

научно-технический журнал

ВЕСТНИК



МГУ

4/2010
Т.2



материалы оборудование технологии

Научно-технический журнал Вестник МГСУ

ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

№ 4/2010

Т. 2

Москва

Научно-технический журнал Вестник МГСУ, № 4. 2010. Т. 2

Периодическое научное издание. Москва, МГСУ.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-21435 от 30 июня 2005 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор – ректор МГСУ, акад. РААСН, д.т.н., проф. – **В.И. Теличенко**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, чл.- корр. РААСН, д.т.н., проф. – **Е.А. Король**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, д.ф.-м.н., проф. – **М.В. Самохин**; зам. главного редактора – проф., к.т.н. **Н.С. Никитина**; отв. секретарь – академик РАЕН, проф., д.т.н. **А.Д. Потапов**; редактор – **Е.Н. Аникина**; верстка – **Д.А. Матвеев**.

Редакционный совет:

Теличенко В.И. (председатель), **Амбарцумян С.А.**, **Егорычев О.О.**, **Баженов Ю.М.**, **Дмитриев А.Н.**, **Король Е.А.** (зам.председателя), **Кошман Н.П.**, **Круглик С.И.**, **Никитина Н.С.** (зам. председателя), **Николаев С.В.**, **Маклакова Т.Г.**, **Мэрфи Анжела** (Университет Центрального Ланкашира, Англия), **Паль Ян Петер** (Технический Университет Берлина, ФРГ), **У Хой** (Пекинский Университет строительства и архитектуры, Китай), **Ян Буйнак** (Университет Жилина, Словакия), **Бегларян А.Г.** (Ереванский государственный университет архитектуры и строительства, Армения), **Потапов А.Д.** (отв. секретарь), **Пупырев Е.И.**, **Самохин М.В.** (зам.председателя), **Сидоров В.Н.**, **Тер-Мартirosян З.Г.**, **Травуш В.И.**, **Чунюк Д.Ю.** (зам. отв. секретаря)

Адрес редакции:

129337, Москва, Ярославское ш. 26. МГСУ, Тел. +7 (499) 183-56-83,
Факс +7 (499) 183-56-83
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru>, Электронная версия
<http://www.mgsu.ru>

Подписано в печать 26.11.10

Все материалы номера являются собственностью редакции, перепечатка или воспроизведение их любым способом полностью или по частям допускается только с письменного разрешения редакции.

ФАКУЛЬТЕТУ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА МГСУ-МИСИ - 80 ЛЕТ

В 2010 году исполняется 80 лет со дня образования факультета гидротехнического и специального строительства МГСУ-МИСИ.

Бурное развитие гидроэнергетики в конце двадцатых - начале тридцатых годов прошлого столетия, вызванное реализацией плана ГОЭЛРО, потребовало подготовку высококвалифицированных кадров. В 1930 году в Московском инженерно-строительном институте (МИСИ) был организован Гидросиловой факультет, начавший подготовку и выпуск инженеров-гидротехников.

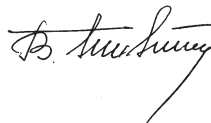
Сегодня факультет ГСС входит в состав Института энергетического, водохозяйственного и природоохранного строительства (ИЭВПС), который был создан в МГСУ в октябре 2005г. Целью создания института было объединение научно-педагогического потенциала факультетов университета, имеющих общие задачи и направленность в области учебной и научной деятельности. Именно по этому принципу были объединены три факультета: водоснабжения и водоотведения (ВиВ), гидротехнического и специального строительства (ГСС) и теплоэнергетического строительства (ТЭС).

Институт располагает кадрами высшей научной квалификации: преподавательской деятельностью и научной работой заняты 43 профессора, доктора технических наук, имена которых широко известны не только в нашей стране, но и за её пределами. Три из пяти специальностей института прошли международную аккредитацию в Институте инженеров-строителей в Великобритании. Располагая таким научно-педагогическим потенциалом, институт формирует и реализует научные программы и исследования, связанные с атомной энергетикой, гидроэнергетикой, активно участвует в программах комплексного использования водных ресурсов и охраны окружающей среды, создает кадровый резерв, привлекает к участию в научных исследованиях студентов, повышает качество подготовки магистров и аспирантов, модернизирует лабораторную базу.

Конечно, последние два десятилетия для отечественной гидротехники были очень сложными, и особой причины радоваться у специалистов-гидротехников не было. Если до 1991 года благодаря активному гидроэнергетическому строительству в СССР страна находилась на 2-ом месте в мире по суммарной установленной мощности и выработке электроэнергии на ГЭС, то сейчас Россия занимает 5-ое место в мировом рейтинге. После 1991 года в России в основном продолжали достраивать и вводить в эксплуатацию уже раннее начатые объекты. В соответствии с "Программой развития гидроэнергетики России на период до 2020 г. и на перспективу до 2030 г." в стране намечено строительство 59 ГЭС общей мощностью от 39000 до 44000 МВт и 8 ГАЭС общей мощностью более 12000 МВт. По-сути, этот план можно назвать планом ГОЭЛРО-2. Сегодня жизнь диктует необходимость такого развития гидроэнергетики. Коллектив факультета гидротехнического и специального строительства (ГСС) МГСУ полон оптимизма и вносит свой вклад в выполнение этого плана в виде подготовки высококвалифицированных кадров и научных исследований для проектируемых и строящихся объектов.

От лица ректората и от себя лично сердечно поздравляю коллектив факультета Гидротехнического и специального строительства с юбилеем! Желаю крепкого здоровья и новых достижений!

Ректор МГСУ



В.И. Теличенко

СОДЕРЖАНИЕ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ	
А.Г. Первов, А.П. Андрианов	9
ДООЧИСТКА МОСКОВСКОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ: ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
А.П. Андрианов	16
ВЛАЖНОСТНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО ФИБРОБЕТОНА	
А.Д. Истомин	21
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ГЛОБАЛЬНЫХ МОРСКИХ ПРОЕКТОВ	
И.Г. Кантаржи, Л.В. Прохода-Шумских	25
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА АКВАТОРИЯХ ПОРТОВ	
С.И. Пиляев	30
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УМЕНЬШЕНИЮ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА МОРСКОМ ПОДХОДНОМ КАНАЛЕ	
Н.А. Губина	36
РОЛЬ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В САМООЧИЩЕНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	
В.С. Боровков, В.А. Курочкина	41
ОЧИСКА РЕЧНЫХ РУСЕЛ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЧНЫХ ИЛОВ В ЗЕЛЕНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
В.А. Курочкина	45
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСТЕКЛЕНИЯ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПО ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОСТИ И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ	
А.В. Мишуев, В.В. Казеннов, Н.В. Громов, И.А. Лукьянов, Д.В. Прозоровский, Е.В. Бажина	51
БЕЗДУГОВОЙ СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ МАСЛОНАПОЛНЕННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ.	
А.В. Мишуев, В.В. Казеннов, И.А. Лукьянов, Н.В. Громов	56
ТЕЧЕНИЕ В ПРИСТЕНОЧНОМ СЛОЕ И ЗА ЕГО ПРЕДЕЛАМИ (В ТРУБЕ, КАНАЛЕ И ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ).	
Ю.В. Брянская	60
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ВИХРЬ КУЭТТА	
А.Л. Зуйков	66
РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЙ НА ВЗРЫВНУЮ НАГРУЗКУ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ	
Ф.Л. Доронин, А.В. Ляпин	72
ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА МЕЛКОЙ ВЗВЕСИ НЕРАВНОМЕРНЫМ ПЛАВНО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ РЕЧНЫМ ПОТОКОМ	
В.Ю. Ляпин, А.В. Ляпин, Ф.Л. Доронин	79
СОПРЯЖЕНИЕ ВОДОСЛИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ВОДОБОЕМ ДЛЯ ВОДОСЛИВОВ БЕЗВАКУУМНОГО ПРОФИЛЯ	
А.В. Остякова	85

ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СОСТАВЕ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ	
О.А.Муравьев, В.Берлин, Д.С.Савченков.....	90
РАСЧЕТ ГОДОВОГО СТОКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ НЕИЗУЧЕННЫХ РЕК БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ И ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ СЕЛЕНГА	
Баяраа Уранзаяа.....	96
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА	
И.М. Маркова.....	100
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	
В.В. Волшаник, А.Г. Пешнин, Умару Хаманджода, Г.Н. Щенникова.....	108
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРСТА НА ТЕРРИТОРИИ МОСКВЫ И МОСКОВСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ МНГОВОЛНОВОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ.	
А.Г. Гинодман, Б.А.Гранит.....	120
К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
А.Д. Потапов, Е.В. Шубина, П.М. Жук.....	128
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АНТИЧНЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ	
С.А. Беляев, С.Н. Чернышев.....	135
КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ	
И.М. Сенющенко, Т.Г.Смирнова.....	142
МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ И РОДНИКОВЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОБРАГОВ	
И.М. Сенющенко.....	147
НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ ВЫБРОСАМИ	
С.А. Добровольский, А.Д. Потапов, П.И. Кашперюк.....	155
КАРСТОВЫЕ И СУФФОЗИОННЫЕ ПРОВАЛЫ В Г.МОСКВЕ: ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	
В.П. Хоменко, М.А. Калашников, И.А. Потапов.....	158
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЭКОСИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН	
С.В. Кривицкий, А.П. Кашперюк, П.И. Кашперюк.....	163
К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ	
С.В. Кривицкий, Н.А. Опекунова.....	170
ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ТЕХНОГЕНЕЗА	
А.А. Лаврусевич.....	175
ДИЛАТАНСИЯ, ВЛИЯНИЕ НА ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ГРУНТОВ.	
В.Н. Бурлаков, А.З. Тер-Мартиросян.....	182

КОНСОЛИДАЦИЯ ВОДОНАСЫЩЕННОГО ГРУНТА ПРИ ДЕЙСТВИИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	
З.Г. Тер-Мартirosян, А.З. Тер-Мартirosян	194
ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК БОЛЬВЕРКОВ ОТ МЕТОДА РАСЧЕТА	
Е.А. Корчагин, И.Н. Вишняков	198
О РАСЧЕТЕ СВАЙ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ СРЕДНЕЙ КРЕПОСТИ.	
М.В. Никишкин.....	202
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ ФИЛЬТРАТА ТБО МУСОРΟΣЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ	
О.А. Платонова	214
ОПЫТ УСТРОЙСТВА КОТЛОВАНОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ГОРОДА МОСКВЫ	
В.А. Ильичев, В.В. Знаменский, Е.Б. Морозов	222
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫВКИ ФИЛЬТРОВ В СОСТАВЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА	
Ж.М. Говорова, О.Б. Говоров, Е.Г. Черников	231
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СТАЛЬНОГО КАРКАСА ПОКРЫТИЯ АЭРОВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ВНУКОВО-1» К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ	
С.И. Трушин, В.С. Парлашкевич, Т.А. Журавлева.....	239
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ В ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ	
С.И. Трушин, В.С. Парлашкевич, Т.А. Журавлева.....	244
ХАРАКТЕРИСТИКА И УЧЕТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА	
А.Л. Большеротов.....	250
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МАТЕРИАЛОВ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК	
А.В. Денисов	255
ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Б.С. Пайлеванян	261
ТРАНСПОРТИРОВКА И МОНТАЖ УКРУПНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АЭС	
А.А. Холопов, К.А. Дудкевич, Б.К. Пергаменщик	266
«КРУГОВОРОТ» ВОКРУГ КАРСТОВОЙ ВОРОНКИ	
А.А. Буданов, А.А. Буданова	275
ПРОТИВОПУЧИННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ГРУНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
Я.А. Кроник.....	284
КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДА РАСЧЕТА ОСАДОК ЗДАНИЙ ПРИ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
Н.С. Никифорова	293

ВОПРОСЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СУФФОЗИИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ, ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
З.Г. Тер-Мартиросян.....	301
УСИЛЕНИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ	
З.Г. Тер-Мартиросян, П.В. Струнин	310
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРОДЕ УЛАН-БАТОРЕ (МОНГОЛИЯ)	
Ю.П. Правдивец, Ядмаа Туул.....	316
ПРОБЛЕМЫ СТАРЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ШЛЮЗА №10 КАНАЛА ИМ. МОСКВЫ	
Е.В. Максименко, С.Н. Левачев	324
ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА НА ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	
Е.В. Максименко, С.Н. Левачев	331
ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОДКОНСТРУКЦИЙ К РЕШЕНИЮ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ О НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМИРОВАНИИ СОСТОЯНИЯ ПЛОТИН	
М.П. Саинов	339
ИРРИГАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИКА В ДРЕВНЕЙ ИНДИИ	
М.П. Саинов, Н.П. Саинова	346
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ КАМЕРНЫХ ВЫРАБОТОК ПОДЗЕМНЫХ ГЭС	
М.Г. Зерцалов, Д.В. Устинов	350
КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	
С.Б. Сборщиков.....	355
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	
С.Б. Сборщиков.....	363
СПЕЦИФИКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО РИСКА	
А.В. Дейнеко, Е.А. Серова, Д.Ю. Чунюк.....	369
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ОРГРАФОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
А.С. Бестужева, А.В. Волкова	374
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭКРАНА КАМЕННОЙ ПЛОТИНЫ (Г/У НАМ КОНГ В ЛАОСЕ)	
А.С. Бестужева, В.М. Лисенкова.....	382
УЧЕТ АНИЗОТРОПИИ В ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАСЧЕТАХ И РАСЧЕТАХ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН	
Н.А. Анискин, М.Е. Мемарианфард.....	388
ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕЧНЫХ РУСЕЛ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ И ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	
Т.Г. Богомолова, В.А. Курочкина	399

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПЭС С ОРТОГОНАЛЬНЫМИ ТУРБИНАМИ	
О.А. Муравьев, Д.С. Савченков.....	405
О БИОИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ «ОТКРЫТЫХ ИННОВАЦИЙ»	
С.В. Кривицкий.....	410
ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА	
Ю.М. Баженов, Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева	415
ВЛИЯНИЕ МИКРО- И НАНОДИСПЕРСНОГО ШУНГИТА НА СВОЙСТВА БЕТОНОВ	
Г.Э. Шаблинский, Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, Г.В. Костюченко	421
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ФИБРОБЕТОНА И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
В.Н. Сидоров, П.А. Акимов, А.О. Хегай	427
МЕТОДЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ	
С.Ю. Данилов.....	436
К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ СТАНДАРТОВ АСУ ЗДАНИЙ	
К.С.Кузин	441
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЗДАНИЕМ	
Р.Н. Ярулин	446

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

THE STATE-OF-THE-ART OF ULTRAFILTRATION TECHNOLOGY USING FOR SURFACE WATER TREATMENT

А.Г. Первов, А.П. Андрианов

A.G. Pervov, A.P. Andrianov

МГСУ

В статье рассматриваются современные мембранные технологии очистки поверхностных вод, особое внимание уделяется анализу достоинств и недостатков ультрафильтрационной технологии. Предлагаются пути повышения эффективности работы ультрафильтрационных установок.

The article presents state-of-the-art membrane techniques applied for surface water treatment, especially the advantages and disadvantages of ultrafiltration technology. The main ways to improve and modify ultrafiltration systems are proposed.

Введение

Потребность во внедрении передовых технологий, отвечающих современным мировым стандартам, введение новых нормативов качества питьевой воды, применение более совершенного оборудования постепенно выводят на российский рынок новый метод очистки воды – ультрафильтрацию. Эта технология рассматривается как замена традиционного фильтрования на скорых фильтрах и обработки воды в отстойниках и осветлителях.

Новизна этого метода для российской практики, большое разнообразие и сложность аппаратного оформления, отсутствие единых методик расчета ставит перед проектировщиками сложную задачу правильного выбора, применения и эксплуатации мембранных систем в различных условиях. Ситуация усугубляется тем, что основными производителями и поставщиками ультрафильтрационных установок являются несколько крупных зарубежных компаний, которые продвигают эту технологию на российский рынок без раскрытия ее технологических «секретов». Кроме того, при работе уже существующих установок нередко возникают проблемы, вызванные как недостатками и ограничениями самой технологии, так и просчетами при проектировании и недостаточным опытом эксплуатации подобных систем. Все это в определенной мере сдерживает широкое внедрение мембранных технологий и вызывает предубеждение у ряда специалистов.

К числу недостатков или трудностей, встречающихся при применении ультрафильтрации для обработки поверхностных вод, можно отнести:

- малую эффективность в снижении цветности и окисляемости;
- снижение производительности мембран вследствие образования осадка и закупоривания пор;

- высокий расход промывной воды (до 10 % и более);
- достаточно высокие капитальные и эксплуатационные затраты.

В настоящей статье приведены результаты научного анализа процесса мембранной ультрафильтрации применительно к обработке поверхностных вод и сделана попытка наметить пути его совершенствования.

Современная технология ультрафильтрации

В настоящее время при очистке поверхностных вод ультрафильтрацией наиболее широко используют два режима фильтрации:

- схема с «тупиковой» фильтрацией («dead-end»), когда вся вода, поступающая в аппарат, профильтровывается через мембрану;
- схема с транзитным потоком («cross-flow»), при которой основной объем обрабатываемой воды циркулирует через мембранные аппараты с целью поддержания высоких скоростей потока воды над поверхностью мембраны.

В обеих схемах образующиеся на мембранах осадки коллоидных и взвешенных веществ удаляются с помощью промывок обратным током профильтрованной воды.

Тупиковый режим является энергетически выгодным (в сравнении с циркуляционным режимом), что способствует его широкому использованию в крупных ультрафильтрационных установках. Однако тупиковый режим имеет ряд серьезных недостатков, которые создают проблемы при работе водоочистных станций:

- значительное падение производительности в течение фильтроцикла, связанное с ростом слоя осадка и его сопротивления;
- необходимость в частых промывках мембран и, как следствие, большой расход воды на собственные нужды;
- «закупоривание» пор мембраны мелкими частицами, вызывающее значительное падение производительности мембран и нередко необратимое;
- несколько меньшая эффективность в снижении цветности и окисляемости по сравнению с транзитным режимом.

Испытания, проведенные авторами, показали, что при обработке поверхностных вод на мембранах марки УАМ-150, имеющих наиболее распространенный размер пор, в течение 20 – 40 минут фильтроцикла производительность мембран падает примерно в 1,5 – 2 раза (рис. 1). Поэтому средняя производительность мембран при работе в таком режиме оказывается на 30 – 50 % ниже их производительности по чистой воде.

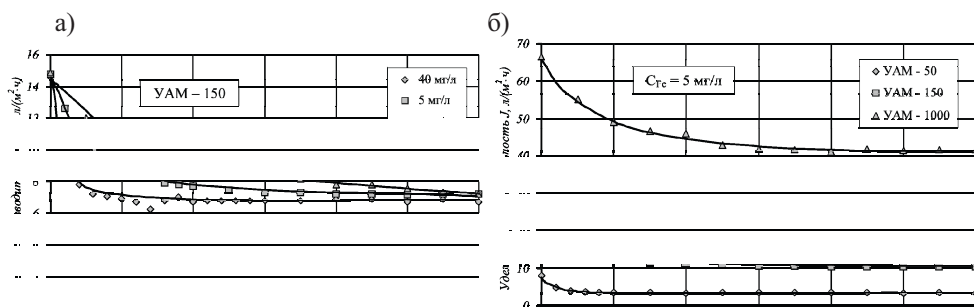


Рис. 1. Зависимость изменения производительности ультрафильтрационных мембран в течение фильтроцикла от концентрации взвешенных веществ в исходной воде (а) и размера пор мембран (б). Примерные размеры пор: УАМ-50 – 0,005 мкм, УАМ-150 – 0,015 мкм, УАМ-1000 – 0,1 мкм

Другой проблемой является эффект закупоривания пор мембраны мелкими частицами – процесс сложно контролируемый и трудно прогнозируемый. К таким частицам относятся мелкие глинистые частицы, коллоиды гидроокиси алюминия, крупные органические молекулы (например, полисахариды природного происхождения) и их комплексы. Попытки бороться с этим явлением с помощью обратных промывок ведут к перерасходу воды на собственные нужды.

Протекание стадии фильтрования с закупориванием пор зависит от соотношения между размером пор мембраны и распределением частиц в исходной воде по размерам, а также от концентрации взвешенных и коллоидных частиц в исходной воде (рис. 2). В координатах t/V от t (t – продолжительность фильтрования, V – объем фильтрата, полученный за время t) этот процесс описывается прямой линией [2]. При уменьшении концентрации частиц в исходной воде и при увеличении размера пор мембраны процесс закупорки пор становится более заметным. В ряде случаев на очищенной воде (например, при использовании метода ультрафильтрации после традиционных отстойно-фильтровальных сооружений) закупорка пор мембран может вызвать большее снижение их производительности нежели образование на поверхности мембран рыхлого слоя осадка.

Существует еще одна опасность: некоторые высокомолекулярные природные соединения, которые остаются в воде после традиционных сооружений, задерживаются на ультрафильтрационных мембранах и вместе с промывной водой попадают обратно в начало технологической схемы. Таким образом, их концентрация в воде, проходящей через очистные сооружения, увеличивается со временем, а поскольку размер молекул этих соединений сопоставим с размером пор мембран, то процесс закупоривания пор также развивается со временем, вызывая постепенное снижение производительности мембранной установки.

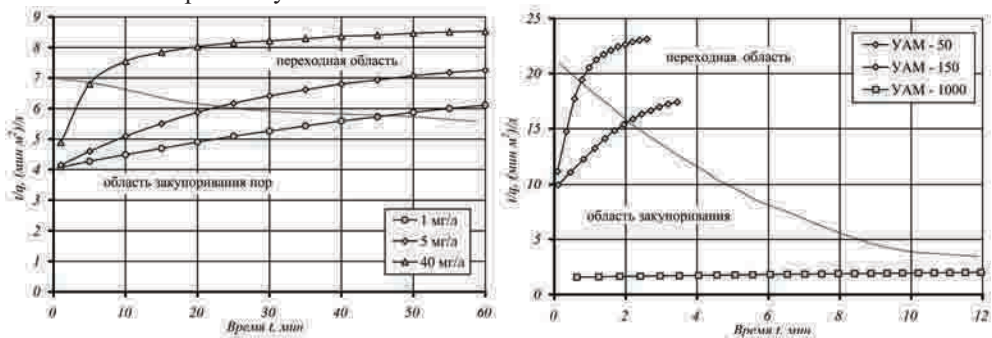


Рис. 2. Характер изменения продолжительности стадии закупоривания пор в зависимости от концентрации взвешенных веществ в исходной воде (а) и размера пор мембран (б)

Одним из методов борьбы с загрязнением мембран является дозирование в исходную воду коагулянтов и флокулянтов, так называемая «прямоточная» коагуляция, – введение коагулянтов в исходную воду и последующая фильтрация без стадии хлопьеобразования [7]. Этот прием применяется не только для повышения эффекта очистки воды от органических примесей, но и для связывания частиц малого размера, наиболее «опасных» для закупорки пор мембран [5, 8]. Однако, как показывает опыт эксплуатации установок ультрафильтрации, предварительная коагуляция не всегда позволяет избежать неуклонного снижения производительности мембран. Причинами может быть малое время нахождения воды в аппаратах, а также образование дополнительного количества взвешенных веществ в воде и осадка на мембранах за счет введения коагулянта.

Как подтверждают специалисты ведущих фирм-производителей мембран, при очистке поверхностных вод, расход очищенной воды на проведение обратных промывок, составляет до 10 – 12 % от общего расхода фильтрата. Это очень большая величина (для сравнения: расход воды на собственные нужды фильтровальных станций обычно составляет не более 5 %), увеличивающая требуемую площадь фильтрующей поверхности мембран и, соответственно, капитальные и эксплуатационные затраты. Даже в случае введения оборота промывных вод, капитальные затраты на мембраны остаются на том же уровне, происходит только снижение потребления исходной воды.

Очевидной эффективной мерой снижения интенсивности осадкообразования на поверхности мембран является поддержание высокой скорости транзитного потока над мембраной, вызывающей «отрыв» частиц от поверхности мембран. Режим рециркуляции позволяет избежать загрязнения мембран, включая закупорку пор, или значительно замедлить этот процесс. Следовательно, сокращается частота обратных промывок и объем промывной воды.

Принятый «тупиковый» режим фильтрования малоэффективен и с точки зрения снижения цветности воды. При высоких скоростях транзитного потока снижается уровень концентрационной поляризации и возрастает селективность мембран по ряду растворенных органических веществ, образующих цветность (рис. 3).

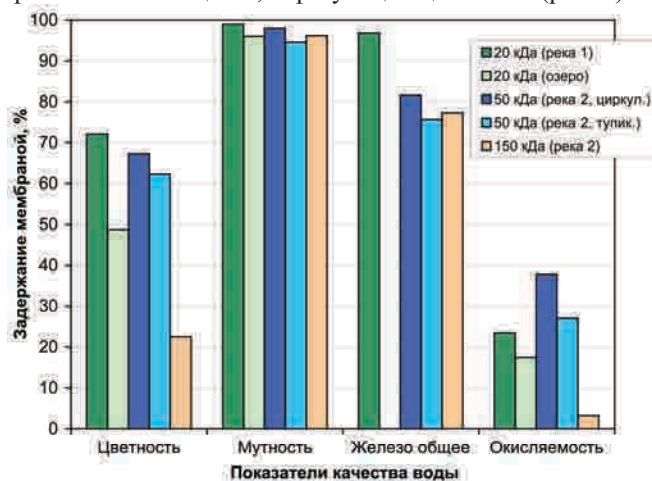


Рис. 3. Средняя задерживающая способность различных ультрафильтрационных мембран при обработке вод поверхностных источников

Рекомендации по совершенствованию ультрафильтрационной технологии очистки природных вод

Оценивая недостатки существующей технологии ультрафильтрации с «тупиковым» режимом фильтрования, можно сделать вывод, что главными из них являются опасность закупорки пор и отсутствие транзитного потока. Причем, последнее – это скорее «рекламный» ход для представления «тупиковой» фильтрации как технологии с наименьшими энергетическими затратами. В действительности, анализ работы мембран фирмы «Degremont» (на Юго-Западной водопроводной станции Москвы) и мембран фирм «Norit» и «Inge» на российских энергетических объектах показал, что установки работают и «тупиковом» режиме, и в режиме рециркуляции, в зависимости от качества поступающей на установку воды и текущей проницаемости мембран.

Наиболее простое решение по минимизации отрицательного эффекта закупоривания пор – применение мембран с меньшим размером пор. В частности, авторами в числе прочих испытывались мембраны с молекулярным отсечением 20 – 30 кДа, показавшие очень незначительную подверженность закупориванию пор в характерный период начала фильтроцикла [1]. Большинство же ультрафильтрационных мембран, применяемых для обработки природных вод, имеют размер пор 0,01-0,02 мкм, что соответствует молекулярному отсечению на уровне 150 – 300 кДа. При снижении размера пор падает удельная производительность мембран и, соответственно, производительность «коммерческих» мембранных аппаратов, что при существующей их высокой стоимости, по-видимому, сделает установки экономически невыгодными.

При использовании мембран с малым молекулярным отсечением и меньшей удельной производительностью повышается качество очищенной воды и снижается влияние осадкообразования при работе в режиме с транзитным потоком, в том числе понижается уровень концентрационной поляризации. С точки зрения теории фильтрования, увеличение сопротивления мембраны уменьшает влияние осадка на снижение производительности. В случае применения ультрафильтрационных мембран с малым размером пор, а также нанофильтрационных мембран, оказывается возможным добиться эффекта «отрыва» частиц и снижения опасности загрязнения.

Совершенствование технологий мембранной очистки поверхностных вод может идти по пути выбора оптимальных режимов работы и удешевления мембранных аппаратов. Стоимость последних имеет большое значение при выборе технологии очистки природных вод. Как известно, рулонные элементы позволяют обеспечить по сравнению с аппаратами на основе капиллярных мембран более высокую рабочую площадь мембран и производительность аппаратов при одинаковых их объемах. Сравнение аппаратов по стоимости и энергопотреблению при их эксплуатации показано на рис. 4.

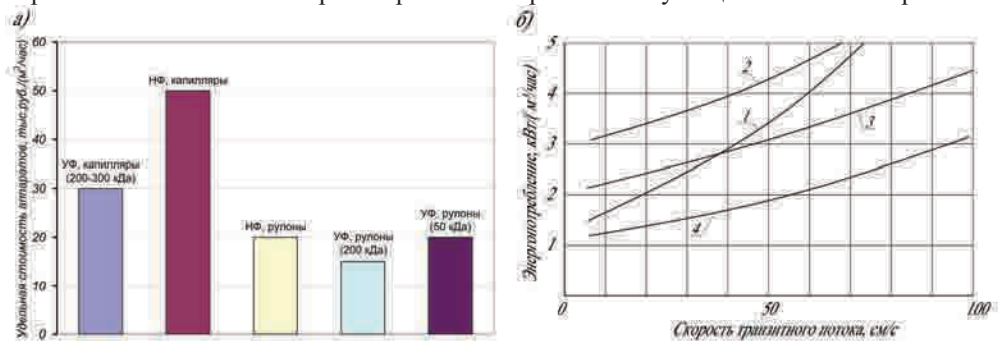


Рис. 4. Сравнение ценовых и эксплуатационных характеристик существующих ультрафильтрационных мембранных аппаратов: а) удельная стоимость $1 \text{ м}^3/\text{час}$; б) удельное энергопотребление $\text{кВт}/(\text{м}^3/\text{час})$ в зависимости от скорости транзитного потока; 1 – стандартный рулон; 2 – аппарат с капиллярными мембранами $d = 0,7 \text{ мм}$; 3 – аппарат с капиллярными мембранами $d = 1,0 \text{ мм}$; 4 – рулон с «открытым» каналом

Основным недостатком существующих конструкций аппаратов типа «рулон» является устройство мембранного канала, содержащего сетку – сепаратор-турбулизатор. Сетка является одной из причин накопления осадка и резкого прироста сопротивления канала в процессе работы аппарата. Исключение сетки из канала, создание аппаратов с «открытым» каналом, без препятствий потоку (аналогично капиллярному каналу), позволит добиться таких же эксплуатационных характеристик рулонных элементов, как

у аппаратов с трубчатыми и капиллярными мембранами, и свести процесс осадкообразования к минимуму. Результаты проведенных авторами исследований по созданию и испытанию аппарата с новой конструкцией мембранного канала и разработке на его основе технологий, позволяющих минимизировать процесс загрязнения мембран и эксплуатационные затраты, приведены в последних работах [3, 4].

Подводя итоги проведенного краткого анализа, можно сделать вывод, что существующая технология ультрафильтрации не является совершенной, и ее заданные параметры вызваны в основном «коммерческими» соображениями, что ведет к ущербу ее эффективности. Очевидно, что технология «тупиковой» фильтрации является результатом выбора производителями мембранных систем минимальных затрат. Переход к режиму рециркуляции ведет к увеличению эксплуатационных затрат и стоимости очищенной воды. Однако проведенные нами исследования показывают, что, проводя выбор режима эксплуатации ультрафильтрационных установок на основе оптимизации эксплуатационных затрат, учитывающей затраты на электроэнергию, химические промывки, чистую воду на собственные нужды, а также стоимость мембранных аппаратов, можно добиться приемлемых показателей и для режима с транзитным потоком (рис. 5).

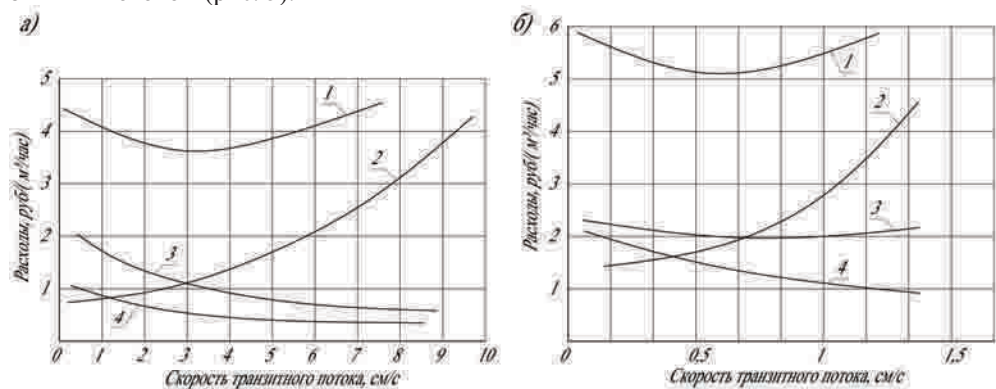


Рис. 5. Оптимизация эксплуатационных затрат в зависимости от скорости транзитного потока при циркуляционном режиме для установок с ультрафильтрационными (а) и нанофильтрационными (б) мембранами: 1 – эксплуатационные затраты; 2 – затраты на электроэнергию; 3 – затраты воды на собственные нужды; 4 – затраты на химические промывки

Наиболее эффективным и радикальным решением совершенствования ультрафильтрационных систем очистки поверхностной воды является отказ от ультрафильтрационных мембран в пользу нанофильтрационных. Как уже говорилось выше, значительное уменьшение размера пор и удельных потоков через мембрану существенно снижает влияние процессов закупоривания пор и осадкообразования на эксплуатационные характеристики установки. Кроме того, вследствие меньшего уровня концентрированной поляризации, работа в режиме рециркуляции требует существенно меньших значений транзитных скоростей, чем при ультрафильтрации. Наконец, нанофильтрационные мембраны обеспечивают высокую эффективность очистки воды по растворенным органическим веществам и загрязнениям в ионной форме (кальция, железа, стронция, аммония, силикатов и др.).

Опыт применения нанофильтрационных мембран трубчатого и капиллярного типа фирмами «РСІ» (Великобритания) и «Norig» (Нидерланды) при очистке поверхностных вод подтверждает высказанное положение [6]. Однако стоимость таких аппаратов и затра-

ты на эксплуатацию (электроэнергию и химические промывки) значительно превышают аналогичные затраты на технологию ультрафильтрации. Сделать технологию очистки природных вод методом нанофильтрации более экономичной можно путем применения мембранных аппаратов рулонного типа, обладающей лучшими гидравлическими характеристиками и низкой удельной стоимостью (на 1 м³ обрабатываемой воды).

Выводы

1. Снижение производительности ультрафильтрационных мембран идет в соответствии с механизмом образования осадка и линейного прироста сопротивления. Большое влияние на эффективность работы современных ультрафильтрационных установок оказывает процесс закупоривания пор мембран.

2. Выбранный режим «тупиковой» фильтрации с частыми промывками обратным током требует высоких эксплуатационных затрат, связанных с потерей мембранами производительности и большими объемами промывной воды.

3. Для повышения эффективности работы установок ультрафильтрации при очистке природных вод рекомендуется:

- использовать мембраны с меньшим размером пор;
- применять циркуляционный режим работы с оптимальным подбором скоростей транзитного потока;
- вести работы по снижению стоимости мембранных аппаратов и разработке новых «энергосберегающих» конструкций, стойких к осадкообразованию.

5. Для очистки поверхностных вод очень перспективным является использование мембранных аппаратов с «открытым» каналом.

Литература

1. Андрианов А.П., Первов А.Г. Оптимизация процесса обработки воды методом ультрафильтрации. // Водоснабжение и сан. техника. 2003. №6, стр. 7-9.
2. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. М. Химия, 1980.
3. Первов А.Г., Андрианов А.П., Юрчевский Е.Б. Совершенствование конструкций мембранных аппаратов // Водоснабжение и сан. техника. 2009. №7, стр. 62-68.
4. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г., Андрианов А.П., Пичугина М.А. Исследование технологических характеристик мембранных элементов с открытыми напорными каналами // Теплоэнергетика, 2009, №11, с. 46-52.
5. Aoustin E., Schäfer A.I., Fane A.G., Waite T.D. Ultrafiltration of natural organic matter. // Separation and Purification Technology. 2001. V. 22-23, p. 63-78.
6. Bruggen B., Hawrijk I., Cornelissen E., Vandecasteele C. Direct nanofiltration of surface water using capillary membranes: comparison with flat sheet membranes. // Separation and Purification Technology. 2003. V. 31. Issue 2, p. 193-201.
7. Guigui C., Rouch J.C., Durand-Bourlier L., Bonnelye V., Aptel P. Impact of coagulation conditions on the in-line coagulation/UF process for drinking water production. // Desalination. 2002. V. 147, p. 95-100.
8. Yuan W., Kocic A., Zydney A.L. Analysis of humid acid fouling during microfiltration using a pore blockage-cake filtration model. // J. Membrane Science. 2002. V. 198, p. 51-62.

Ключевые слова: загрязнение мембран; закупоривание пор мембран; мембрана; нанофильтрация; очистка воды; поверхностная вода; природная вода; промывка мембран; тангенциальный режим фильтрования; тупиковый режим фильтрования; ультрафильтрация

Keywords: cross-flow filtration; dead-end filtration; membrane fleshing; membrane fouling; membrane; nanofiltration; natural water; pore plugging; surface water; ultrafiltration; water treatment

Статья представлена Редакционным советом «Вестник МГСУ»

ДООЧИСТКА МОСКОВСКОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ: ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

MEMBRANE TECHNOLOGIES FOR MOSCOW TAP WATER POST-TREATMENT

А.П. Андрианов

A.P. Andrianov

МГСУ

На основе анализа существующих проблем качества водопроводной воды и требований различных категорий потребителей определены оптимальные области применения мембранных технологий для доочистки воды из московского водопровода.

Based on analysis of tap water quality drawbacks and requirements of different kinds of consumers the optimum fields of application of membrane techniques for Moscow tap water post-treatment were defined.

Проблема правильного выбора и эксплуатации систем доочистки водопроводной воды по-прежнему остается актуальной, в первую очередь это относится к бытовым водоочистным устройствам (фильтрам). Для рядового потребителя выбор осложняется тем, что производители, как правило, либо намеренно искажают информацию о характеристиках водоочистных устройств, либо указывают усредненные данные об эффективности и ресурсе фильтра, в то время когда качество очищаемой воды может существенно различаться. Более того, практика показывает, что представления большинства потребителей о существующих проблемах качества водопроводной воды и методах ее доочистки довольно далеки от мнений специалистов. Для потребителя одним из основных стимулов к приобретению установки или фильтра для очистки воды является субъективная оценка качества водопроводной воды у себя в квартире и на работе. Так, например, наличие накипи в чайнике часто ассоциируется с плохим качеством воды, что чаще всего не соответствует истине.

Области применения и характеристики систем очистки воды, прежде всего, определяются составом исходной (в нашем случае – водопроводной) воды и требованиями к качеству очищенной воды. В условиях г. Москвы системы доочистки предназначены для обработки водопроводной воды, которая должна отвечать требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, а также дополнениям №3 ГН 2.1.5.1093-02 (к ГН 2.1.5.689-98) и №1 ГН 2.1.5.2280-07 (к ГН 2.1.5.1315-03), то есть воды питьевого качества.

Прежде всего рассмотрим, какие могут возникать проблемы с качеством водопроводной воды в таком мегаполисе, как Москва, и что не устраивает жителей, пользующихся водой из крана для различных хозяйственно-питьевых нужд.

Часто потребители жалуются на неприятные запахи – хлорный, земляной, навозный и т.п. (преимущественно в весеннее время года); изменение вкуса (привкуса) воды; наличие цвета – ржавая, желтая, мутная вода (как правило, после проведения ремонтных работ внутри здания или на наружной водопроводной сети); наличие частиц,

песка, окалины и т.д. Наиболее распространены жалобы населения на запах воды, железо, ржавчину и ржавую воду и просто на неудовлетворительное качество питьевой воды (от 60 до 85 % всех жалоб, регистрируемых Мосводоканалом) [1].

Согласно приведенным в [1, 5, 7] данным, а также усредненным сведениям о качестве водопроводной воды, публикуемым на официальном сайте ГУП «Мосводоканал» [2], следует, что вода, выходящая со станций водоподготовки, в течение всего года по всем показателям отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Исключение составляют единичные случаи, связанные с периодическим повышением остаточного алюминия и хлороформа в очищенной воде. Необходимость применения увеличенных доз хлорсодержащих реагентов в периоды повышенной эпидемиологической опасности (жаркое время года, аварийные сбросы сточных вод в водоисточник) также может привести к превышению содержания тригалометанов в питьевой воде.

Следует отметить, что на московских станциях водоподготовки постоянно и весьма результативно ведутся работы по совершенствованию технологии очистки воды, направленные, в частности, на решение таких важных задач, как снижение концентрации хлороформа и остаточного алюминия, повышение ее бактериологической безопасности [5, 7]. Тем не менее, без масштабной реконструкции водопроводных очистных сооружений с переводом их на озono-сорбционную технологию представляется проблематичным обеспечение в течение всего года содержания в очищенной воде алюминия и хлороформа ниже значений ПДК (по ГН 2.1.5.1093-02, ГН 2.1.5.2280-07).

Однако применительно к московскому водопроводу, главная проблема остается в возможном ухудшении качества питьевой воды в процессе ее транспортировки потребителю. Это может быть вызвано следующим причинами:

- остаточные содержания (ниже ПКД) взвешенных веществ, алюминия, железа, микроскопических водорослей могут образовывать рыхлые отложения на стенках трубопроводов, которые периодически выносятся потоком воды и попадают к потребителю;

- в стальных трубах при взаимодействии металла с водой образуются отложения или продукты коррозии в виде соединений железа, что вызывает ухудшение качества воды по мутности, цветности, общему железу, в воде может присутствовать окалина, кусочки ржавчины; особенно это проявляется при резких изменениях скорости воды в трубопроводах, гидроударах, временном опорожнении трубопроводов;

- при длительном пребывании воды в распределительной сети, что сопровождается снижением величины остаточного хлора до крайне низких значений (вплоть до 0,1 мг/л), возможно развитие микробиологических загрязнений; повышение температуры воды (в летний период) значительно ускоряет этот процесс;

- также при длительном пребывании воды в водопроводной сети возможно появление затхлого запаха, помутнение воды, а также некоторое повышение концентрации хлороформа за счет продолжительного контакта воды с хлором;

- при авариях, нарушении целостности труб, неисправности арматуры и неправильной эксплуатации водопроводной сети возможно загрязнение водопроводной воды, подмешивание горячей воды в холодную.

Таким образом, целью доочистки водопроводной воды, во-первых, является улучшение ее потребительских качеств (умягчение, удаление привкусов и запахов, в т.ч. «хлорного»), более глубокое удаление вредных органических и неорганических примесей), а во-вторых, – нейтрализация возможного ухудшения качества воды после ее нахождения в распределительной сети города.

В настоящее время существует огромное количество водоочистных устройств, значительно отличающихся по стоимости, конструкции, производительности, техно-

логии и глубине очистки. В последнее десятилетие стали довольно популярны мембранные системы доочистки водопроводной воды, преимущественно установки обратного осмоса [3, 4, 6]. Из представленного на современном рынке стандартного бытового водоочистного оборудования системы на основе обратного осмоса остаются самыми престижными и дорогостоящими, то есть и продавец, и покупатель подразумевают под этим наилучшую эффективность по удалению всех возможных загрязнений и удобство эксплуатации. Существуют также установки, где для доочистки воды используется ультрафильтрационная мембрана.

Принцип действия баромембранных методов заключается в том, что вода, содержащая растворенные и нерастворенные примеси, продавливается через полупроницаемую перегородку (мембрану) под действием давления. Содержащиеся в воде примеси задерживаются на мембране и затем в виде концентрата сбрасываются в канализацию. Высокая степень очистки воды на мембранах обеспечивается благодаря малому размеру их пор. Материалом для изготовления мембран являются различные полимеры, керамика, металлокерамика.

Ультрафильтрационные мембраны имеют поры размеров 0,005 – 0,1 мкм и задерживают взвешенные и коллоидные вещества, бактерии, споры и вирусы, фито- и зоопланктон, высокомолекулярные органические соединения. Ультрафильтрацию целесообразно использовать как эффективную замену тонкой механической фильтрации в составе многоступенчатых систем доочистки водопроводной воды.

Обратноосмотические мембраны задерживают 90 – 99% растворенных в воде солей и органических соединений. Их использование позволяет решить многие задачи доочистки московской водопроводной воды, за исключением глубокого удаления низкомолекулярных органических соединений и запахов [3]. Так как обратноосмотические мембраны глубоко обессоливают воду, то на линии очищенной воды ставится специальный патрон-минерализатор, обогащающий воду нужными солями, в результате чего получается «искусственная» вода, что вызывает сомнение в рациональности такого подхода к очистке удовлетворительной по солевому составу московской водопроводной воды.

Следует отметить, что хотя вышеописанные мембраны и обладают обеззараживающим эффектом за счет механического задержания всех бактерий и вирусов, они не гарантируют полной стерильности очищенной воды из-за вероятности повторного размножения микрофлоры со стороны фильтрата в мембранных элементах, в накопительной емкости и шлангах и из-за возможных микропротечек через внутренние уплотнения корпусов мембранных аппаратов.

Рассматривая области применения бытовых систем доочистки воды, следует выделить из них две основные: вода для питьевых нужд и приготовления пищи и вода для хозяйственно-бытовых нужд.

При доочистке воды для питьевых нужд решаются следующие задачи:

- удаление всех взвешенных веществ;
- удаление железа во всех формах;
- снижение запахов и привкусов, в том числе удаление остаточного хлора;
- снижение содержания тяжелых металлов, основных органических примесей антропогенного происхождения, продуктов хлорирования и озонирования воды;
- удаление нефтепродуктов;
- обеззараживание воды (необязательная функция, в большинстве случаев достаточно обеспечить отсутствие повторного загрязнения очищенной воды в водоочистном устройстве).

С этими задачами прекрасно справляются нанофильтрационные мембраны, которые близки к обратноосмотическим, но имеют более крупные поры, задерживающие преимущественно многовалентные ионы. При использовании нанофильтрационных мембран соленосодержание воды снижается на 40-80%, а не на 90-99%, как при обратном осмосе. При доочистке московской водопроводной воды их целесообразно применять для снижения содержания хлорорганических соединений – продуктов хлорирования воды, а также для умягчения воды (для котельных, водонагревателей, оборудования столовых и кафе и т.п.). При приготовлении питьевой воды умягчать московскую воду нет необходимости, так как она имеет жесткость 2,0 – 5,5 мг-экв/л [2], близкую к оптимальной для человека.

Эффективным и простым методом удаления запахов, привкусов, побочных продуктов хлорирования и озонирования, тяжелых металлов, органических примесей антропогенного происхождения является сорбция. В бытовых фильтрах наиболее применяемым сорбентом является активированный уголь. Этот метод, благодаря своей простоте, универсальности и относительной дешевизне остается практически незаменимым в домашних системах водоочистки. Слабой стороной сорбционных фильтров является отсутствие возможности точно спрогнозировать или измерить момент исчерпания их сорбционной емкости. При длительной эксплуатации угольных фильтров в них возможно размножение бактерий, поскольку хорошо развитая поверхность загрузки из органического углерода представляет отличную среду для развития анаэробных микроорганизмов. Эффективность и безопасность применения сорбционных фильтров гарантируется главным образом своевременной заменой картриджа с сорбционной загрузкой [1].

Нанофильтрационные системы имеет смысл использовать для очистки воды на всё здание (жилой дом, офис, школу, детский сад и т.д.). Здесь преимущество мембран заключается, во-первых, в том, что они в одну ступень готовят воду высокого качества, а во-вторых, не требуют частого обслуживания и замены, как сорбционные фильтры. Мембранные установки можно дополнить сорбционными фильтрами, но уже только для удаления неприятных запахов. Эти фильтры будут работать уже на очищенной мембранами воде, поэтому они могут быть небольшого размера, но при этом их ресурс будет весьма велик.

Доочистка водопроводной воды для хозяйственно-бытовых нужд, прежде всего, необходима для продления срока службы сантехники и бытовых приборов. Для этого из воды должны быть удалены крупнодисперсные примеси, нерастворенное железо (продукты коррозии трубопроводов), частично или полностью удалены мелкодисперсные примеси.

С решением этих задач успешно справляются картриджные фильтры и ультрафильтрационные мембраны. Первые достаточно просты и экономичны (стоимость фильтра в сборе в зависимости от типа и производительности составляет от 300 до 3000 руб., сменного элемента – от 70 до 1000 руб.), однако требуют частой замены фильтрующих элементов. Мембранные установки стоят существенно дороже (от 20 до 30 тыс. руб.), но позволяют получить более высокий эффект очистки воды и не требуют обслуживания в течение нескольких лет. Затраты на эксплуатацию ультрафильтрационной установки состоят в замене мембран, производимой не чаще, чем один раз в 5 лет, и составляют примерно 30 – 40 % от стоимости установки. Если указанные факторы являются решающими для потребителя покупка ультрафильтрационной установки для доочистки всего расхода холодной и горячей воды в квартире вполне оправдана.