 2—3 до 5—6 месяцев) [2].

В связи с разнообразием экологических условий и, соответственно, видового состава обрастаний не может быть универсального способа борьбы с биообращением. В каждом конкретном случае должны выбираться наиболее пригодные методы его предотвращения. Обозначенное подчеркивает сложность, многофакторность рассматриваемой проблемы и необходимость ее последовательного и обязательного решения. В представленной статье рассмотрена ситуация с пресноводными поверхностными источниками Нижнего Поволжья, где вода представляет собой идеальную среду для развития и интенсивного размножения микроорганизмов как по температурным условиям, так и по наличию избытка питательных веществ (биогенных элементов) и высокой степени насыщения кислородом [2].

Следует отметить, что применяемые в настоящее время методы борьбы с биообрастанием водозаборного оборудования направлены на ликвидацию последствий, а не на устранение причины образования отложений. Поэтому стоит задача предотвращения или достижения возможного минимума интенсивности образования биообрастания решеток оголовков ВЗС, что в результате позволит повысить экономические показатели предприятий водного хозяйства.

Создана технология защиты от биообрастания металлических решеток оголовка водозаборных сооружений в условиях поверхностных водных источников Нижней Волги на основе анодного воздействия постоянного тока. Результаты выполненных исследований могут применяться в комплексных технологиях защиты от биообрастания новых и действующих водозаборных сооружений, а также сооружений промышленных предприятий, включая профилактические мероприятия.

Современная система водоснабжения представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных сооружений, в которых протекают различные физико-химические и биологические процессы. Осуществление этих процессов неконтролируемо и сопровождается значительными материальными затратами, связанными, в частности, с заменой трубопроводов, ремонтом колодцев водопроводной сети, компенсацией ущерба, наносимого водному хозяйству.

Среди традиционных методов борьбы с биологическими обрастаниями, кроме предупредительных мероприятий, существенное место занимает химическая защита, основанная на применении дезинфектантов, оказывающих губительное воздействие на микрофлору питьевой воды, или химических соединений, препятствующих прикреплению клеток микроорганизмов к поверхностям оборудования системы водоснабжения.

В последние годы в мировой практике комплексное решение проблем обеспечения высокой эффективности систем водооборота, снижения стоимости обработки при исключении токсичных продуктов из состава используемых реагентов достигается применением ингибиторов коррозии на основе фосфатов и модифицирующих добавок.

Важнейшими требованиями к современным ингибиторам коррозии являются не только высокие антикоррозионные свойства, но и экологическая безопасность используемых реагентов, что связано с ужесточившимися требованиями к качеству сточных вод и санитарно-гигиеническим условиям труда на производствах.

Эффективность работы промышленных предприятий также значительно снижается вследствие коррозии оборудования и образования различного рода отложений и биообрастаний в насосах и трубопроводах. При наличии биообрастания в оборудовании происходит следующее: снижается надежность работы предприятия (на трубопроводы приходится в среднем 22 % от оборудования предприятий); уменьшается производительность насосов; увеличивается расход финансов предприятия на замену вышедшего из строя оборудования [3].

Объектами исследования служили решетки оголовков водоподъемных станций очистных сооружений Волгограда. Для изучения роли ассоциации микроорганизмов в природной трансформации соединений железа отбирали пробы речной воды на водоподъемной станции, а также пробы из очистных

сооружений и модельной установки. Влияние физико-химических и микробиологических факторов на эффективность ингибирования исследовали на экспериментальной модельной установке [3].

Исследование состояния воды водоисточника в створе реки Волги в районе города Волжского проведено с использованием теории анализа временных рядов. Мониторинг проведен по 11 показателям, которые включают в себя: жесткость (в том числе  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ), перманганатную окисляемость, щелочность, содержание ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Исследования выполнены на основе данных ежемесячных анализов, проводимых лабораторией за последние 7 лет.

Для выявления во временных рядах циклической составляющей были рассчитаны автокорреляционные коэффициенты и построены коррелограммы. Показатели жесткости, окисляемости, щелочности, содержания  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  характеризуются наиболее высокими коэффициентами корреляции 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 и 48-го порядков. Это свидетельствует о наличии циклических колебаний с периодичностью 6 месяцев. Для содержания  $\text{SiO}_3^{2-}$  характерны наиболее высокие коэффициенты корреляции 12, 24, 36 и 48-го порядков, что свидетельствует о наличии циклических колебаний с периодичностью 12 месяцев. В случае концентрации  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  автокорреляционная функция меняется хаотично, что свидетельствует об отсутствии какой-либо циклической зависимости.

Электрохимические и гравиметрические испытания проводили на образцах из стали марки Ст. 20 и латуни марки Л-63. Испытывались составы специальных модельных растворов, рассчитанные исходя из гипотетического состава воды реки Волги, используемой для систем водоснабжения, с различной степенью упаривания и минерализации.

Измерение адсорбционных свойств клеточных стенок сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) к редкоземельным элементам проводили на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализаторе БРА-18.

Определение сил адгезии накопительной и музейных культур СВБ к твердым поверхностям проводили по методу центрифугального отрыва. При математической обработке результатов использовали критерий Стьюдента. Достоверными считали различия с уровнем значимости 95 %.

На первом этапе исследовали различные факторы, влияющие на биообрастание решеток оголовка водозаборных сооружений. Наиболее значимым фактором была выявлена биокоррозия под действием микроорганизмов. С этой точки зрения имеют значения сульфатвосстанавливающие анаэробные бактерии (восстанавливают сульфаты до сульфидов), обычно обитающие в водных средах.

В биопленках, образованных на поверхностях оборудования систем водоснабжения железобактериями, могут активно размножаться другие микроорганизмы. Даже если биопленки образованы из полностью безвредных, олиготрофных видов, возникновение в бедной питательными веществами системе локальных зон, обогащенных биомассой, способствует появлению и развитию эпидемиологически опасных организмов — патогенных бактерий, грибов, простейших, паразитов, а также вирусов.

Микроорганизмы вырываются из биопленки потоком воды как более или менее непрерывно (постоянно), так и срываются «лоскутом». Поэтому пробы

воды никоим образом не могут показать, где и в каком количестве образуются биопленки. Важным критерием оценки биопленок обрастания является создаваемый ими потенциал микробиологического загрязнения (в зарубежной литературе — контаминационный потенциал).

Биологическое обрастание сетей и сооружений систем водоснабжения создает конфликт между жизнедеятельностью водных микроорганизмов и эффективным функционированием поверхностей оборудования и трубопроводов, омываемых водой, которая является естественной средой обитания этих организмов. Этот конфликт рациональнее всего разрешать не путем борьбы с природными факторами биообрастания, а методами избирательного предупреждения обрастания и повреждения каждого отдельного типа оборудования в зависимости от его размещения в системе водоснабжения. Таким образом, зависимость скорости биологического обрастания от химического состава материалов, используемых в системах водоснабжения, является основным фактором для правильного подбора последних [4].

Интенсивность формирования биоосадков и развития коррозии на скважинном оборудовании водозаборов поверхностных вод находится в прямой зависимости от производительности ВЗС; химического состава речных вод; наличия большого количества физиологических групп бактерий, разрушающих органические и минеральные вещества (причиной появления в воде большого количества данных бактерий являются повышенные техногенные и антропогенные нагрузки); деятельности метанообразующих бактерий, создающих в комплексе с другими бактериями активную коррозионную среду.

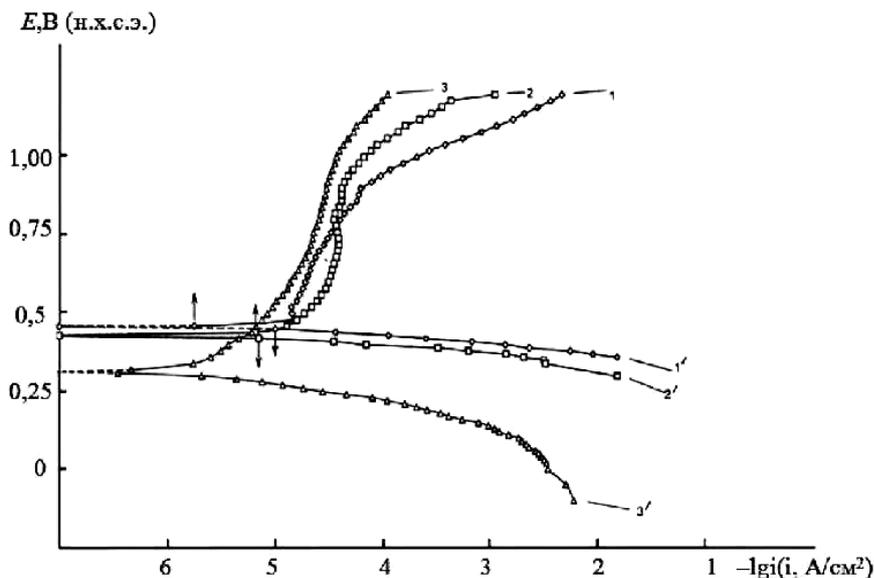
При проведении эксперимента был проанализирован микробиологический состав отложений на внутренних поверхностях решеток оголовка коммунальных водозаборов, исследована подверженность различных материалов формированию на их поверхностях биообрастаний.

Лабораторные исследования по оценке обрастания различных материалов проводили в стеклянных емкостях объемом 3 л, наполненных водопроводной водой. Пластинки из стали, чугуна, полиэтилена и кусочки бетона с известной площадью поверхности погружали в воду на специальных подвесках. Для контроля использовали также стеклянные пластинки. Скорость протока воды составляла 1,5 см/мин. Опыт проводили при  $t = 10...20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 120 ч. По окончании опыта определяли вес образцов, высушенных до постоянной массы при  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Рассчитывали количество обрастаний, образующихся на площади  $1\text{ см}^2$  за 100 ч пребывания пластинок в воде.

Наблюдения за биообрастаниями, образованными на поверхности стали, чугуна, стекла, полиэтилена и бетона, показали (рис.), что наиболее интенсивно подвергается обрастанию бетон (в 2,0 раза быстрее, чем чугун, и в 2,3 раза быстрее, чем сталь). Интенсивность обрастания полиэтилена составляет всего  $25 \pm 5\text{ мг/см}^2/100\text{ ч}$ , что почти в два раза ниже, чем у чугуна и стали, которые обрастают практически в одинаковой степени.

Полученные результаты позволили предложить электрохимическое воздействие с целью снижения скорости биообрастания.

При действии постоянного анодного тока определенных величин из СВБ образуются определенные вещества, которые можно назвать ингибиторами коррозии стали и чугуна в рассматриваемых условиях.



Поляризационные кривые стали в 3 % NaCl (1, 1') в модельных растворах природного поверхностного источника (2, 2') и (3, 3') до и после анодной защиты

Экспериментально было определено оптимальное время обработки образцов, при котором достигается максимальная защита от биообрастания. Оно составило 8 мин.

Выводы. На основании полученных результатов приведены рекомендации по профилактике и защите от биообрастания и коррозии существующих и проектируемых решеток и водоводов ВЗС.

Для вновь запускаемых водоводов ВЗС анодная обработка возможна через 140...150 ч эксплуатации, необходимая для образования пленки СВБ на внутренней поверхности.

Анодная обработка осуществляется на решетках ВЗС через специальные присоединения. Разработанный способ позволяет проводить антикоррозионную профилактическую обработку в процессе эксплуатации, не приостанавливая работу водозаборных сооружений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Порядин А. Ф.* Развитие водоснабжения в России XX века. М. : Издательский дом НП, 2003. С. 18—25.
2. *Алимов А. Ф.* Общие основы учения о биологической продуктивности водоемов // Гидробиол. журн. 1988. Т. 24. № 3. С. 40—51.
3. *Москвичева Е. В., Юрко А. В., Шевцова И. М.* Альтернативный метод очистки сточных вод предприятий производства спирта // Вест. ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и арх. 2008. Вып. 12(31). С. 112—116.
4. *Москвичева Е. В., Юрко А. В., Москвичев С. С.* Альтернативный способ очистки сточных вод от эмульгированных органических загрязнителей // Вестн. ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и арх. 2009. Вып. 16(35). С. 183—185.
1. *Poryadin A. F.* Razvitie vodosnabzheniya v Rossii XX veka. M. : Izdatel'skiy dom NP, 2003. S. 18—25.
2. *Alimov A. F.* Obshchie osnovy ucheniya o biologicheskoy produktivnosti vodoemov // Gidrobiol. zhurn. 1988. T. 24. № 3. S. 40—51.

3. *Moskvicheva E. V., Yurko A. V., Shevtsova I. M.* Al'ternativnyy metod ochistki stochnykh vod predpriyatiy proizvodstva spirta // Vestn. VolgGASU. Ser.: Str-vo i arkh. 2008. Вып. 12(31). S. 112—116.

4. *Moskvicheva E. V., Yurko A. V., Moskvichev S. S.* Al'ternativnyy sposob ochistki stochnykh vod ot emul'girovannykh organicheskikh zagryazniteley // Vestn. VolgGASU. Ser.: Str-vo i arkh. 2009. Вып. 16(35). S. 183—185.

© Олянский Ю. И., Болеев А. А., Сахарова А. А., Игнаткина Д. О., Юрин П. Ф., Войтюк А. А., 2013

*Поступила в редакцию  
в сентябре 2013 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Способ повышения надежности функционирования систем водного хозяйства / Ю. И. Олянский, А. А. Болеев, А. А. Сахарова, Д. О. Игнаткина, П. Ф. Юрин, А. А. Войтюк // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/OlyanskiyBoleevSakharovaIgnatkinaYurin-2013\\_2\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/OlyanskiyBoleevSakharovaIgnatkinaYurin-2013_2(27).pdf)