

чение октября месяца происходит интенсивное влагонакопление в торфе.

4. При возделывании многолетних трав, как и при естественном растительном покрове (кривая 4), почвенные влагозапасы в период 01 мая – 30 сентября не могут быть повышены за счет вод местного стока и на противопожарные мероприятия необходимо привлечение вод из гарантированных водоисточников.

Результаты исследований указывают на необходимость проведения противопожарных мероприятий на торфяниках (предупредительное, затем – увлажнительное шлюзование) в мае – сентябре месяцах. В засушливые годы (периоды) эти мероприятия сверхактуальны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Усеня В.В., Каткова Е.Н. Влияние лесных пожаров на плодородие почвы березовых насаждений// Проблемы лесоразведения и лесоводства на загрязненных землях: Сборник научных трудов Института леса Национальной академии наук Беларуси. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2004. Вып.60.–С.224-230.
2. Ласута Г.Ф. Состояние и перспективы борьбы с торфяными пожарами// Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сборник научных трудов Института леса Национальной

академии наук Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. Вып.54.–С.108-111.

3. Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Ковалев А.Г., Смагина М.В. Особенности низовых пожаров в сосняках на осушенных торфяниках// Эколого-экономические аспекты гидромелиорации: Сборник научных трудов Института леса Национальной академии наук Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. Вып.58.–С.105-106.
4. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеониздат, 1969.–168 с.
5. Валуев В.Е., Волчек А.А. Способ оценки пространственно-временной изменчивости почвенных влагозапасов// Мелиорация и водное хозяйство – 1990.-№8.–С.20-26.
6. Валуев В.Е., Волчек А.А., Фолитар Г.В. Методические указания по тепловодобалансовым расчетам в гидромелиоративных целях с применением ЭВМ. – Брест: БИСИ, 1987.– 41 с.
7. Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П. Моделирование динамики почвенных влагозапасов на стадии управления сооружениями мелиоративных систем// Вестник Брестского политехнического института. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология: Научно-теоретический журнал. – Брест: БПИ, 2000. №2.–С.30-35.
8. Шебеко В.Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территории. – Мн.: Ураджай, 1983.–200 с.

УДК 628:579.68

Менча М.Н.

МИКРОБНЫЙ СОСТАВ ОБРАСТАНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ КОММУНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды, как правило, безопасны в санитарно-эпидемиологическом отношении, их химический и микробиологический состав практически не подвержен сезонным влияниям и изменениям.

Вместе с тем, эксплуатация систем питьевого водоснабжения может значительно осложняться вследствие заселения омываемых водой поверхностей оборудования различного рода микроорганизмами, не представляющими прямой опасности для потребителей.

Закрепляясь на внутренних стенках трубопроводов и поверхностей оборудования, микроорганизмы развиваются, формируя биообращения. Иногда развитие биообращаний настолько интенсивно, что обуславливает сужение поперечного сечения трубопроводов [1] и, соответственно, повышает энергетические затраты водоснабжающих организаций. Биообращения могут приводить к вторичному загрязнению воды в водопроводных сетях [2]. Микроорганизмы биообращаний также отрицательно воздействуют на материал обрастаемых поверхностей, вызывая их биокоррозию [3].

Исследование процессов биообращаний и разработка эффективных методов защиты от них являются актуальными проблемами, решение которых, в свою очередь, должно начинаться с определения микробного состава биообращаний.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованы поверхностные отложения, образуемые на различных элементах коммунальной системы питьевого водоснабжения города Барановичи.

Менча Михаил Николаевич, главный инженер Коммунального унитарного многоотраслевого предприятия жилищно-коммунального хозяйства «Барановичское городское ЖКХ» г. Барановичи, аспирант Института микробиологии Национальной Академии Наук Беларуси.

Беларусь, Брестская область, г. Барановичи, ул. Советская, 59, e-mail: mihnik1972@mail.ru.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ образцов поверхностных отложений свидетельствует о содержании в них *гетеротрофных бактерий*, получающих энергию за счет окисления органических веществ

Таблица 1. Содержание микроорганизмов, использующих органические формы азота (I) и железобактерий (II)

Объекты исследований			I, КОЕ/г поверхностных отложений	II, клеток/г поверхностных отложений
1	2	№ скважины, филь- тра, РЧВ	4	5
Водозабор №1	Наружная поверхность водоподъемных труб скважин	1	$1,0 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^4$
		15	$4,1 \cdot 10^3$	$7,1 \cdot 10^4$
		18	$1,5 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3$
	Внутренняя поверхность водоподъемных труб скважин	1	$0,6 \cdot 10^3$	$5,1 \cdot 10^4$
		15	$3,8 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^4$
		18	$1,7 \cdot 10^3$	$5,1 \cdot 10^3$
	Поверхность обсадных труб скважин	1	$0,8 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^4$
		15	$3,8 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^4$
		18	$1,8 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^3$
	Поверхность загрузки фильтра станции обезжелезирования	2	$3,6 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^5$
Внутренняя стенка фильтра станции обезжелезирования	2	$2,2 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^5$	
Внутренняя стенка резервуара чистой воды	3	не обнаружены	не обнаружены	
Металлические конструкции в резервуаре чистой воды	3	не обнаружены	$2,1 \cdot 10^2$	
Водозабор №2	Наружная поверхность водоподъемных труб скважин	2	$5,2 \cdot 10^3$	$4,3 \cdot 10^4$
		6	$2,8 \cdot 10^3$	$4,9 \cdot 10^3$
		16	$4,3 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^4$
	Внутренняя поверхность водоподъемных труб скважин	2	$5,1 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^4$
		6	$2,5 \cdot 10^3$	$4,7 \cdot 10^3$
		16	$4,0 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^4$
	Поверхность обсадных труб скважин	2	$6,1 \cdot 10^3$	$4,4 \cdot 10^4$
		6	$2,4 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$
		16	$4,1 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^4$
	Поверхность загрузки фильтра станции обезжелезирования	3	$8,1 \cdot 10^3$	$9,7 \cdot 10^5$
Внутренняя стенка фильтра станции обезжелезирования	3	$6,5 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^5$	
Поверхность дренажной трубы фильтра станций обезжелезирования	4	$7,0 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^5$	
Внутренняя стенка резервуара чистой воды	1	не обнаружены	не обнаружены	
Металлические конструкции в резервуаре чистой воды	1	не обнаружены	$2,8 \cdot 10^2$	
Водозабор №3	Наружная поверхность водоподъемных труб скважин	3	$2,5 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$
		7	$1,7 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$
		8	$0,8 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^4$
	Внутренняя поверхность водоподъемных труб скважин	3	$2,3 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^3$
		7	$1,4 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^4$
		8	$0,4 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^4$
	Поверхность обсадных труб скважин	3	$2,6 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$
		7	$1,3 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^4$
		8	$0,6 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^4$
	Поверхность загрузки фильтра станции обезжелезирования	3	$4,6 \cdot 10^3$	$8,9 \cdot 10^5$
Внутренняя стенка фильтра станции обезжелезирования	3	$3,8 \cdot 10^3$	$7,8 \cdot 10^5$	
Внутренняя стенка резервуара чистой воды	2	не обнаружены	не обнаружены	
Металлические конструкции в резервуаре чистой воды	2	не обнаружены	$1,9 \cdot 10^2$	
Сеть по ул. Тельмана, 177			не обнаружены	не обнаружены
Сеть по ул. Парковая, 51			не обнаружены	не обнаружены
Сеть по ул. 50 лет ВЛКСМ,			$0,5 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^3$
Сеть по ул. Брестская, 285 ^a			$1,6 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^4$
Сеть по ул. Советская, 103			$0,5 \cdot 10^2$	$0,5 \cdot 10^3$
Сеть по ул. Орджоникидзе, 6			$2,1 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^4$
Сеть по ул. Войкова, 13 ^a			$1,9 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^4$
Сеть по ул. Наконечникова, 1			не обнаружены	не обнаружены

(табл. 1). Содержание гетеротрофов в 1 г поверхностных отложений находится в пределах $0,5 \cdot 10^2 - 8,1 \cdot 10^3$ КОЕ/г.

Наибольшее количество клеток гетеротрофных микроорганизмов обнаруживается в образцах отложений, образующихся на элементах фильтра станции обезжелезивания водозабора №2: поверхности загрузки фильтра, внутренней стенке и на поверхности дренажной трубы в фильтре. Численность гетеротрофных микроорганизмов в 1 г отложений в образцах достигает $8,1 \cdot 10^3$, $6,5 \cdot 10^3$ и $7,0 \cdot 10^3$ соответственно.

Отложения на внутренней поверхности водоопъемных труб скважин содержали меньшее количество клеток гетеротрофных микроорганизмов – от $0,4 \cdot 10^3$ до $5,1 \cdot 10^3$ КОЕ/г, что может быть связано с большей скоростью потока воды, обуславливающего меньшую адгезию микроорганизмов на поверхности труб.

Содержание клеток гетеротрофных микроорганизмов в образцах биообрастаний на поверхности всех аналогичных объектов исследования водозаборов №1 и №3 значительно ниже.

Грамотрицательные бактерии, обнаруженные практически во всех образцах, представлены подвижными аэробными палочками, оксидазо- и каталазоположительными, с флуоресцирующим пигментом и без него. Бактерии близки по своим свойствам к представителям рода *Pseudomonas*.

Не выявлены гетеротрофные микроорганизмы в поверхностных отложениях, образуемых на внутренних стенках и металлических конструкциях в резервуарах чистой воды, всех трех исследованных водозаборов, что может быть связано с периодическим (2 – 3 раза в неделю) хлорированием воды в резервуарах.

Отсутствие гетеротрофов установлено также в пробах отложений, отобранных с внутренних поверхностей водопроводных сетей восточной и северной части города (ул. Тельмана, Парковая, Наконечникова). Указанные районы города обеспечиваются водой из водозаборов №2 и №3. По данным ведомственной лаборатории КУПП «Водоканал», при работе хлордозаторных на сооружениях 2-го подъема указанных водозаборов, в воде восточной и северной части города присутствует остаточный хлор в концентрациях до 0,8 мг/л, чем и можно объяснить отсутствие гетеротрофных организмов в указанных сетях.

Известно, что гетеротрофные микроорганизмы действуют как коррозионные агенты за счет продуцирования агрессивных метаболитов и создания коррозионноактивных сред. Это, прежде всего, органические кислоты, уголекислота, сероводород, перекиси, аммиак [3]. Широкое распространение гетеротрофных бактерий, на поверхностях различных объектов оборудования системы водоснабжения города, обуславливает участие их в коррозионных процессах и представляет потенциальную опасность бактериологического загрязнения питьевой воды.

В накопительных культурах на средах для *железобактерий* в большинстве испытанных образцов наблюдали появление охристого осадка.

Наиболее интенсивное образование осадка зафиксировано в образцах, отобранных на поверхности загрузки фильтров станций обезжелезивания, что соответствует более высокому содержанию в этих образцах железобактерий – до $9,7 \cdot 10^5$ кл/г отложений (см. табл. 1). Микроскопическими исследованиями практически во всех пробах отложений выявлены палочковидные клетки, собранные в цепочки, окруженные трубчатым чехлом. В препаратах в большом количестве присутствуют покинутые клетками чехлы. Чехол имеет форму цилиндра, диаметр которого постоянен на всем протяжении. Внутренний диаметр чехла около 1 мкм, наружный – 2-3 мкм. Освободившиеся клетки имеют жгутики. Цепочки клеток не ветвятся. По характерным для них морфологическим свойствам клетки отнесены к роду *Leptothrix*. В ряде образцов (водозабор №3) выявлены нитчатые прикрепленные формы, суживающиеся к одному концу, с группами клеток, обладаю-

щими выраженным чехлом. Клетки внутри чехла разной формы: цилиндрические, дисковидные и округлые. К расширенному концу чехла клетки расположены в несколько рядов. Железо отложено только со стороны узкого конца. По перечисленным свойствам близки к представителям рода *Crenothrix*. В пяти образцах (водозабор №1) обнаружены слегка изогнутые бобовидные клетки. От вогнутой стороны клетки отходят длинные переплетенные «стебельки», которые хорошо различимы в микроскоп. По сравнению со стебельком сама клетка очень мала, ее размеры около 0,5 x 1,5 мкм. По характерным морфологическим свойствам клетки отнесены к представителям рода *Galionella*.

Установлено, что железобактерии являются доминирующими микроорганизмами биоценоза обрастания оборудования системы водоснабжения г. Барановичи. Известно, что формируемые железобактериями на поверхностях трубопроводов охристые отложения способствуют течению коррозионного процесса [2, 8], который связывают с образованием дифференцированно аэрируемых ячеек и кислородной депляризации участка металла, подвергшегося обрастанию [3]. Сущность механизма образования дифференцированно аэрируемых ячеек состоит в следующем. В воде, протекающей через водопровод, содержится определенное количество кислорода. Участки трубопровода, не подвергшиеся обрастанию железобактериями, омываются водой, и, следовательно, хорошо вентилируются. Поверхность трубы, находящаяся под охристыми отложениями, не омывается водой и поэтому аэрируется слабее. Таким образом, на поверхности внутренней стенки трубы создаются дифференцированно аэрируемые ячейки, в которых вентилируемые участки имеют более высокий потенциал и функционируют как катод; менее аэрируемые, подвергшиеся обрастанию, действуют как анод. В анодной зоне металлическое железо растворяется в соответствии с уравнением: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$, что свидетельствует о процессе коррозии. Именно поэтому, после механического разрушения минерализованных охристых отложений, под ними, во всех случаях обнаруживаются коррозионные повреждения материала труб.

Анализ результатов микробиологического посева исследованных образцов на среде Сильвермана и Льюндена (9К) свидетельствует об образовании незначительного осадка гидрата окиси железа. Однако в исследованных образцах не были выявлены *тионовые бактерии*, что может быть связано с отсутствием серы в соответствующих им водных пробах (по данным ведомственной лаборатории КУПП «Водоканал»).

Наличие *нитрифицирующих микроорганизмов* в составе отложений не установлено. В исследованных образцах поверхностных отложений также не были выявлены *микроскопические грибы*, что, очевидно, обусловлено крайне низким содержанием органических веществ в исходной подземной воде.

На среде Постгейта из образцов, отобранных на станциях обезжелезивания и из трех скважин водозаборов, были выделены *сульфатредуцирующие бактерии*. Содержание сульфатредуцирующих бактерий в 1 г отложений составляет $0,8 - 3,5 \cdot 10^2$ клеток. Среди выделенных культур преобладали неспоровые грамотрицательные микроорганизмы, имеющие вибриоидный тип кривизны клеток, свойственный представителям рода *Desulfovibrio*. В образцах были также обнаружены анаэробные слегка изогнутые подвижные палочки, по свойствам соответствующие представителям рода *Desulfotomaculum*.

Характерной особенностью сульфатредуцирующих бактерий является свойственная им способность восстанавливать окисное железо, в том числе и образованное в результате деятельности железобактерий. В этих же образцах были выявлены гетеротрофные бактерии рода *Pseudomonas*, что подтверждает их ассоциативное с сульфатредуцирующими микроорганизмами участие в поглощении кислорода, создающее условия анаэробнозона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Доминирующими микроорганизмами биоценоза обрастания оборудования исследованной системы коммунального питьевого водоснабжения являются железобактерии.
2. В биообрастаниях присутствуют сульфатредуцирующие микроорганизмы *Desulfotomaculum* и *Desulfotomaculum*, которые в ассоциациях с железобактериями и гетеротрофными бактериями рода *Pseudomonas* обуславливают течение коррозионных процессов.
3. Широкое распространение гетеротрофных бактерий рода *Pseudomonas* на поверхностях различного оборудования системы водоснабжения города (в т.ч. водопроводных сетях) представляет потенциальную санитарно-эпидемиологическую опасность для водопотребителей, что требует обязательного применения дезинфектантов на стадии водоподготовки.
4. Оперативная информация о содержании в воде источников водоснабжения сульфатредуцирующих организмов, количестве железобактерий и гетеротрофов, использующих органические формы азота, позволит своевременно принять решение о соответствующей обработке воды с целью предотвращения образования биообрастания в трубопроводах, поэтому в источниках водоснабжения целесообразно определять содержание микроорганизмов, являющихся основными агентами кольматации водопроводного оборудования.

УДК 628:579.68

Менча М.Н.**ЖЕЛЕЗОБАКТЕРИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОЦЕССАХ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ****ВВЕДЕНИЕ**

Основными причинами, способствующими снижению качества питьевой воды, как по химическим, так и по органолептическим свойствам, являются повышенное содержание в ней соединений железа и присутствие железобактерий. Вместе с тем железобактерии, кроме отрицательного воздействия, могут оказывать положительное влияние на определенных стадиях процесса водоснабжения.

Среди существующих методов обезжелезивания подземных вод [1,2], наиболее распространенным технологическим решением на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства республики Беларусь является обезжелезивание упрощенной аэрацией с последующим фильтрованием [2,3]. Как известно, органичением применения данного метода является очистка вод, содержащих железо в органических формах, трудноокисляемых кислородом воздуха, и низкий рН некоторых подземных вод.

Достаточно высокую скорость окисления железа, по сравнению с той же реакцией в свободном объеме традиционно связывают с образованием на поверхности зерен загрузки каталитической пленки из соединений железа [3-6], которая интенсифицирует процесс. Однако результаты предварительных микробиологических анализов [7,8] позволили усомниться в исключительно химической природе процессов обезжелезивания на фильтрах, работающих по методу упрощенной аэрации. Известно [9], что в природных условиях железо может окисляться как химическим, так и биологическим путем с участием железобактерий. Процессы эти конкурентны и зависят от физико-химических условий среды, в которой они происходят, и наличия в ней железобактерий.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**Задачи работы состояли в следующем:**

- изучить внешний вид и характер охристых отложений на загрузке фильтров станций обезжелезивания;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разумов А.С. Биологические обрастания в системе питьевого и технического водоснабжения и меры борьбы с ними / Биологические обрастания в системе питьевого и технического водоснабжения и меры борьбы с ними. – М.: Наука, 1969. – с. 5-54.
2. Менча М.Н., Самсонова А.С., Гуринович А.Д. Влияние биохимической деятельности железобактерий в водопроводной сети на качество питьевой воды. // Водные ресурсы. – Мн., 2003. – №14. – с. 69-76.
3. Микробная коррозия и ее возбудители / Е.И. Андреюк, В.И. Билай, Э.З. Коваль, И.А. Козлова. – Киев: «Наукова думка», 1980 г. – 287 с.
4. Родина А.Г. Методы водной микробиологии. – Л.: Наука, 1965. – 58 с.
5. Колешко О.И. Экология микроорганизмов почвы: Лабораторный практикум. – Мн.: Высшая школа, 1981. – 176 с.
6. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. – М.: Наука, 1989. – 285 с.
7. Рекомендации по учету железобактерий в отложениях трубопроводов. – М.:ВОДГЕО, 1974 – 10 с.
8. Менча М.Н. Биологические помехи в работе систем питьевого водоснабжения // Водные проблемы. – Мн., 2004. – №1 – с. 33-36.

- выявить наличие микрофлоры в составе каталитической пленки;
- выяснить влияние биологического фактора на процессы обезжелезивания подземных вод фильтрованием с упрощенной аэрацией.

Исследования проводились на станциях обезжелезивания водозаборов № 1,2,3 коммунального унитарного производственного предприятия «Водоканал» г. Барановичи. Фильтры станций обезжелезивания водозаборов № 1,2,3 коммунального унитарного производственного предприятия «Водоканал» г. Барановичи представляют собой прямоугольные железобетонные двухсекционные емкости с центральным каналом. Фильтры работают по методу упрощенной аэрации. Секции фильтров послойно загружены гранитным щебнем различных фракций.

В процессе эксплуатации фильтра ровная поверхность его загрузки нарушается (рис. 1), что приводит к образованию на ней более низких и более высоких участков. Это может быть связано с нарушением в некоторых местах трубопроводов подачи воздуха, кольматацией отдельных участков дренажных труб, и, как следствие, с неравномерностью промывки загрузки и отвода из фильтра очищенной воды.

В процессе работы фильтра на его поверхности образуются охристые отложения. Интенсивность их образования различна: в более низких участках она выше (точки 1, рис. 1), в высоких (точки 2, рис. 1) – ниже. В связи с тем, что отложения на поверхности загрузки не равномерны, отбор проб производили как с низких, так и с высоких участков (рис. 1).

Отбор проб осуществляли в стерильные конические колбы, заливая свежесобранные охристые отложения водой соответствующего фильтра. Исследования проводили не позднее, чем через два часа после отбора образцов. Из отобранных проб готовили препараты на предметных стеклах для микроскопических исследований [10]. Предметные стекла с фиксированными мазками последовательно обрабатывали: