

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Факультет водоснабжения и гидромелиорации**

**Проблемы водоснабжения,  
водоотведения и энергосбережения  
в западном регионе Республики Беларусь**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
посвящённой 65-летию победы в  
Великой Отечественной войне**

**22–23 апреля 2010 г.**

**Брест 2010**

**Рецензенты:**

*Михневич Э.И.* – д.т.н., профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения БНТУ;

*Желяско В.И.* – д.с.-х.н, профессор, декан мелиоративно-строительного факультета БГСХА

**Редакционная коллегия:**

Басов С.В. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой ИЭиХ.

Водчиц Н.Н. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой СХГТМ.

Волчек А.А. – д.г.н., профессор, декан факультета водоснабжения и гидромелиорации.

Гуринович А.Д. – д.т.н., профессор.

Житенёв Б.Н. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой ВВиОВР.

Мешик О.П. – к.т.н., доцент кафедры СХГТМ.

Мороз М.Ф. – заместитель декана факультета водоснабжения и гидромелиорации.

Новосельцев В.Г. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой ТГВ.

Северянин В.С. – д.т.н., профессор.

Строкач Т.В. – начальник редакционно-издательского отдела.

Янчилин П.Ф. – м.т.н., ассистент кафедры ТГВ.

П26 Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов международной научно-технической конференции. – Брест: из-во БрГТУ, 2010. – 352 с.

**ISBN 978-985-493-151-7**

Сборник представляет доклады и статьи участников международной научно-технической конференции.

# ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

УДК 628.31.003.13

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В Г.П.КОММУНАР ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Белоусова Г.Н., Вострова Р.Н.*

*Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", г. Гомель*

The results of inspection of clearing structures in a settlement of Republic of Belarus are submitted. The unfitness to operation of some structures, complete deterioration of networks and equipment is proved. The recommendations for reconstruction with restoration of complete technological process of biological clearing superficial waters, directed on protection, from an exhaustion and pollution are developed.

В настоящее время значение пресной воды как природного сырья постоянно возрастает. При применении в быту и промышленности вода загрязняется веществами минерального и органического происхождения. Такую воду принято называть сточной. Строительство водоотводящих систем и очистных сооружений обуславливается необходимостью обеспечения нормальных жилищно-бытовых условий населения городов и населенных мест и поддержания хорошего состояния окружающей среды.

Приемниками сточных вод в основном служат водоемы. Сточные воды перед сбросом в водоем необходимо частично или полностью очистить. Как известно, в воде водоема содержится определенный запас кислорода, который может быть частично использован для окисления органического вещества, поступающего в водоем совместно со сточной водой. Водоем, таким образом, обладает некоторой самоочищающей способностью, т.е. в нем под воздействием микроорганизмов-минерализаторов могут окисляться органические вещества, но при этом содержание растворенного кислорода в воде будет падать. Не следует, однако, преувеличивать возможностей водоемов, в частности рек, в отношении приема больших масс сточных вод даже в том случае, если кислородный баланс позволяет осуществить такой сброс без окончательной их очистки. Любой, даже небольшой, водоем, как правило, используется для массового купания и имеет архитектурно-декоративное и санитарное значение.

В настоящее время большинство рек загрязнено сточными водами, поэтому самоочищающая способность рек сильно ограничена. Следовательно, степень очистки сточных вод на очистных сооружениях перед сбросом их в водоем строго регламентируется. Состав очистных сооружений зависит от пропускной способности, требуемого качества очистки сточных вод, выбранного метода обработки и используемого осадка, а также от местных условий и обосновывается соответствующими технико-экономическими расчетами.

Поскольку очистные сооружения являются одним из наиболее важных звеньев системы защиты окружающей среды от загрязнения неочищенными сточными водами, целью проведения исследовательской работы кафедры "Экология и рациональное использование водных ресурсов" УО Бел ГУТ является обследование очистных сооружений в поселке Коммунар Буда-Кошелевского района и разработка рекомендаций по их реконструкции.

В поселке Коммунар имеется централизованная система канализации. Сточные воды жилого поселка самотеком поступают в насосную станцию хозяйственно-фекальной канализации КНС № 2, а затем перекачиваются в магистральный коллектор птицефабрики. Производственные сточные воды перед сбросом проходят очистку на локальных очистных сооружениях. По магистральному коллектору сточные воды поступают в канализационную насосную станцию № 1 и затем на существующие очистные сооружения г.п. Коммунар.

Очистные сооружения были построены по проекту института "Гомельгражданпроект" и эксплуатируются с 1980 года. Очистные сооружения были рассчитаны на производительность 1400 м<sup>3</sup>/сут на полную биологическую очистку по традиционной схеме на базе однокоридорных двухсекционных аэротенков-вытеснителей с продольной аэрацией, сблокированных с отстойниками. В 1995 году институтом "Гомельгражданпроект" был разработан проект расширения очистных сооружений до 2000 м<sup>3</sup>/сут. Согласно проекту на площадке были дополнительно построены песколовки на два отделения и блок емкостей производительностью 700 м<sup>3</sup>/сут. В настоящее время в состав очистных сооружений входят: приемная камера размером в плане 0,93 x 1,36 м; две горизонтальных песколовки с круговым движением воды из 2-х отделений диаметром 4,0 м; блок биологической очистки (в составе двухсекционного аэротенка и вторичных отстойников); иловые площадки размером каждой карты в плане 9 x 66 м (в количестве 3 карты); песковая площадка; биологические пруды; производственно-техническое здание; помещение воздухоудовки; КНС перекачки иловой воды; одноэтажное здание лабораторного корпуса размерами в плане 12,0 x 24,0 м; двухэтажное здание хлораторной размерами в плане 6,0 x 10,5 м.

Обследование зданий и сооружений производилось для оценки соответствия показателей их эксплуатационных качеств требованиям проектной и нормативно-технической документации при определении пригодности зданий и сооружений к дальнейшей эксплуатации и определения износа на основании требований СНБ 1.04.01-04. При обследовании были выявлены дефекты, вызванные принятыми проектными решениями, повреждения зданий в результате физического износа, агрессивных воздействий среды, нарушения правил эксплуатации.

Обследование состояло из трех этапов: предварительный осмотр зданий и сооружений; общее обследование, детальное обследование.

По предварительному осмотру очистных сооружений в г.п. Коммунар была определена экономическая целесообразность проведения работ по реконструкции этих сооружений.

При общем обследовании проводился сплошной визуальный осмотр и фотографирование обследуемых конструкций, фиксировались все явные дефекты,



изучались планировочные и конструктивные решения зданий, производился анализ их соответствия проектной документации. По результатам осмотра произвели общую оценку технического состояния, износа конструкций и инженерных систем сооружений и зданий, составили дефектные ведомости.

В настоящее время приемная камера очистных сооружений находится в аварийном состоянии. Здание решеток отсутствует. Удаление осадка из песколовок осуществляется иловой водой, подаваемой насосной станцией с иловых площадок. В транспортируемых лотках отсутствуют щитовые затворы. В аэротенках не работает система аэрации. Эрлифты вторичных отстойников находятся в неисправном состоянии. Бетонная песковая площадка полностью заполнена водой, отсутствует система дренажа. КНС иловой воды затоплена и не подлежит реконструкции. Здания лабораторного корпуса и хлораторной имеют многочисленные и массовые дефекты, техническое состояние конструкций характеризуется IV категорией – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние, требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов и конструкций. Износ существующих сетей и оборудования составляет 100 %. Наличие помехохранилища птицефабрики вблизи биопрудов из-за инфильтрации приводит к вторичному загрязнению очищенной воды в биопрудах.

Сброс очищенных сточных вод осуществляется по самотечному коллектору диаметром 400 мм из железобетонных труб, а затем по открытой канаве и далее по рельефу местности в реку Журбицу, которая через 3 км впадает в реку Узу, являющуюся притоком реки Сож (бассейн реки Днепр). Река Журбица утратила свое рыбохозяйственное значение и для хозяйственно-питьевого водоснабжения не используется. Требования к степени очистки сточных вод при выпуске в реку Журбицу принимается, как для водоема культурно-бытового назначения. Сточные воды, поступающие на очистные сооружения имеют концентрации загрязняющих веществ, например, БПК<sub>5</sub> -272.0 мг/л; при сбросе в реку Журбицу БПК<sub>5</sub> -8,8 мг/л (протокол испытаний) при допустимых концентрациях на выпуске – 6,0 мг/л.

Обследование очистных сооружений в поселке Коммунар Буда-Кошелевского района доказало непригодность к дальнейшей эксплуатации некоторых зданий и сооружений, полный износ сетей и оборудования, а качество очищенных сточных вод не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к очистке. Разработка рекомендаций по их реконструкции с восстановлением полного технологического процесса биологической очистки направлены на защиту поверхностных вод от истощения и загрязнения.

Проектным республиканским унитарным предприятием "Белкоммунпроект" разработан проект реконструкции очистных сооружений г.п. Коммунар. Проектом предусмотрена глубокая биологическая очистка сточных вод с удалением биогенных элементов на существующих аэротенках с доочисткой на проектируемом блоке емкостей. Расчетная суточная производительность очистных сооружений канализации г.п. Коммунар составляет 2384 м<sup>3</sup>/сутки. Схема очистки сточных вод следующая: сточные воды после механической очистки (решетки, песколовки), поступают на биологическую очистку (аэротенки), где последова-

тельно проходят зоны дефосфации, нитрификации и денитрификации; затем направляются во вторичные отстойники и, далее, в проектируемый блок доочистки. Очищенные сточные воды обеззараживаются при помощи установки "Аквахлор-500" и сбрасываются в реку Журбинку, обеспечивая показатели качества очищенных сточных вод, допустимые к сбросу в водоем.

#### **Список использованных источников**

1. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения / Справочник под ред. Б.Н. Репина. – М.: Высшая школа, 1995. – 431 с.
2. Воронов, Ю.В. Водоотведение: учебник / Ю.В. Воронов [и др.] – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.
3. Воронов, Ю.В. Реконструкция и интенсификация работы канализационных сооружений / Ю.В. Воронов, В.П. Саломеев, А.Л. Ивчатов. – М.: Стройиздат, 1989. – 224 с.
4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Требования к качеству воды при нецентрализованном водоснабжении. Санитарная охрана источников: СанПиН 8-83-98 РБ-98. – Мн.: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 21 с.
5. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ-99. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 21 с.
6. Здания и сооружения. Основные требования к техническому состоянию и обслуживанию строительных конструкций и инженерных систем, оценка их пригодности к эксплуатации: СНБ 1.04.01-04. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2004. – 22 с.

УДК 556.531, 504.064:001.8

### **МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ В МЕСТАХ СБРОСА В НИХ СТОЧНЫХ ВОД**

***Богодяж Е.П.***

*РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, 81278@mail.ru*

This article presents the information about the practice of water quality impact monitoring in the Western Bug basin. The calculation of the mixing zone of river and waste water for r. Mukhavets produced. It is concluded that the net site of impact observations in the points of effluent discharge is not representative.

#### **Введение**

Промышленность, сельское хозяйство, транспорт и другие сферы экономики характеризуются крайне низким экологическим потенциалом производства, не обеспечивающим должный уровень очистки всех видов выбросов и удаления отходов. Из всех видов последствий воздействия антропогенных факторов загрязнение водных объектов является наиболее опасным. Основная масса загрязняющих веществ в водные объекты поступает в составе сточных вод различных производств. Поэтому важным и актуальным является получение достоверной информации о состоянии поверхностных вод, что обеспечивается системой мониторинга качества поверхностных вод.

## **Практика проведения локального мониторинга в местах сброса сточных вод в водные объекты**

С целью наблюдения за состоянием водных объектов в районах расположения и влияния источников вредного воздействия, т.е. сбросов сточных вод, проводится локальный мониторинг поверхностных вод. Наблюдения за качеством поверхностных вод в местах сброса в них сточных вод производятся в контрольных створах водного объекта, расположенных 500 м выше и 500 м ниже по течению источника сброса сточных вод, согласно [1]. Створ, расположенный выше выпуска сточных вод в водный объект, называется фоновым. Для выявления негативного воздействия сточных вод на водоток анализ качества воды водного объекта производится при сравнении данных в контрольном створе 500 м ниже выпуска сточных вод с аналогичными в фоновом створе.

По данным Государственного Водного Кадастра, в бассейне реки Западный Буг предприятия имеют 26 прямых выпусков сточных вод в водные объекты [2], из них 10 выпусков сточных вод предприятий входят в программу локального мониторинга. В основном это предприятия жилищно-коммунального хозяйства.

## **Методы оценки негативного влияния сбросов сточных вод на качество поверхностных вод**

При сбросе сточных вод в водотоке образуются зона загрязнения и зона влияния. Формирование зоны загрязнения происходит постепенно, начиная с момента ввода в действие сбросных сооружений (сначала она расширяется, а затем приобретает более или менее стабильный характер). В зоне влияния в среднем во времени концентрации загрязняющих веществ не превышают нормы. Пятна загрязнения отделяются от зоны загрязнения и перемещаются как к периферии зоны влияния, так и в других направлениях. Поступая в реку, загрязняющие вещества распределяются вдоль потока неравномерно, колеблясь от максимальной величины до минимальной, поэтому следует учитывать степень смешения сточных вод с речными.

Одним из наиболее важных критериев репрезентативности контрольных створов наблюдений за качеством речных вод следует считать его положение относительно створов достаточного или гарантированного (80 %), полного (100 %) смешения речных и сточных вод. Местоположение этих створов и распределение концентраций загрязняющих веществ в этих створах и на всем загрязненном участке реки определяют путем расчета разбавления.

Существует ряд методов для количественной оценки процесса разбавления сточных вод в реках и для определения зон загрязнения и зон влияния. Методы расчёта смешения (разбавления) основаны на решении системы дифференциальных уравнений, описывающих процесс турбулентной диффузии для плоской или пространственной задачи. Они позволяют определить концентрацию загрязняющего вещества и коэффициент смешения в любом сечении водотока, а также расстояние от места выпуска сточных вод до створа гарантированного (или полного) перемешивания. В частности, это метод М.А. Бесценной, метод Л.П. Пааля и В.А. Сууркаса, метод И.С. Шахова и В.В. Моркова, метод Н.Н. Лапшева, метод А.В. Караушева, экспресс-метод ГГИ, метод УралНИИВХ и др. [3]. При

использовании любого метода для расчетов основными параметрами, влияющими на процесс и характер смешения сточных вод с речными, а также на ширину зоны смешения и ее распространение, являются водный режим реки, объем сброса сточных вод, морфометрия русла и поймы реки.

### Расчет зон смешения сточных вод с речными

Остановимся на методе В.А. Фролова и И.Д. Родзиллера как наиболее приемлемом для условий Беларуси и не требующем большого количества исходной информации [4]. С его помощью автором был произведен расчет гарантированного смешения речных и сточных вод для упомянутых выше выпусков сточных вод.

Сточные воды принимают следующие водотоки: Мухавец (5 выпусков), Пульва (2 выпуска), Рита, Лесная, Западный Буг (по 1 выпуску). В данной статье приведены расчеты для р. Мухавец, как имеющей наибольшее количество выпусков сточных вод из перечисленных водотоков. Исходя из того, что река может находиться в различных периодах водности (от высокой до низкой), при расчетах были приняты следующие расходы:

- 1 вариант – расход летне-осенней межени среднемноголетний;
- 2 вариант – расход летне-осенней межени в год 95% вероятности превышения (ВП);
- 3 вариант – расход 50% ВП,
- 4 вариант – расход 1% ВП.

Результаты расчетов приведены в таблице.

**Таблица – Результат расчета гарантированного смешения речных и сточных вод для выпусков сточных вод в водотоки бассейна Западного Буга, входящих в программу локального мониторинга**

№ п.п	Название водотока, принимающего сточные воды	Наименование выпуска сточных вод	Расстояние от выпуска сточных вод до створа гарантированного смешения (вниз по течению), км			
			1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
1	Мухавец	РУП «Брестэнерго», Брестские тепловые сети	1,7	2,7	1,8	1,4
2	Мухавец	Брестское КУП водопроводно-канализационного хозяйства «Водоканал»	1,1	2,0	1,2	0,9
3	Мухавец	ОАО «Жабинковский сахарный завод»	0,8	1,3	0,8	0,6
4	Мухавец	КУПП «Кобринрайводоканал»	3	4,4	3,1	2,5
5	Мухавец	Филиал Пружанского КУПП «Коммунальник» («Водоканал»)	2,4	6	6,9	2,2

### Выводы

Как видно из таблицы, гарантированное смешение сточных вод с речными происходит на достаточно большом расстоянии, оно изменяется от 0,6 до 6,9 км. То есть контрольные створы, расположенные 500 м ниже по течению источников сбросов сточных вод, находятся в зоне, где еще не произошло гарантированное смешение. Таким образом, данные контрольные створы не являются репрезен-

тативным и для последующего анализа негативного влияния сбросов сточных вод на качество поверхностных вод, требуется разработка новых методологических подходов при выборе места расположения контрольных створов локальных наблюдений за качеством поверхностных вод в местах сброса сточных вод.

### **Список использованных источников**

1. Инструкция о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду: утв. М-вом природ. ресурсов и охраны окружающей среды 01.02.2007, № 9: введ. в действие с 01.07.2007. – Минск.

2. Фактическое водопользование и сброс сточных вод в Республике Беларусь (за 2008 г.). ЦНИИКИВР, Минск, 2009. – 43 с.

3. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 286 с.

4. Богодяж, Е.П. К вопросу выбора места для контрольных створов локального мониторинга на водотоках в местах сброса в них сточных вод / Е.П. Богодяж // Экологическая безопасность: проблемы и пути решения: сборник научных статей V Международной научно-практической конференции, Алушта, 7-11 сентября 2009 г.: в 2 т. / УкрНИИЭП. – Харьков: Райдер, 2009. – Т. 2. – С. 87-90.

УДК 626.826, 631.826

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС**

***Боровиков А.А.***

*Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, РБ, boral@tut.by*

Among actual environmental problems on the first place protection of underground waters against pollution and an exhaustion is put forward. To maintenance of protection of an environment in separately taken region from technologically fatal consequences are applied grout curtain.

Среди экологических проблем современности на первое место выдвигается защита подземных вод от загрязнения и истощения. Постоянно растет антропогенная нагрузка на водосборы в результате интенсивного развития промышленного, коммунального и сельского хозяйства.

В результате интенсивной промышленной и хозяйственной деятельности происходит истощение и загрязнение ресурсов природных вод в значительных размерах. Ухудшению гидрохимического состояния верхних водоносных горизонтов способствуют как промышленные стоки с содержащимися в них вредными и даже токсичными (фенолы, диоксины, соли тяжелых металлов и др.) веществами, так и стоки крупных животноводческих предприятий. В Республике Беларусь, по данным [1], до 80% обследованных шахтных колодцев содержат

нитратный азот в концентрациях, превышающих ПДК в 1,3...7,4 раза. Наиболее высокие средние концентрации наблюдаются в колодцах Минской – 3,8 ПДК, Брестской – 3,7 ПДК и Гомельской – 3,0 ПДК областях. В Могилевской, Гродненской и Витебской областях загрязнение грунтовых вод нитратами несколько ниже, соответственно по областям – 2,3; 2,2 и 2,0 ПДК.

Очевидно, что дальнейшее развитие промышленности и сельскохозяйственного производства существенным образом определяется количественным и особенно качественным состоянием водных ресурсов. Первостепенное значение при этом имеют ресурсы пресных подземных вод, сосредоточенных в верхней части осадочной толщи и являющихся основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Оценка естественной защищенности подземных вод от загрязнения относится к числу важных хозяйственных задач. В настоящее время процессы техногенного воздействия на подземные воды превратились из локальных в региональные, поскольку расположение бассейна подземных вод не подчинено административно-территориальному делению.

Фильтрация промышленных стоков кроме изменения свойств природных грунтовых вод существенно влияет и на свойства горных пород, изменяя их физико-механические и химические свойства, что может негативно сказаться на устойчивости защитных сооружений.

Строительство крупных животноводческих комплексов с использованием гидросмыва создает проблемы хранения и использования животноводческих стоков. Жидкие стоки поступают в навозохранилище или резервуары очистных стоков (РОСы), откуда, при необходимости, используются для орошения.

При строительстве этих сооружений должны быть обеспечены условия, максимально снижающие загрязнение подземных вод животноводческими стоками, поступающими через ложе и борта накопителей стоков.

Кроме того, нередки случаи, когда при строительстве малых водоемов также встает вопрос об экранировании их ложа ввиду повышенной фильтрации грунтов основания.

Типовыми проектами противофильтрационное экранирование РОСов и навозохранилищ предусматривается осуществлять с помощью стабилизированной полиэтиленовой пленки. Однако в начале 90-х гг. появились проблемы со снабжением мелиоративного строительства полиэтиленовой пленкой, а затем ее применение резко ограничили из-за возросшей стоимости. В связи с этим возникла проблема замены полиэтиленовой пленки на более дешевый и менее дефицитный материал. Одним из возможных вариантов являются местные грунты, залегающие на месте строительства или в непосредственной близости от него.

Повсеместное распространение глинистых грунтов, их низкая стоимость разработки и, главное, малая водопроницаемость позволили широко использовать их для устройства противофильтрационных экранов. Считается, что глинистые экраны и подстилающие их слабопроницаемые глинистые грунты, залегающие как в зоне аэрации, так и в разделяющих водоносные горизонты слоях, их мощность и фильтрационные свойства служат основным препятствием для проникновения

загрязняющих отходов в водоносные горизонты. Однако, как показывает обзор научной литературы, вопрос о проницаемости глинистых пород изучен недостаточно. Процесс фильтрации в них характеризуется большой сложностью, и долгое время они считались абсолютно водонепроницаемыми. Но уже в конце 40-х годов появились работы, свидетельствующие о том, что вертикальная фильтрация через глинистые толщи в определенных условиях может быть существенной [2].

Следует отметить, что жирных глин и суглинков, обычно используемых в гидротехническом строительстве при устройстве противофильтрационных устройств [3], в районе строительства обычно недостаточно.

Фильтрация промышленных вод из накопителей происходит через дно и частично откосы дамб. Поэтому для защиты подземных вод хранилища устраивают в местах, где на пути миграции загрязненные воды встречаются природные препятствия, не пропускающие или затрудняющие проникновение их в водоносный горизонт как с поверхности земли (дна хранилища), так и из областей питания. К основным природным защитным факторам относятся: наличие в грунтах основания защитных сооружений слабопроницаемых отложений (их фильтрационные свойства), поглощающие (сорбционные) свойства пород, соотношение водоносных горизонтов и пр.

Степень проницаемости глинистых пород значительно различается при фильтрации через них пресных и минерализованных вод. Исследованиями ряда авторов установлено, что глины при одних и тех же градиентах напора практически могут не пропускать пресные воды и фильтровать соленые или рассолы. При этом в зависимости от состава рассолов и глинистых минералов также резко меняются фильтрационные свойства глин и суглинков. При фильтрации хлоридных натриевых рассолов изменение фильтрационных свойств песчано-глинистых отложений по сравнению с пресными водами значительно больше (в 5...10 раз), чем при фильтрации хлоридных кальциевых растворов (в 1,5...2 раза). Особенно резко возрастает проницаемость монтмориллонитовых глин (в 10 раз и более) и в меньшей степени (в 1,5...3 раза) – каолинитовых. Кроме того, и температура фильтрующейся воды влияет на проницаемость глин. Так, рост температуры от 20 до 30 °С ведет к увеличению проницаемости монтмориллонитовых глин в 10, а иногда в 100 раз [4].

При защите водных ресурсов (рек, озер, водоемов, подземных вод) от загрязнения животноводческими стоками, отходами вредных производств, например, при строительстве атомных электростанций, нефтехимических производств, предприятий цветной и черной металлургии, других отраслей промышленности; для понижения уровня грунтовых вод, сокращения потерь воды в результате ее фильтрации из верхнего бьефа в нижний, а также обеспечения охраны природной среды в отдельно взятом регионе от технологически пагубных последствий применяются противофильтрационные завесы.

Завесы устраиваются путем забивки шпунтовых стенок, замораживания водонасыщенных грунтов, инъекции грунтов различными растворами и эмульсиями. Все большее распространение получает прогрессивный способ устройства траншейных и свайных стенок методом «стена в грунте».

При строительстве противofильтрационных завес способом «стена в грунте» используются различные заполнители: твердеющие (бетон, железобетон, асфальтобетон, шлакобетон, глиноцементные и другие смеси) и нетвердеющие (полимерные материалы, комовая глина, различные глиногрунтовые композиции). Выбор того или иного материала основывается на требуемых параметрах противofильтрационной завесы (ее прочности, пластичности, фильтрационных свойств), наличии его вблизи места строительства, затратах труда на устройство завесы, стоимости материала завесы и др.

В современной практике строительства противofильтрационных завес способом «стена в грунте» уже освоены глубины до 130 м. При глубине менее 5...8 м применение способа «стена в грунте» обычно не дает существенных технико-экономических преимуществ и в практике строительства не встречается. Это объясняется сложностью технологического процесса и сравнительно высокой стоимостью применяемых материалов для приготовления тиксотропной суспензии, в частности, бентонитовой глины.

Для приготовления суспензий применяют грунты, в которых мелкие частицы способны связывать и удерживать большое количество воды. Проведенные исследования показали, что многие биогенные грунты и композиционные составы на их основе могут быть успешно применены для приготовления суспензий. Биогенные грунты – это современные органо-минеральные отложения осадочного происхождения с повышенным содержанием органического вещества. В силу постоянно изменяющихся условий образования, биогенные грунты неоднородны по своему генезису, составу, строению и состоянию. В пределах одного геометрического и даже генетического слоя эти грунты характеризуются сильной вариабельностью показателей, что является следствием изменяющихся во времени условий их образования и переотложения в отдельные периоды.

Свойства биогенных грунтов обуславливаются соотношением продуктов распада и неразложившейся части органической составляющей, а также характером внутриагрегатных и межагрегатных связей, которые и определяют структуру грунта и соответственно его свойства. Специфика свойств биогенных грунтов обусловлена их высокой влажностью и пористостью. Основной объем содержащейся в них воды связывается и удерживается органической составляющей этих грунтов. Минеральная составляющая связывает несопоставимо меньшее количество воды в сравнении с органической.

Успешное использование их для этих целей возможно при условии знания характерных особенностей их свойств и состава для целей управления процессом приготовления устойчивых суспензий, то есть требуется изучить их свойства, состав и установить, какие показатели состава и свойств определяют требования для создания суспензий и возможность расчета составов [5].

В ранее выполненных работах кафедры ГТС и водоснабжения УО «БГСХА» показана возможность использования отложений озер – сапропеля при возведении противofильтрационных завес способом «стена в грунте», как более дешевую альтернативу из нетвердеющих заполнителей.

Республика Беларусь располагает большим количеством сапропелепродуктивных озер, в которых сосредоточены значительные запасы сапропелей. Запасы сапропелей предположительно составляют 2,6 млрд. м<sup>3</sup>, из них по областям: Брестская – 137,2 млн. м<sup>3</sup>, Витебская – 1879,4 млн. м<sup>3</sup>, Гомельская – 88,8 млн. м<sup>3</sup>, Гродненская – 81,6 млн. м<sup>3</sup>, Минская – 394,1 млн. м<sup>3</sup>, Могилевская – 16,9 млн. м<sup>3</sup> [6].



Разведанные запасы сапропелей в республике составляют 75%. Высокий процент разведанности объясняется тем, что оценка ресурсов выполнена преимущественно для крупных озер, в то время как в республике преобладают в основном малые по площади водоемы - до 20 га. Изученность малых водоемов невелика и колеблется по областям - от 2,9 до 12,0%.

Территориальное распределение запасов сапропелей и результаты выполненных ранее исследований (тиксотропных, прочностных, фильтрационных) указывают на целесообразность использования сапропелей при строительстве противofильтрационных завес способом «стена в грунте» [7].

### **Список использованных источников**

1. Ковш, П.В. Очистка подземной воды от различных загрязнителей: Материалы научнотехнической конференции «Водные ресурсы и устойчивое развитие экономики Беларуси» / П.В. Ковш, В.Н. Ануфриев. – Минск, 1996. – Т. 2.
2. Гольдберг, В.М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М. Гольдберг, С. Газда. – М.: Недра, 1986. – 160 с.
3. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.
4. Бриллинг, И.А. Исследование переноса водных солевых растворов в порах глинистых грунтов // Вестник МГУ. Сер. геол. – 1967. – №2. – С. 90-99.
5. Боровиков, А.А. Исследование буровых суспензий на основе сапропеля для строительства противofильтрационных завес способом «стена в грунте» / А.А. Боровиков // Социально-экономические и экологические проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию закладки первого гончарного дренажа на террит. России, Горки, 29–31 мая 2003 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2004. С. 190–193.
6. Лопотко, М.З. Сапропели в сельском хозяйстве / М.З. Лопотко, Г.А. Евдокимова, П.Л. Кузьмицкий. – Мн.: Навука і тэхніка, 1992. - 216 с.
7. Нестеров, М. В. Применение противofильтрационных завес, возводимых методом «стена в грунте» с использованием сапропелей: рекомендации по проектированию и строительству мелиоративных и водохозяйственных объектов. – Горки: Белорусская государственная с.-х. академия, 2002. 80 с.

УДК 630\*233:630\*144.462

## **ВЛИЯНИЕ ПОКРОВНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ГРУНТА НА СНИЖЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ**

***Босак В.Н.***

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [bosak-viktor@rambler.ru](mailto:bosak-viktor@rambler.ru)*

Degradation of ameliorated peat soil in Polesye is one of the main environmental problems. As a result of studying the effect of cover of mineral ground of different capacity applied to the surface of the peat soil it was investigated that its covering with a 20-cm layer of sandy loam protects peat from unproductive losses of organic substance effectively enough and creates favourable conditions for the growth of agricultural crops.

## **Введение**

По современным оценкам в Белорусском Полесье происходит масштабная трансформация почв, суть которой заключается в существенном и необратимом уменьшении содержания и запасов органического вещества и гумуса. Как показали итоги полной инвентаризации мелиоративных систем, выполненной Белгипроводхозом, в результате вышеупомянутых процессов к настоящему времени в республике деградировало около 223 тыс. га торфяных почв, в том числе 86,2 тыс. га в Брестской и 66,0 тыс. га в Гомельской областях. По прогнозам Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, к 2020 году следует ожидать увеличения площадей деградированных торфяников примерно на 12% [1].

Опыт показывает, что ежегодные потери органического вещества мелиорированных торфяников составляют в среднем от 2 до 6% в верхнем (пахотном) слое в зависимости от способа хозяйственного использования этих земель.

Наиболее радикальным способом сохранения органического вещества торфа считается нанесение слоя минерального грунта на поверхность торфяных почв, которое может быть осуществлено путем извлечения его из-под торфяной залежи при глубокой вспашке или доставкой из суходольных участков. Однако вспашка не позволяет избежать перемешивания, а доставка из суходолов связана с большими материальными затратами и становится нерентабельной [2].

В Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси на основании ряда исследований коллективом авторов был разработан новый, уникальный способ сохранения органического вещества торфа с учетом имеющихся недостатков предыдущих методов, на который в 2007 году в Национальном центре интеллектуальной собственности было получено 2 патента на изобретения [3]. В настоящей работе рассмотрены некоторые вопросы, связанные с сутью данных изобретений.

## **Результаты и обсуждение**

Естественно, если ставится задача только консервации торфа, то желательно наносить более мощный слой грунта, который будет надежнее предохранять торф от минерализации. Однако вопрос следует рассматривать в плане получения максимальной отдачи от почвы при минимальной минерализации органического вещества. В связи с этим необходимо определить оптимальную мощность слоя минерального грунта, отвечающую обоим этим требованиям.

Для изучения влияния мощности минерального грунта, наносимого на торфяную залежь, на тофяном месторождении «Хабы» в Брестском районе были заложены три площадки размером 5×6 м. На площадках, обозначаемых далее 2.1, 2.2 и, годом позже, 2.3 с помощью погрузчика Д-451 выполнены траншеи глубиной 10, 20 и 30 см и заполнены минеральным грунтом. Грунт по механическому составу, определенный в полевых условиях по методу раскатывания шнура, относится к супеси.

Результаты определения эмиссии CO<sub>2</sub> на опытных площадках в 2004 и 2005 годах приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Эмиссия CO<sub>2</sub> на опытных площадках, в полевых условиях**

Дата проведения опыта	Количество выделившегося CO <sub>2</sub> на площадках за 1 час, мг			
	К	2.1	2.2	2.3
15.07.2004	22,713	-	15,339	-
30.07.2004	20,869	19,667	16,429	-
17.08.2004	30,452	27,423	13,783	-
08.09.2004	26,238	17,155	13,529	-
22.09.2004	13,473	11,144	6,678	-
31.05.2005	21,421	19,316	22,253	12,324
30.06.2005	25,931	22,084	15,067	20,746
02.08.2005	27,775	29,543	25,482	-
08.09.2005	22,573	24,738	20,936	-

Из таблицы видна более выраженная разница в количестве выделившегося CO<sub>2</sub> на площадках в 2004 году, когда опыты проводились во второй половине сезона и площадки не были покрыты растительностью. Минеральный грунт после укладки не был перемешан.

В сезоне 2005 года опыты проводились в первой половине вегетационного периода. Площадки 2.1 и 2.2 были заняты посевами озимой пшеницы. Минеральный грунт, особенно на площадке 2.1, был частично перемешан с торфом за счет передвижения по площадкам при проведении работ по отбору проб, измерению температуры, закладке испарителей и др. По-видимому, по этим причинам разница в выделении CO<sub>2</sub> на опытных площадках была менее заметной.

Определение эмиссии CO<sub>2</sub> 02.08.05 и 08.09.05 проводилось после уборки пшеницы. Поверхность площадок несколько взрыхлилась. По-видимому, поэтому количество выделившегося CO<sub>2</sub> на площадках отличалось незначительно. Но на площадке с большим слоем минерального грунта оно было меньше, чем на контроле.

Следует отметить, что в пшенице на опытных площадках 2.1 и 2.2 практически не было сорняков. Здесь проявлялось защитное действие минерального грунта в борьбе с сорняками.

Как известно, температурный режим верхних слоев почв определяется теплообменом приземных слоев воздуха с поверхностью почв. Для исследования параметров этого обмена были разработаны методика и приборы [4].

Полученные данные показали, что суточная амплитуда колебаний температуры на поверхности торфяной почвы (h=0) составила около 45°C. В то же время такая же амплитуда для приземного слоя воздуха на высоте 2 м (h=200) не превышала 25°C. Это объясняется прежде всего тем, что торфяные почвы имеют малую величину альбедо и относительно низкий коэффициент теплопроводности, и что при ясной погоде основной вклад в теплообмен на поверхности почв вносит радиационный обмен. Амплитуды колебаний температуры уменьшаются с увеличением глубины погружения в почву и уже на глубине 10 см они составляют приблизительно 5°C, а на глубине 20 см – менее 1°C.

Анализ полученных результатов показал, что температурный минимум на поверхности наблюдается перед восходом солнца. Уже на глубине 0,2 м температура практически не изменялась. Таким образом, температурный режим верхнего слоя торфяных почв определяется в основном его свойством на глубине 0-0,2 м.

Резкое снижение теплопроводности торфяных почв при понижении их влагосодержания способствует перегреву этих почв до 45 °С в дневное время и к переохлаждению ночью. За счет этих факторов минимальная температура торфяных почв может на 3-4 °С быть ниже соответствующей температуры минеральных почв.

Увеличение массовой доли песчаного компонента от 0 до 0,3 сопровождается повышением минимальной температуры поверхности почвы на 1,3-1,5 °С и снижением максимальной температуры почвы на 3 °С, что уменьшает иссушение верхнего слоя почвы в дневное время.

Исследования температурного режима на опытных площадках показали, что заметные изменения температуры на всех площадках имеют место до глубины 20 см. Эти результаты согласуются с данными [4], по которым песчаное покрытие в 13 см является достаточным для выравнивания температурных условий торфяных почв с минеральными. Другими словами, нанесение на торфяную почву минерального грунта слоем 15-20 см снижает вероятность появления на ней заморозков.

Как отмечает В. И. Белковский [5], проведенные исследования режима влажности в почвах, созданных глубокой вспашкой, свидетельствуют о более высоких запасах доступной растениям влаги по сравнению с исходным торфяником.

В почвах, созданных глубокой вспашкой, выпадающие осадки быстро отводятся через песчаные слои, часть их аккумулируется и долго удерживается торфяным слоем. Благодаря наличию песчаного экрана (пахотный слой), над аккумулирующими торфяными слоями значительно сокращается расход влаги на испарение. В условиях повышенных температур и недостаточного выпадения осадков с поверхности на контроле испарилось 84,9 мм влаги, а с трансформированной почвы – 48,7 мм.

Преобразование почвенного профиля приводит к своеобразному перераспределению в нем влагозапасов. В новом (песчаном пахотном слое) по сравнению с торфяным содержание влаги несколько уменьшается, в подпахотном, наоборот, увеличивается, а суммарные запасы доступной для растений влаги в почвенном профиле значительно возрастают.

Опыты по изучению влияния минерального грунта на торфяных почвах на биологическую активность и минерализацию органического вещества показали, что скорость минерализации органического вещества при слое песка в 10 см замедляется по сравнению с контролем примерно в 2 раза. Перемешивание торфа с песком приводит к ускорению процесса минерализации.

Исследования показали, что на площадках 2.1 и 2.2 за счет внесения минерального грунта влажность в верхних слоях уменьшилась, а зольность, естественно, увеличилась. Это изменение заметно до глубины 20-30 см. Важно отметить, что на глубине 30 см на опытных площадках влажность выше, чем на контрольной. Это значит, что в торфяных слоях под минеральным грунтом влага аккумулируется и используется растениями. Следует добавить, что верхние слои контрольной площадки были в значительной степени переосушены.

Для изучения испарения влаги на опытных площадках были установлены испарители. Данные по изменению веса испарителей на опытных площадках приведены в табл. 2. Из приведенных данных видно, что на контрольной площадке (без минерального грунта) и со слоем минерального грунта 10 см вес испарителей в зависимости от погодных условий то уменьшался, то увеличивался, на площадке со слоем минерального грунта 20 см вес испарителя хотя и незначительно, но все

время увеличивался. Этим подтверждается вывод о том, что минеральный грунт, нанесенный на поверхность торфяной залежи, уменьшает испарение с подпахотного горизонта. Это согласуется и с данными по влажности на глубине 20-30 см, где она на площадках с минеральным грунтом выше, чем на контрольной.

**Таблица 2 – Изменение веса испарителей на опытных площадках**

Площадка	Вес испарителя с грунтом, кг			
	8.09.2004	22.09.2004	31.05.05	13.07.05
К	3,950	3,600 (-0,350)	4,150 (+0,550)	4,100 (-0,050)
2.1	4,600	4,450 (-0,150)	4,700 (+0,250)	4,900 (+0,200)
2.2	8,820	5,100 (+0,280)	5,150 (+0,050)	5,200 (+0,050)

Таким образом, из результатов проведенных исследований следует, что покрытие торфяной почвы 20-сантиметровым слоем минерального грунта достаточно эффективно защищает торф от непроизводительных потерь органического вещества. С другой стороны, такая мощность супесчаного слоя не является препятствием для корневых систем подавляющего большинства сельскохозяйственных культур в достижении ими более плодородного и увлажненного торфяного слоя.

### **Список использованных источников**

1. Бамбалов, Н.Н. Проблемы сохранения органического вещества мелиорированных торфяных почв Полесья / Н.Н. Бамбалов // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1982. – Вып. 8. – С. 196–203.
2. Бамбалов, Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. / Н.Н. Бамбалов – Мн.: ННТ. – 1984. – С. 118–125.
3. Пат. 9669 ВУ, С1 2007.08.30. Способ снижения потерь органического вещества осушенных торфяников / Н.П. Ерчак, А.А. Волчек, В.Н. Босак, Н.А. Кот, заявители и патентообладатели Н.П. Ерчак, А.А. Волчек, В.Н. Босак, Н.А. Кот, ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси». – № а20040071, заявл. 09.02.04, опубл. 04.05.07, Бюл. № 4. – 3 с.: ил.
4. Бровка, Г.П., Дерюля, И.В., Свечевский, В.А. Исследование и прогнозирование заморозков на мелиорированных торфяных почвах / Г.П. Бровка, И.В. Дерюля, В.А. Свечевский // Природные ресурсы, 2000. № 1. С. 13 – 14.
5. Белковский, В.И. Пути трансформации маломощных торфяников в почвы с минеральным пахотным слоем методом глубокой вспашки / В.И. Белковский – Мн., 1983. – 44 с.

УДК 504.43/45.711.4

## **АНАЛИЗ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БРЕСТСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА р. НЕМАН**

**Булак И.А.**

*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, РБ, i\_bulak@mail.ru*

The article describes the characteristics of water economy infrastructure of the Brest part of the river Neman basin, which forms the basis for solving problems of rational water use and protection of water resources of the territory. Basic information about the objects of the water economy complex is shown in the schematic map, constructed using GIS technology.

## **Введение**

Основу водного хозяйства составляют водные ресурсы и водохозяйственный комплекс, включающий гидротехнические сооружения, обеспечивающие использование и охрану водных ресурсов.

Беларусь в целом обеспечена водными ресурсами, однако сталкивается со многими водными проблемами. Основными являются дефицит воды в некоторых районах в отдельные периоды, ухудшение качества водных ресурсов, наводнения и вредное воздействие вод, ухудшающееся аварийное состояние гидротехнических сооружений. Решение этих проблем необходимо осуществлять с учётом социальных, экономических и экологических аспектов.

Анализ мировой практики показывает, что бассейновый принцип управления водным хозяйством является наиболее эффективным и природно-обоснованным.

Бассейновый принцип закреплён принятой ЕС в декабре 2000 года Водной рамочной директивой Европейского Союза, которая объединила все современные подходы по управлению водными ресурсами [1].

Современное административно-территориальное деление республики не совпадает с гидрографическими границами бассейнов водных объектов.

Сочетание бассейнового и административного принципа управления водными ресурсами позволит обеспечить рациональное использование и охрану водных ресурсов как единого природно-хозяйственного комплекса при условии обеспечения экологической безопасности территории бассейна. Реализация такого управления предусматривается в схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Основной задачей разработки схем является определение водохозяйственных и иных мероприятий для удовлетворения перспективных потребностей населения и хозяйственной деятельности в водных ресурсах, обеспечения рационального использования и охраны вод, а также для предотвращения и ликвидации вредного воздействия вод.

В целях анализа возможностей использования водных объектов и разработки мероприятий по повышению эффективности их использования, возможностей защиты от вредного воздействия вод и разработки соответствующих мероприятий осуществляется сбор информации о водохозяйственной инфраструктуре рассматриваемого бассейна реки, включая:

- общие характеристики регулирующих емкостей и систем распределения (перераспределения) речного стока (объемы и площади водохранилищ, прудов, режимы переброски стока и т. д.);

- характеристики водозаборных сооружений (тип сооружения, место расположения, расход воды и т. д.);

- характеристики водозаборов подземных вод (год ввода в эксплуатацию, утверждённые запасы подземных вод, среднесуточный водоотбор и т. д.);

- характеристики трактов водоподач (уклон, длина, ширина, расход и т.д.);

- характеристики систем водоотведения (протяженность сетей водоотведения, объем сброса сточных вод, мощность очистных сооружений и т. д.).

## Водохозяйственная инфраструктура брестской части бассейна Немана

В бассейн р. Неман, для которого в настоящее время разрабатывается схема, в территориально-административном отношении частично или полностью входят 37 районов Гродненской, Минской, Брестской и Витебской областей республики. Брестская область представлена на территории бассейна 4 районами, и только один из них – Барановичский – входит в состав бассейна целиком, остальные частично (Ивацевичский район -51,1 %, Ляховичский -92,9 %, Пружанский -21,5 %).

Население в этой части бассейна составляет: в Барановичском районе - 212,8 тыс. человек, из них 171,3 тыс. городское; в Ивацевичском – 32,3 тыс. чел., из них 16,0 тыс. городское; в Ляховичском районе – 29,3 тыс. человек, из них 10,9 тыс. городское; в Пружанском районе – 12,1 тыс. человек, из них 5,2 тыс. городское.

В брестской части бассейна р. Неман находится 7 водохранилищ общей площадью 13,9 км<sup>2</sup>, полным объемом 19,8 млн м<sup>3</sup> (таблица 1). Все они относятся к типу малых, т.к. объем не превышает 10 млн м<sup>3</sup>. К русловому типу относятся шесть водохранилищ, к наливному – одно. В хозяйственном отношении водохранилища используются в целях орошения, рекреации, рыборазведения [2].

**Таблица 1 – Основные параметры водохранилищ**

№	Название	Район	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	Полный объем, млн м <sup>3</sup>	Состав сооружений гидроузла
1	Гать	Барановичский	1,75	3,2	Плотина, водосброс, ГЭС
2	Кутовщина	Барановичский	1,0	1,4	Плотина, дамба, водосброс, водовыпуск, ГЭС
3	Репихово	Ляховичский	1,1	2,0	Ограждающая дамба, водосброс, водовыпуски
4	Миничи	Ляховичский	5,4	7,5	Плотина, водосброс, водозабор, насосная станция
5	Паперня	Пружанский	1,8	2,0	Плотина, дамба, водосброс, ГЭС
6	Домановское	Ивацевичский	1,5	1,8	Плотина, ограждающие дамбы, водосброс, ГЭС
7	Чемелинское	Ивацевичский	1,3	1,8	Ограждающая дамба, водозабор, водовыпуск

Общее число прудов – 46, с площадью 7,4 км<sup>2</sup>, объемом 8,7 млн м<sup>3</sup>, большая их часть находится в Барановичском районе. Большинство прудов относится к категории малых (площадью менее 10 га) – 25, средних (10,1-30,0 га) всего 18, и 3 относятся к категории крупных. По типу преобладают русловые (35 против 11 наливных). Большинство прудов имеют хозяйственно-бытовое назначение, а также используются для орошения.

Основными показателями, которые служат для характеристики системы водоснабжения изучаемой территории, являются количество водозаборов, количество артскважин, их общая мощность, объем забранной и переданной воды. На основании обобщения данных районных предприятий ЖКХ составлена таблица 2, характеризующая современное состояние системы водоснабжения.

Водоподготовка представлена станциями обезжелезивания в г. Барановичи (3 станции мощностью 72 тыс. м<sup>3</sup>/сут.), Ивацевичи, г.п. Ружаны (1200 м<sup>3</sup>/сут.), дд. Арабовщина (110 м<sup>3</sup>/сут.), Дарево, Жеребковичи, Липск (все три – по 200 м<sup>3</sup>/сут.).

В г. Барановичи централизованным водоснабжением в 2009 г охвачено 95 % населения, в г. Ляховичи – 93,5 %, в г. Ивацевичи – 86 %, в г.п. Ружаны – 98,9 %.

Система водоотведения представлена ливневой канализацией (г.г. Барановичи, Ивацевичи), хозяйственно-бытовой канализацией, очистными сооружениями сточных вод. Охват населения очистными сооружениями велик в городах (97 % в г. Барановичи, 100 % в г. Ивацевичи, 93,5 % в г. Ляховичи). В сельской местности данный показатель колеблется в основном в пределах 60-80 %. В г. Барановичи 35 предприятий отводят свои сточные воды на очистные сооружения, в г. Ивацевичи – 5, в г. Ляховичи – 2; доля промышленных стоков в общей массе сточных вод составляет соответственно 9,3 %, 34 %, 8,4 %. Наиболее сложен в технологическом плане состав очистных сооружений в г. Барановичи, где проводится полная биологическая очистка с использованием аэротенков с доочисткой на биопрудах, в других населенных пунктах очистные сооружения состоят в основном из приемной камеры, песколовок, отстойников, полей фильтрации.

**Таблица 2 – Характеристика основных показателей системы водоснабжения**

Район	Количество водозаборов	Количество артезианских скважин	Общая мощность, м <sup>3</sup> /сут	Забрано, м <sup>3</sup> /сут.	Передано, м <sup>3</sup> /сут.
Барановичский	38	149	106850	36381	34872
Ивацевичский	27	52	6620	5579	5214
Ляховичский	29	52	14664	2592	2156
Пружанский	10	11	2508	501	186
Всего	104	264	130642	45053	42428

Протяженность сетей водоотведения составляет 1-3 км в сельской местности, 20-30 км в городах, в г. Барановичи – свыше 130 км.

### **Картосхема с объектами водохозяйственной инфраструктуры**

В целях обобщения полученной информации с использованием ГИС-технологий создана электронная картосхема (рисунок 1), отражающая водохозяйственную ситуацию изучаемой территории, где каждой теме присуща определенная таблица данных.

Атрибутивные таблицы содержат следующую информацию:

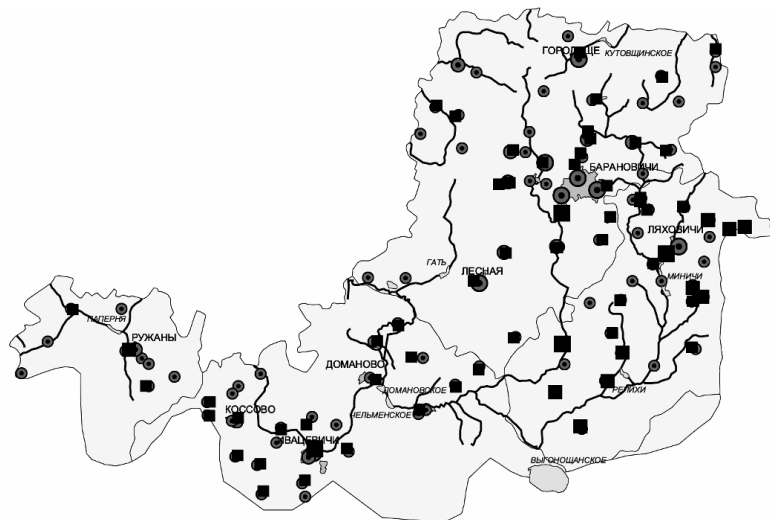
темы «водохранилища» - название, принадлежность к бассейну реки, отметка НПУ, площадь зеркала, длина, ширина, полный и полезный объемы воды, тип и назначение, год ввода в эксплуатацию;

темы «водозаборы» - название, количество артезианских скважин, их мощность, средняя глубина, объемы забранной и переданной воды;

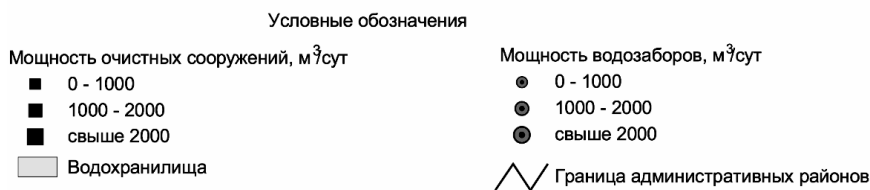
темы «очистные сооружения» - название, мощность, площадь ОС, принятый объем сточных вод.

Приведенные выше сведения и электронная карта являются лишь частью полного объема социальной, водохозяйственной и экологической информации, входящей в информационно-справочную базу данных бассейна р. Неман, которая имеет первостепенное значение для последовательного эффективного решения задач по обеспечению рационального использования и охраны водных ресурсов.





*Рисунок 1 – Карто-схема водохозяйственной инфраструктуры брестской части бассейна р. Неман*



### Список использо-

#### ванных источников

1. Законодательство Республики Беларусь в области водных ресурсов и Водная рамочная директива Европейского Союза. Руководство для специалистов.- Мн.: Арт-Пресс, 2003. – 136с.
2. Водохранилища Беларуси: справочник / Под общей редакцией д.т.н. М.Ю. Калинина. – Мн.: ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005. – 183 с.

УДК 626.862.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦЕНТОВ ВОДООБМЕНА В ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СХЕМАХ ПО РАСЧЕТУ ДРЕНАЖА

**Быков В.Л., Мешик О.П.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [top@bstu.by](mailto:top@bstu.by)*

In work results of the analysis and practical use of factors of the water exchange used for calculation of distances between drains are resulted. The algorithm of the decision of the settlement equations is optimised.

### Введение

Особенностью расчетов дренажа является то, что в формулах используется значительное число констант, зависящих от других параметров. Многие из них получены экспериментально и представлены в справочной литературе в виде графиков функций. Некоторые из параметров уравнений по расчету междренних расстояний, например, общее фильтрационное сопротивление, в свою очередь сами зависят от междренних расстояний, следовательно, возникает задача подбора параметров для определения оптимального значения междренного расстояния.

С 01.07.2006 введен в действие Технический кодекс установившейся практики «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования» (ТКП 45-3.04-8-2005 (02250)) [1], который содержит рекомендации по расчету междренних расстояний, отличные от рассмотренных, например, в [2]. Эти факторы привели к необходимости доработки программы «Дренаж» для приведения ее в соответствие с современными требованиями.

### Методика и результаты исследований

Расстояние между дренами определяется по балансовому уравнению [1]

$$E = \frac{\alpha \cdot (H_{\text{ГР}} - h_{\text{ДР}})}{q_{\text{ДР}}}, \quad (1)$$

где  $E$  – междреннее расстояние, м;  $\alpha$  – коэффициент водообмена дрены, м/с;  $H_{\text{ГР}}$  – расчетный напор уровня грунтовых вод над дренаем, м;  $h_{\text{ДР}}$  – избыточный напор в полости дрены, м;  $q_{\text{ДР}}$  – модуль стока, м/с, подлежащий обеспечению дренажем, определяемый по формуле:

$$q_{\text{ДР}} = \frac{W}{t}, \quad (2)$$

где  $W$  – слой воды, подлежащий отводу, для создания необходимых условий осушения, м;  $t$  – время, за которое необходимо отвести избыточную воду, сут.

Коэффициент водообмена ( $\alpha$  □, используемый в формуле(1), вычисляется по зависимостям, имеющим определенную область применения [1] (таблица 1).

В таблице 1 приняты следующие обозначения:  $K_{\text{ГР}}$  – коэффициент фильтрации, м/с;  $M_{\text{ДР}}$  – расстояние от дрены до водоупора, м;  $d$  – наружный диаметр дрены, м;  $T$  – водопроводимость пласта, м<sup>2</sup>/с;  $\Phi_0$ ,  $\Phi_1$ ,  $L_{\text{НД}}$ ,  $A$  – соответственно, фильтрационные сопротивления по степени и характеру вскрытия пласта, общие фильтрационные сопротивления, коэффициент всиачести.

**Таблица 1 – Коэффициент водообмена для различных фильтрационных схем**

Коэффициенты водообмена	Область применения
$\alpha = \frac{\pi K_{\text{ГР}}}{(2 \lg E / d) - 1}, \quad (3)$	$\frac{E}{M_{\text{ДР}}} < 3$
$\alpha = \frac{8TA}{E}, \quad (4)$	$\frac{E}{M_{\text{ДР}}} > 3$
$\alpha = \frac{8T}{E}, \quad (5)$	$M_{\text{ДР}} = 0$
$\alpha = \frac{8T}{E + 8L_{\text{НД}}}, \quad (6)$	$M_{\text{ДР}}$ – любое значение
$\alpha = \frac{2\pi K_{\text{ГР}}}{\hat{O}_1 + \hat{O}_2}, \quad (7)$	Подрусловая дрена

При подстановке значений параметра ( $\alpha$  □ из выражений(3), (4), (5) и(6) в правую часть формулы (1), видно, что и в левой, и правой части уравнения (1) содержится параметр  $E$  – междреннее расстояние. Правая часть выражения (7) не содержит параметра ( $E$ ), следовательно, нет смысла анализировать это выражение, так как при подстановке в формулу величины ( $\alpha$  □ сразу же получается искомое значение ( $E$ ).

После преобразования выражений, полученных в результате подстановки значения ( $\alpha$  из выражений (3), (4), (5) и (6) в выражение (1) получим следующие соотношения:

$$E = E \left( 2 \lg \left( \frac{E}{d} \right) - 3 \right) q_{\text{ДР}} - 3\pi K_{\text{ГР}} (H_{\text{ГР}} - h_{\text{ДР}}), \quad E/M_{\text{ДР}} < 3; \quad (8)$$

$$E = E^2 q_{ГР} - 8TA(H_{ГР} - h_{др}) , \quad E/M_{др} > 3; \quad (9)$$

$$E = E^2 q_{ГР} - 8T(H_{ГР} - h_{др}) , \quad M_{др} = 0; \quad (10)$$

$$E = E q_{ГР} (E + 8L_{нд}) - 8T(H_{ГР} - h_{др}) , \quad M_{др} - \text{любое значение.} \quad (11)$$

Формула (5) имеет ограниченное применение, так как представляет собой частный расчетный случай (дренаж совершенный). Обычно это имеет место в однородных грунтах. Поэтому выражение (5) следует анализировать отдельно.

В таблице 2 приведены исходные данные, принятые для расчетного примера. Результаты табулирования функций (8), (9), (11) приведены в таблице 3.

**Таблица 2 – Исходные данные, принятые для расчетного примера**

Расчетный напор $H_{ГР}$ , м	0,7
Избыточный напор в полости дрены $h_{др}$ , м	0,35
Модуль стока $q_{ГР}$ , м/с	0,118
Коэффициент фильтрации $K_{ГР}$ , м/с	1
Фильтрационное сопротивление $A$	3,096
Водопроницаемость пласта $T$ , м <sup>2</sup> /с	1,5
Диаметр дрены $d$ , м	0,072
Расстояние от дрены до водоупора $M_{др}$ , м	1,15

Оптимальным является значение междренного расстояния, при котором функция обращается в ноль. В таблице 3 этот момент отражен сменой знака функции и цвета заливки. Из таблицы 3 видно, что оптимумы имеют место для различных функций при различных междренных расстояниях. Шаг табулирования функций в примере принят равным 1 м. Формула (8) дает оптимальное значение  $E=16$  м, формула (9) –  $E=10$  м, формула (11) –  $E=1$  м.

**Таблица 3 – Результаты табулирования функций (8), (9), (11)**

Междреннее расстояние $E$ , м	Расчетная формула и область ее применения		
	(8) при $E/M_{др} < 3$	(9) при $E/M_{др} > 3$	(11) при $M_{др}$ – любое значение
0,1	-3,33071	-13,002	-3,79007
1	-3,383	-12,8852	0,00552
2	-3,32525	-12,5312	4,44704
3	-3,21386	-11,9412	9,12456
4	-3,06765	-11,1152	14,03808
5	-2,89554	-10,0532	19,1876
6	-2,70279	-8,7552	24,57312
7	-2,49288	-7,2212	30,19464
8	-2,26828	-5,4512	36,05216
9	-2,03084	-3,4452	42,14568
10	-1,78198	-1,2032	48,4752
11	-1,52285	1,2748	55,04072
12	-1,2544	3,9888	61,84224
13	-0,97739	6,9388	68,87976
14	-0,69249	10,1248	76,15328
15	-0,40027	13,5468	83,6628
16	-0,1012	17,2048	91,40832
17	0,204271	21,0988	99,38984
18	0,515777	25,2288	107,6074

Условиям применения, определяемым выражениями (8), (9), (11), удовлетворяют две функции: (9) – для условия  $E/M_{др} > 3$ , и (11) – для условия  $M_{др}$  – любое значение. Поэтому итоговое решение неоднозначное и будет зависеть от субъективных оценок исследователя. Однако, учитывая, что уравнение (9) имеет более жесткое ограничение в области определения функции, в качестве оптимального можно рекомендовать междреннее расстояние  $E=10$  м. Подобным образом поступают при исходных данных, отличных от принятых в таблице 2.

В таблице 4 приведены результаты оценки междренных расстояний при различных исходных данных и расчетных схемах, где приняты следующие обозначения расчетных схем: 1 – установившаяся фильтрация, 2 – неустановившаяся фильтрация, 3 – весенний период, 4 – летне-осенний период, 5 – без затопления поверхности почвы, 6 – при затоплении поверхности почвы, 7 – по норме осушения (по заданному понижению УГВ), 8 – по скорости освобождения пахотного слоя (по допустимому подъему УГВ).

Проведенные расчеты показали, что выражение (8) не обеспечивает получения решения ни по одной расчетной схеме, выражения (9) и (11) дают подобные результаты, так как имеют одну и ту же область определения при  $E/M_{др} > 3$ , причем выражение (11) всегда дает меньшие значения междренных расстояний. При автоматизированном анализе результатов оптимальное значение междренного расстояния будет зависеть от последовательности рассмотрения ограничений на область применения функций. Поэтому с математической точки зрения недостаточно ясно, в каких случаях целесообразно применять выражение (11).

**Таблица 4 – Результаты оценки междренных расстояний при различных расчетных схемах**

N п/п	$M_{др}$ , м	$H_{гр}$ , м	$h_{др}$ , м	$q_{гр}$ , м/с	$K_{гр}$ , м/с	A	T, м <sup>2</sup> /с	d, м	Расчетная схема	E, м
1	0,15	1	0,25	0,018	1	2,29	0,5	0,072	1-3-5	19,5
2	0	0,85	0,425	0,003	1	-	0,425	0,072	1-3-5	21,5
3	0	1,15	0,325	0,023	1	-	0,325	0,072	2-3-5-7	9,5
4	1,15	0,7	0,35	0,118	1	3,09	1,5	0,072	1-3-5	10
5	1,15	0,95	0,475	0,122	1	3,54	1,63	0,072	1-4-6	13
6	2,15	0,7	0,35	0,223	1	6,35	2,5	0,072	1-3-5	14
7	2,15	0,74	0,37	0,22	1	6,44	2,52	0,072	1-3-6	14,5
8	2,15	1	0,25	0,243	1	5,91	2,4	0,072	2-3-5-7	18,5
9	2,15	1,1	0,425	0,231	1	6,7	2,58	0,072	2-4-6-7	20
10	2,15	0,5	0,25	0,001	1	5,91	2,4	0,072	2-4-5-8	168

Проведенный анализ позволяет оптимизировать алгоритм поиска корректного решения: протабулировать все функции на заданном интервале возможного изменения междренного расстояния с заданным шагом; определить область смены знака функции или вычислить минимальное значение функций по модулю; выбрать вариант, удовлетворяющий требованиям, указанным в таблице 1 «Область применения». Диапазон табулирования функции можно выбрать от 0,1 м до 200 м.

## **Выводы**

В настоящей работе исследованы функции для расчета междренних расстояний, указанные в [1] на предмет наличия корня, и определен общий алгоритм поиска оптимального значения междренного расстояния в зависимости от его отношения к расстоянию от дрены до водоупора. Данный алгоритм использован при доработке программы «Дренаж» с целью приведения ее к современным нормативно-техническим требованиям. Установлено, что коэффициент водообмена (3) (таблица 1) не находит применения в области допустимых значений. Коэффициент водообмена (6) дает результаты, подобные коэффициенту водообмена (4), но смещенные в область меньших значений междренных расстояний. Область применения коэффициента водообмена (6) перекрывается областью применения коэффициента водообмена (4), и поэтому использование зависимости (6) на практике нерационально. Из проведенных исследований видно, что область применения коэффициентов водообмена, представленных в [1], требует дополнительного анализа и уточнения.

## **Список использованных источников**

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования: ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 106 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / Редкол.: Б.С. Маслов [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1985. – Т. 3. – 447 с.

УДК 551.578.46

## **СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЕГО ОЦЕНКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФАКТОРОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БЕЛАРУСИ**

***Валуев В.Е., Мешик О.П.***

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, top@bstu.by*

In article the problems of influencing of a snow overlying strata on a high water of the rivers are esteemed.

## **Введение**

Систематические наблюдения над снежным покровом в Беларуси начаты в 1891 году (по постоянным рейкам и в 30-х годах двадцатого столетия, дополнительно, по снегомерным съемкам). В результате снегосъемок получают: во-первых – средние значения высоты, плотности и запаса воды в снеге; во-вторых – характеристики распределения снежного покрова на различных формах рельефа и угодьях (в районе действия метеостанции); в-третьих – показатели временной динамики снегонакопления и снеготаяния. Пространственно-временное распределение снежного покрова, как правило, отражается на специальных картах, разрабатываемых на материалах многолетних наблюдений.

## Результаты исследования снежного покрова

Соотношение высот снежного покрова между открытыми и защищенными участками приведено в таблице 1.

**Таблица 1 – Обобщенные данные о соотношениях высот снежного покрова на открытом ( $h_1$ ) и защищенном ( $h_2$ ) участке**

Соотношение	Область					
	Витебская	Минская	Гродненская	Могилевская	Брестская	Гомельская
$h_2 / h_1$	1,39	1,50	-	-	1,71	1,63

Высота снежного покрова на защищенных от ветра участках больше, чем на открытых. По мере продвижения с северо-востока на юго-запад территории Беларуси различия в анализируемых соотношениях между открытыми и защищенными участками несколько возрастают (таблица 1). Так как соблюдение единого критерия при выборе экспериментальных участков невозможно из-за объективного разнообразия местных условий, наблюдается большое непостоянство анализируемых соотношений. При учете фонового распределения снежного покрова по территории Беларуси, как производной макроклиматических условий, выясняется, что различия между открытыми и защищенными участками тем больше, чем меньше абсолютная высота снежного покрова, характерная для района в целом.

В таблице 2 приведены, для условий открытого участка, отношения предельной высоты снежного покрова к средней максимальной за репрезентативный период (1944-45 – 2005-06 гг.) по характерным пунктам Беларуси.

**Таблица 2 – Отношение предельной высоты снежного покрова к средней максимальной за период 1944-45 – 2005-06 гг. по характерным пунктам Беларуси на открытом участке**

Метеостанция	Верхнедвинск	Езерище	Лынтупы	Борисов	Марьяна Горка	Минск	Горки	Костюковичи	Могилев	Гродно	Лида	Новогрудок	Барановичи	Брест	Пинск	Василевичи	Гомель	Житковичи
Отношение	2,22	1,78	2,16	1,91	2,17	1,87	1,89	2,56	1,95	2,83	2,17	2,40	2,51	3,00	2,52	2,34	2,47	2,40

*Примечание: Предельная высота снежного покрова – наибольшая наблюдаемая в исследуемом периоде*

Сравнение средних многолетних характеристик снежного покрова, полученных по материалам снегомерных съемок и постоянных реек (таблица 3), указывает на существенные и неоднозначные расхождения в имеющихся экспериментальных данных.

**Таблица 3 – Соотношение высот снежного покрова по материалам снегосъемок и постоянных реек по характерным пунктам Беларуси на открытом участке**

Метеостанция	Верхнедвинск	Витебск	Минск	Марьяна Горка	Лида	Гродно	Горки	Могилев	Пинск	Брест	Гомель	Василевичи
Соотношение	1,00	1,07	1,11	1,15	1,33	1,11	1,33	1,04	1,13	1,07	1,05	1,11

На большей части территории Беларуси показания снегомерных съемок превышают показания постоянных реек. Кроме того, на показаниях снегомерных съемок и постоянных реек сказываются различия местных условий формирования снежного покрова (метелевый перенос, особенности рельефа, древесная растительность и др.). Количество снегозапасов в лесу существенно зависит от размеров лесных массивов, видового состава древесных пород, густоты, ярусности и т.д. Снегозапасы в лесу под кронами деревьев несколько выше, чем на лесной поляне.

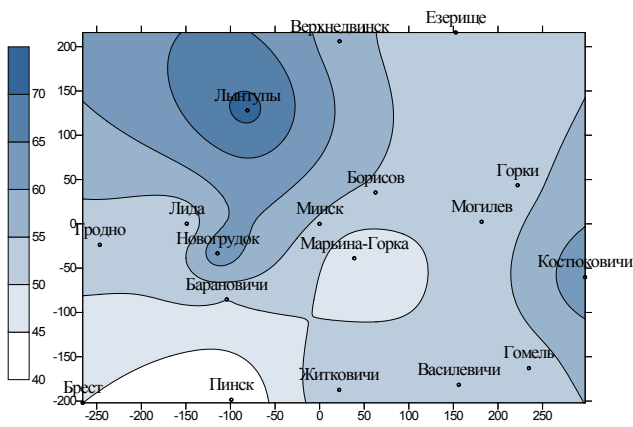
В таблице 4 представлены результаты обобщения данных по снежному покрову за период 1944-45 – 2005-06 гг. и их внутригодовая динамика по Минску. Как видно из таблицы 4, в метеопункте Минск максимальные значения, практически всех характеристик снежного покрова (высота, плотность, запасы воды в снеге), приходятся на конец февраля – март.

Распределение величин максимальной и средней максимальной высот снежного покрова на территории Беларуси в целом нами представлено в виде соответствующих карт изолиний (рисунки 1, 2). Максимальные отклонения присущи территориям, наиболее подверженным формированию экстремальных величин снегозапасов.

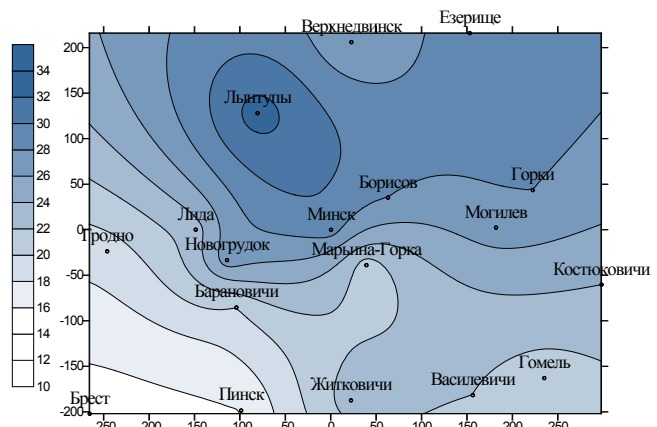
Осредненные максимальные значения высот снежного покрова на территории Беларуси (рисунок 2) имеют четко выраженную широтную зависимость, хорошо увязываются с термическим и ветровым режимом исследуемой территории, зависящим от радиационных характеристик климата Беларуси и турбулентного теплообмена приземной атмосферы, которые активно влияют на процессы таяния и испарения снега в южных районах Беларуси. В зимний период на территории Беларуси доминируют ветры южных направлений.

**Таблица 4 – Внутригодовая динамика характеристик снежного покрова по метеостанции Минск за период 1944-45 – 2005-06 гг.**

Параметры		ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель		
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Высота, см	средняя	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16	17	19	19	18	14	6	2	0
	максим.	9	15	18	23	25	28	33	34	36	38	37	45	49	53	47	47	23	6
Плотность, г/см <sup>3</sup>	средняя	0,20	0,15	0,19	0,20	0,20	0,23	0,21	0,24	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,13
	максим.	0,20	0,24	0,26	0,28	0,30	0,43	0,31	0,42	0,38	0,38	0,39	0,37	0,45	0,44	0,45	0,38	0,42	0,13
Запасы воды, мм	средние	0	1	3	6	11	16	21	27	35	41	44	50	53	50	41	19	5	0
	максим.	13	22	34	51	55	64	81	86	95	105	123	147	135	140	141	137	88	8



**Рисунок 1 – Распределение максимальной высоты снежного покрова на территории Беларуси, см**



**Рисунок 2 – Распределение средней максимальной высоты снежного покрова на территории Беларуси, см**

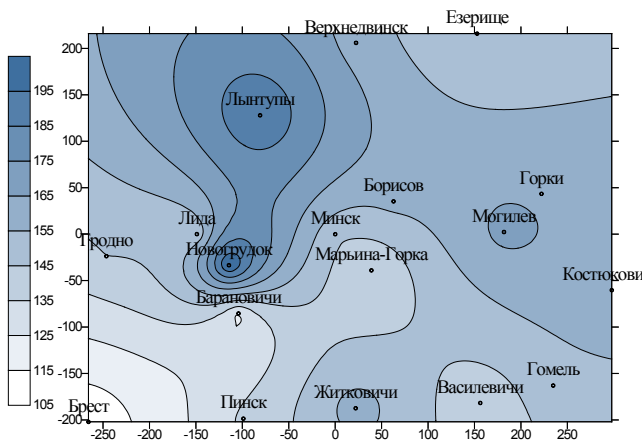
Оценивая пространственно-временную изменчивость запасов воды в снеге, как определяющий фактор весеннего половодья рек Беларуси, необходимо, прежде всего, отметить цикличность максимальных значений запасов воды в снеге и достаточно строгую их периодичность в рядах наблюдений (рисунок 3). На фоне долгопериодических колебаний выделяется, прежде всего, 11-летний цикл, что подсказывает необходимость поиска связей крупных аномалий снегонакопления и половодий с солнечной активностью. В качестве критерия оценки могут использоваться относительные числа Вольфа. В установленной цикличности объективно отражаются закономерности внутритерриториального пространственного распределения максимальных значений запасов воды в снеге. Наблюдаются четко выраженные синхронные колебания во времени максимальных значений запасов воды в снеге, как в пределах отдельных областей, так и на территории Беларуси в целом.



**Рисунок 3 – Кривые скользящих 5-летних средних максимальных запасов воды в снеге для ряда метеопунктов Беларуси**

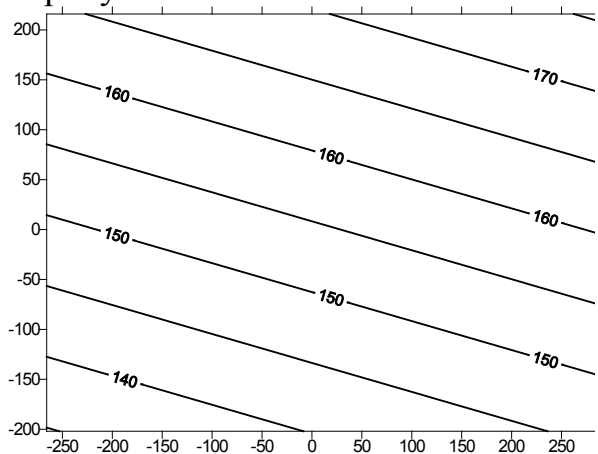
По результатам картографирования значений высот снежного покрова на территории Беларуси (рисунки 1, 2), с учетом плотности снежного покрова, нами установлено распределение максимальных запасов воды в снеге (рисунок 4).



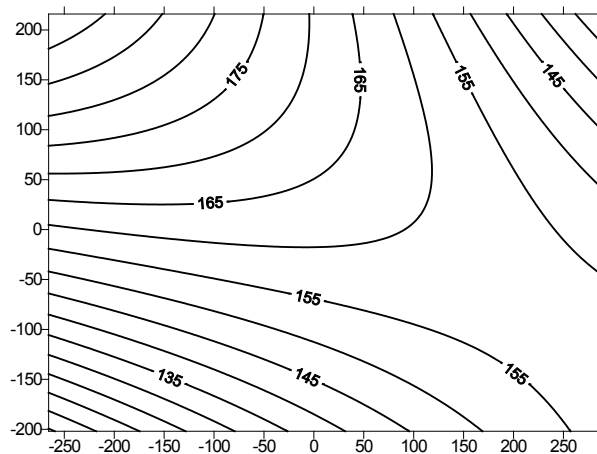


**Рисунок 4 – Распределение максимальных запасов воды в снеге на территории Беларуси, мм**

Поверхности тренда максимальных запасов воды в снеге представлены на рисунке 5, а карта их разностей с линейной поверхностью тренда (рисунок 5 а) – на рисунке 6.

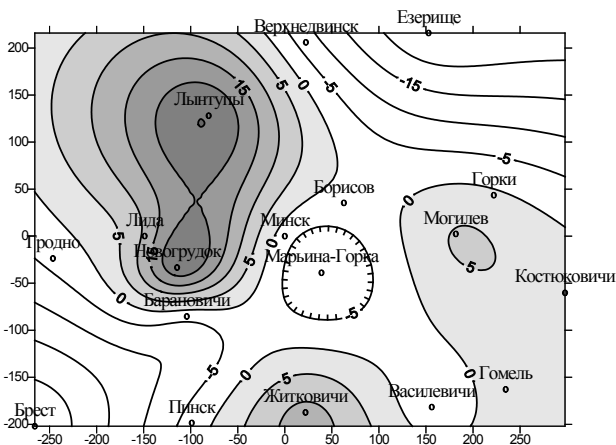


а-линейная



б-полиномиальная

**Рисунок 5 – Поверхности тренда максимальных запасов воды в снеге (мм) на территории Беларуси**



**Рисунок 6 – Карта разностей величин максимальных запасов воды (мм) в снеге (рисунок 4) и линейной поверхности тренда (рисунок 5 а) – вклад региональных факторов**

## Выводы

1. Закономерности распределения значений максимальных запасов воды в снеге и разностей этих величин по территории Беларуси, исследованные с использованием разработанных соответствующих карт изолиний (рисунки 4, 6) и поверхностей их трендов, построенных с использованием полиномов различных степеней (рисунок 5), должны учитываться при оценках факторов весеннего половодья.

2. Максимальные запасы воды в снеге изменяются за расчетный период по территории Беларуси от 107 мм (Брест) до 207 мм (Новогрудок) и существенно различаются по годам, о чем свидетельствуют большие значения коэффициентов вариации ( $C_v$ ). Максимумы приходятся на южную и юго-западную часть Беларуси (0,62-0,69). Минимальные значения характерны для центральной и северо-восточной части территории Беларуси с устойчивым снежным покровом (0,42-0,46).

3. Запас воды в снеге, как его высота и плотность, достигает своих наивысших значений во второй половине февраля – начале марта.

4. Предлагаемые взаимосвязанные карты, базирующиеся на результатах анализа и исследования репрезентативных данных метеонаблюдений за 60-летний период, являются основой районирования территории Беларуси по запасам воды в снежном покрове, включая экстремальные годы, и принятия окончательного решения при прогнозе дружности и величин расходов весеннего половодья рек Беларуси.

УДК 551.524.36

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

**Валуев В.Е., Мешик О.П.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [top@bstu.by](mailto:top@bstu.by)*

In article modern approaches to an estimation of temperature influences on a design of buildings and constructions are stated. Maps of isotherms of the maximum and minimum temperatures of external air for territory of Belarus are constructed. The technique of definition of temperatures of air is specified at probabilities of excess differing from  $p=0,02$ .

### **Введение**

Крупномасштабные мелиорации земель привели к значительным изменениям в гидрографии регионов и гидрологическом режиме водных объектов. Производной от гидрологического режима водных объектов является гидрологический режим в нижних бьефах и подкомандных зонах. Важнейшей научно-практической задачей является комплексное изучение, в контексте трансформаций элементов гидрографической сети, проблем снижения уровней поверхностных вод, уменьшения площади водных объектов на осушенных территориях, структурных изменений в процессах формирования суммарного испарения и термического режима на водосборах. Суточные и сезонные изменения температуры наружного воздуха, солнечное излучение, обратное отражение приводят к изменению распределения температуры в составных элементах зданий и сооружений, в конструкциях гидротехнических сооружений. В соответствии с Европейскими стандартами, оценка годовой минимальной и максимальной температур наружного воздуха сводится к установлению их характеристических значений, соответствующих годовой вероятности превышения  $p=0,02$  для географического положения сооружения, по национальным картам изотерм [1]. Однако эти значения

должны быть скорректированы применительно к высоте местности над уровнем моря, другим значениям вероятности превышения и с учетом влияния азональных (местных) условий. Существенные влияния на местные термические условия обнаруживаются на территориях со скоплением холодного воздуха в низинах или хорошо защищенных низко расположенных местностях, в крупных районах с высокой плотностью населения, в нижних бьефах ГТС и их подкомандных зонах. Современные изменения гидрологического режима в нижних бьефах водохранилищ и подкомандных зонах приводят к изменениям термического и ледового режимов, что безусловно вызывает выравнивание годового хода, понижение летних, повышение зимних температур воды, образование незамерзающих полыней. Факторы изменений в гидрографии или изменений гидрологических режимов водных объектов обуславливают необходимость корректировки нормативных значений минимальных и максимальных температур наружного воздуха.

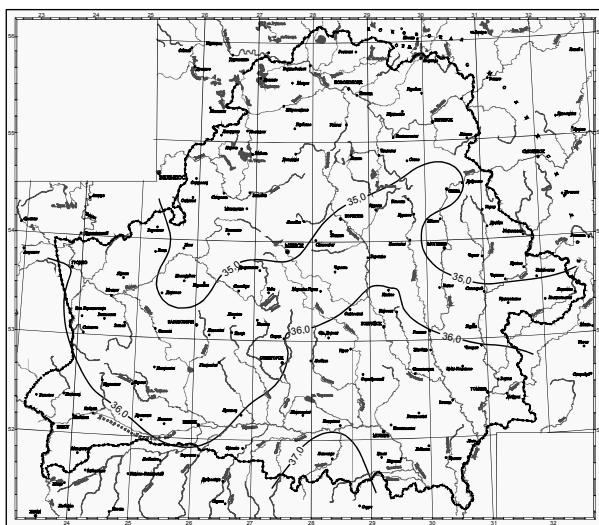
### Методика и результаты исследований

В соответствии с EN 1991-1-5 [1], в работе используются: максимальная температура наружного воздуха ( $T_{max}$ ) и минимальная температура наружного воздуха ( $T_{min}$ ) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$ , соответствующей периоду повторяемости 50 лет. Базовые величины приняты по 60 – летним рядам абсолютных максимумов и минимумов температур воздуха по данным 50 метеостанций Беларуси. Средние многолетние значения температур воздуха и среднее квадратическое отклонение (при нормальном законе распределения вероятностей) использованы в оценках величин расчетной обеспеченности

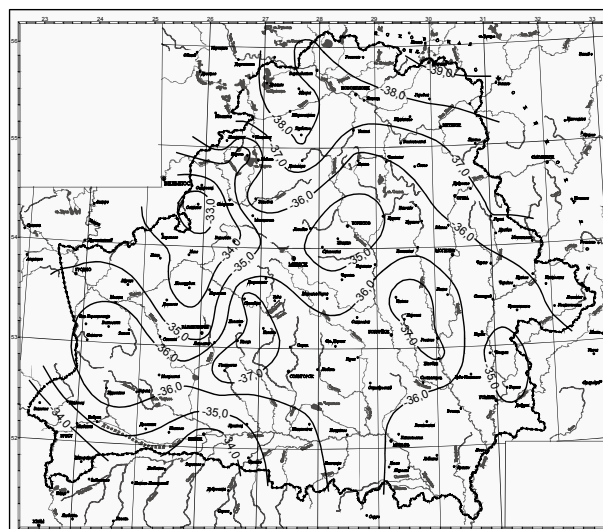
$$T_p = \bar{T} \cdot \left( \Phi_p \cdot \frac{\sigma}{\bar{T}} + 1 \right), \quad (1)$$

где  $T_p$  – величина температуры наружного воздуха расчетной обеспеченности, °С;  $\bar{T}$  – среднее многолетнее значение температуры воздуха, °С;  $\Phi_p$  – нормированное отношение ординаты кривой обеспеченности (при нормальном законе распределения вероятностей);  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

Разработанные нами карты изотерм (характеристические значения температур воздуха), вошли в Национальное приложение к EN 1991-1-5 [1], рисунки 1, 2.



**Рисунок 1 – Максимальная температура наружного воздуха (°С) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$**



**Рисунок 2 – Минимальная температура наружного воздуха (°С) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$**

Если используется максимальное (или минимальное) значение температуры наружного воздуха ( $T_{\max,p}$ ) или ( $T_{\min,p}$ ), отличное от  $p=0,02$ , отношение  $T_{\max,p} / T_{\max}$  и  $T_{\min,p} / T_{\min}$  может быть установлено по рисунку 3, согласно [1].

В общем случае, ( $T_{\max,p}$ ) или ( $T_{\min,p}$ ) может быть получено из зависимостей, основанных на распределении экстремальных значений соответствующих температур воздуха:

$$T_{\max,p} = T_{\max} \{k_1 - k_2 \ln [- \ln (1-p)]\}; \quad T_{\min,p} = T_{\min} \{k_3 + k_4 \ln [- \ln (1-p)]\}, \quad (2)$$

в которых  $T_{\max}$  ( $T_{\min}$ ) – значение максимальной (минимальной) температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02;

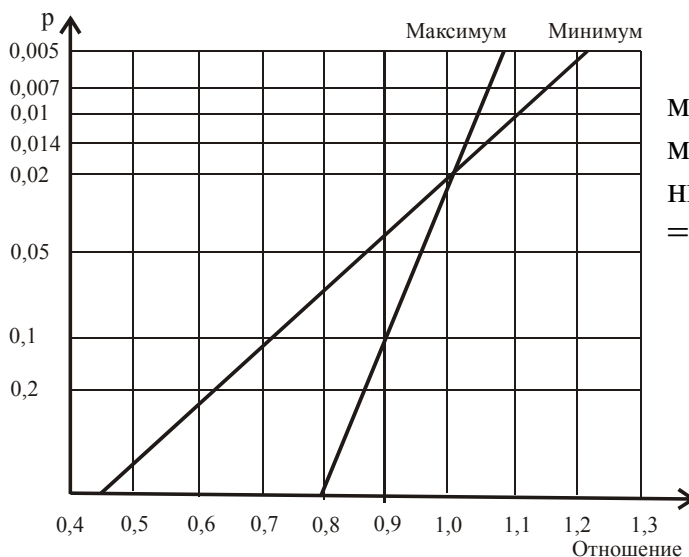
$$k_1 = (u, c) / \{(u, c) + 3,902\}; \quad k_2 = 1/\{(u, c) + 3,902\};$$

$$k_3 = (u,c) / \{(u,c) - 3,902\}; \quad k_4 = 1/\{(u,c) - 3,902\} - \text{аргументы функций (2), (3)}$$

в которых  $u, c$  – статистические параметры вида и функции распределения годовых максимумов температуры наружного воздуха, увязанные со средним значением ( $m$ ) и стандартным отклонением ( $\sigma$ ) выборки экстремальных значений температуры наружного воздуха ( $T_{\max} / T_{\min}$ ), которые устанавливаются по зависимостям (4) и (5):

$$u = m - 0,57722 / c; \quad c = 1,2825 / \sigma \quad (\text{для максимума}); \quad (4)$$

$$u = m + 0,57722 / c; \quad c = 1,2825 / \sigma \quad (\text{для минимума}). \quad (5)$$



При отсутствии информации о параметрах ( $u$ ) и ( $c$ ), EN 1991-1-5 [1] рекомендует применять следующие значения:  $k_1= 0,781$ ;  $k_2 = 0,056$ ;  $k_3 = 0,393$ ;  $k_4 = -0,156$ .

**Рисунок 3 – Отношения  $T_{\max,p} / T_{\max}$  и  $T_{\min,p} / T_{\min}$**

Выполненные нами прикладные исследования, с использованием материалов по температурному режиму территории Беларуси, позволили рекомендовать для годовых максимумов соответствующие параметры:

$$m = 31,1; \quad \sigma = 2,07; \quad u = 30,1683; \quad c = 0,6196; \quad k_1 = 0,827; \quad k_2 = 0,044.$$

Пространственная изменчивость итоговых коэффициентов ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ) для территории Беларуси незначительна: (Минск –  $k_1 = 0,832$ ,  $k_2 = 0,043$ ); (Лельчицы, наибольшие значения ( $T_{\max}$ ) –  $k_1 = 0,847$ ,  $k_2 = 0,039$ ); (Езерище, наименьшие значения ( $T_{\max}$ ) –  $k_1 = 0,825$ ,  $k_2 = 0,045$ ). Обеспеченные величины ( $T_{\max,p}$ ), полученные по значениям коэффициентов ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ) для конкретных пунктов и осредненные для территории Беларуси, имеют различия в пределах статистической погрешности, что дает возможность принимать единые для всей исследуемой территории коэффициенты ( $k_i$ ).

Параметры зависимостей годовых минимумов температур воздуха на территории Беларуси, полученные аналогично параметрам максимумов, следующие:  $m = -25,3$ ;  $\sigma = 4,90$ ;  $u = -23,0946$ ;  $c = 0,2617$ ;  $k_3 = 0,608$ ;  $k_4 = -0,101$ .

Результаты расчетов ( $T_{max}$ ) и ( $T_{min}$ ) различными способами для Минска, приведены в таблицах 1, 2. При этом обнаруживаются различия между значениями ( $T_{max, p}$ ), полученными нами различными способами, включая способы, рекомендованные EN 1991-1-5 [1]. Изменчивость коэффициентов ( $k_3$ ) и ( $k_4$ ) по исследуемой территории несколько больше коэффициентов ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ), но конечные результаты оценки ( $T_{min, p}$ ) по коэффициентам ( $k_3$ ) и ( $k_4$ ) для конкретных пунктов мало отличаются от температур ( $T_{min, p}$ ), полученных по осредненным их значениям в целом для территории Беларуси.

**Таблица 1 – Максимальные температуры воздуха ( $T_{max}$ ) различных вероятностей превышения ( $p$ ) для Минска, полученные различными способами, °С**

Вероятность превышения	Способ определения ( $T_{max, p}$ )			
	по графику (рис. 3)	по рекомендуемым EN 1991-1-5 [1] коэффициентам $k_1 = 0,781$ , $k_2 = 0,056$	по осредненным для территории Беларуси коэффициентам $k_1 = 0,827$ , $k_2 = 0,044$	по коэффициентам $k_1 = 0,832$ , $k_2 = 0,043$ для Минска
$p=0,01$	36,1	36,0	35,7	35,7
$p=0,1$	31,2	31,5	32,1	32,2

**Таблица 2 – Максимальные температуры воздуха ( $T_{min}$ ) различных вероятностей превышения ( $p$ ) для Минска, полученные различными способами, °С**

Вероятность превышения	Способ определения ( $T_{min, p}$ )			
	по графику (рис. 3)	по рекомендуемым EN 1991-1-5 [1] коэффициентам $k_3 = 0,393$ , $k_4 = -0,156$	по осредненным для территории Беларуси коэффициентам $k_3 = 0,608$ , $k_4 = -0,101$	по коэффициентам $k_3 = 0,620$ , $k_4 = -0,097$ для Минска
$p=0,01$	-38,6	-39,0	-37,6	-37,4
$p=0,1$	-25,6	-26,1	-29,3	-29,4

### Выводы

1. Оценка температурных воздействий на составные элементы зданий и сооружений, конструкции гидротехнических сооружений в условиях изменяющегося климата, базируется на характеристических значениях температур воздуха ( $T_{max}$ ) и ( $T_{min}$ ) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$ , представленных на актуализированных картах изотерм (рисунки 1, 2).

2. В условиях современных трансформаций гидрографической сети и гидрологических режимов водных объектов, необходима корректировка нормативных (картированных) максимальных и минимальных значений температур наружного воздуха (рисунки 1, 2).

3. Для переходных расчетных ситуаций (в случаях варьирования классов капитальности сооружений / мероприятий), требующих использования значений

максимальных и минимальных температур наружного воздуха с годовой вероятностью превышения, отличной от  $p=0,02$ , не рекомендуется использовать коэффициенты ( $k_1$ ), ( $k_2$ ), ( $k_3$ ), ( $k_4$ ) уравнений (2), а также отношения  $T_{\max,p} / T_{\max}$  и  $T_{\min,p} / T_{\min}$  (рисунок 3) – рекомендуемые EN 1991-1-5 [1], так как имеют место статистически значимые отклонения температур воздуха в реальных метеорологических условиях Беларуси.

4. Значения температур воздуха ( $T_{\max}$ ) и ( $T_{\min}$ ) с годовой вероятностью превышения, отличной от  $p=0,02$ , предлагается рассчитывать по формулам (2) с использованием уточненных значений коэффициентов, полученных нами для территории Беларуси:

$$k_1=0,827; k_2=0,044; k_3=0,608; k_4=-0,101.$$

#### Список использованных источников

1. EN 1991–1–5:2003 «EUROCODE 1: Actions on structures. Part 1–5: General actions – Thermal actions» (EN 1991–1–5:2003. Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1–5: Общие воздействия. Температурные воздействия).

УДК 66.081-032.22 (678.664)

## ЭФФЕКТИВНЫЙ НЕФТЕПОГЛОЩАЮЩИЙ ПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ

*Васильева В.С., Островская Л.Е., Ксенофонов М.А.*

*Научно-исследовательское учреждение “Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко” БГУ, г. Минск, РБ, lab\_dozator@mail.ru*

In work porous polymeric composite effectively absorbing mineral oil with мембранной structure is described. It is shown, that sorbtion of not polar and polar hydrocarbonic molecules is caused by elements with gas structure which are transport channels for penetration of sorbate molecules in volume foampolymer.

#### Введение

Большие объемы передвижения нефти и нефтепродуктов становятся причиной техногенных аварий, приводящих к загрязнению водных артерий. Аварийные разливы часто связаны с труднодоступностью мест загрязнения, вероятностью миграции и увеличения площади загрязнения водоемов, переходу загрязнителя из воды на прибрежные участки почвы, сложностью сбора нефтепродуктов, расплывшихся тонкой пленкой по водной поверхности. Одним из самых эффективных методов уменьшений негативных последствий техногенных воздействий на окружающую среду аварийных разливов нефти и нефтепродуктов является использование специальных сорбционных материалов, изделий и конструкций.

Среди широкого спектра различных порошковых, гранулированных, пористых и волокнистых материалов, используемых для сбора и ликвидации разливов нефтепродуктов, наиболее эффективными являются сорбенты “Пенойлекс”,

“Уремикс-913”, “ЭкоСкан”, “СТРГ”, “Новосорб”, “Турбополимер” Россия; “Poroil” Финляндия; “ЗМ” США; “Pit Sorb” Канада; “Black Green” Швейцария, Пенопурм® Республика Беларусь, которые отличаются друг от друга внешним видом, плотностью, сорбционной емкостью, плавучестью, способностью удерживать поглощенные углеводороды и т.д.

### **Технология и свойства пенополиуретанового сорбента**

В научно-исследовательском учреждении “Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко” Белорусского государственного университета разработан и осуществляется промышленный выпуск сорбционного материала «Пенопурм®» (ТУ РБ 100235722.124-2002) и изделий на его основе.

Полученный материал представляет собой пористый полимерный композит с мембранной структурой, гидрофобная полимерная матрица которого содержит полярные уретановые, амидные, сложноэфирные, простые эфирные, мочевиновые группы, а также ароматические и алифатические радикалы, что обуславливает их эффективную сорбцию как неполярных, так и полярных углеводородных молекул. Газоструктурные элементы являются транспортными каналами, по которым молекулы сорбата проникают вглубь пеноматериала.

Особенности химического строения и геометрии газоструктурных элементов пенополимера обеспечивают его уникальные свойства.

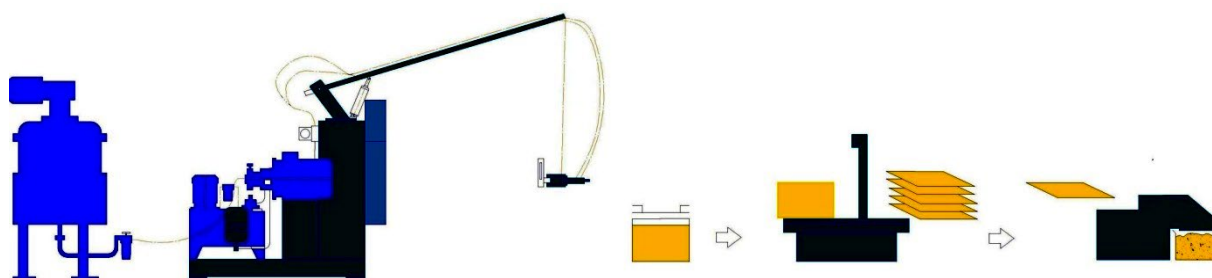
Основными преимуществами сорбента «Пенопурм®» по сравнению с лучшими зарубежными аналогами являются: гидрофобность (не впитывает воду) и олеофильность (впитывает масла); универсальность (поглощает нефть и нефтепродукты, минеральные и растительные масла, растворители и т.д.); сорбционная емкость по легким фракциям нефтепродуктов более 70 кг/кг; плавучесть – не тонет в сатурированном (полностью насыщенном) состоянии; сверхскоростная сорбция (70% поглощения - 15-20 минут); низкая плотность (8-15 кг/м<sup>3</sup>); нетоксичность для человека, флоры и фауны; эффективность для очистки промышленных стоков, удаления нефти из отстойников на водоочистительных станциях; имеет неограниченный срок хранения.

Эффективность сорбента «Пенопурм®» обусловлена особенностями физико-химического строения полимерной матрицы полиуретанов, состоящей из полимерных блоков различной химической природы, в которых содержатся гибкие сегменты полиэфира и жесткие ароматические уретановые участки, а также большое количество полярных групп. Наличие открытых пор в пенопласте обеспечивает доступ сорбируемого вещества внутрь сорбента, что приводит к извлечению сорбата не только за счет адсорбции (поглощения поверхностью), но и в результате абсорбции (поглощения всем объемом пенополимера). По-видимому, пенополиуретаны сорбируют, растворяя поглощенные вещества в своих мембранах, причем почти вся полимерная матрица пенопласта принимает участие в сорбции. Многообразие функциональных групп полимерной матрицы обуславливает возникновение межмолекулярных ван-дер-ваальсовых и водородных связей, различающихся между собой природой и величиной энергии взаимодействия.



Технология получения сорбента «Пенопурм<sup>®</sup>» ограничена жесткими временными рамками процессов смешения и подачи в формообразующие устройства жидких композиций и необходимостью поддержания высокой точности их соотношения, количества и температуры. Обеспечение вышеуказанных параметров, необходимых для получения сорбента с заданными свойствами, предъявляет особые требования к смесительно-дозировочному и формующему оборудованию.

В работе представлен автоматизированный комплекс оборудования для производства изделий из сорбента «Пенопурм<sup>®</sup>». В состав комплекса (рисунок 1) входят: смесительно-дозировочная установка высокого давления, формы для получения сорбента в виде блоков, установка для резки блоков на пластины, установка для продольной и поперечной резки пластин на крошку.



*Рисунок 1 - Состав комплекса оборудования для производства сорбента «Пенопурм<sup>®</sup>»*

Смесительно-дозировочная установка является основным элементом комплекса, которая используется для дозирования компонентов, их высококачественного смешения и последующего транспортирования реакционноспособной смеси в форму в соответствии с требуемыми температурными, напорно-расходными и временными режимами технологического процесса. В состав установки входят следующие функциональные блоки: дозирующий узел, смесительный узел, станция гидропривода, устройство термостабилизации, поворотная стойка для перемещения смесительного узла, емкости для компонентов, пульт управления, контрольно-измерительные и регулирующие приборы. Для индикации и контроля за режимами работы всех узлов, поддержания заданных технологических параметров и выполнения защитно-блокировочных функций используются созданные оригинальные устройства системы автоматизированного управления с применением современных достижений электроники и специально разработанного программного обеспечения.

Технологический процесс получения сорбента «Пенопурм<sup>®</sup>» осуществляют путем тщательного смешения в течение нескольких секунд смесительно-дозировочной установкой двух реакционноспособных жидких композиций (одна из которых представляет собой смесь компонентов на основе полиэфиров со специальными добавками, вторая – на основе изоцианатов) и последующей подачей активированной смеси в форму. Сразу после смешения компонентов полиуретановая композиция в течение короткого времени вспенивается и отверждается, образуя в форме полужесткий (полуэластичный) пенополимер. Полученное изделие выдерживают в форме в течение 20 минут, извлекают и направляют на установку для резки блоков на пластины заданных размеров. В случае необходимости пластины направляются на установку для производства крошки.



Изделия из сорбента «Пенопурм®» выпускаются в виде пластин, крошки, пластин в сетке, крошки в сетке, бонов-сорбентов со сменным поглощающим блоком и т.д., при том каждое изделие эффективно при определенных условиях эксплуатации.

Пластины эффективны при извлечении жидких нефтепродуктов с поверхности воды и грунта. Технология использования этих изделий следующая: пластины извлекают из упаковки, покрывают ими загрязненную нефтепродуктами водную поверхность и после очистки насыщенный нефтепродуктами сорбент собирают подручными средствами.

Сорбент в виде пластин в сетке удобен при сборе пролитых нефтепродуктов с поверхности воды и грунта. Технология использования пластин в сетке аналогична технологии применения пластин, однако наличие сетки значительно облегчает извлечение насыщенного нефтепродуктами сорбента с загрязненных поверхностей.

Крошка из сорбента «Пенопурм®», помещенная в сетчатые мешки, хорошо очищает локальные и сточные воды от углеводородов при использовании в очистных сооружениях промышленных предприятий. Технология использования следующая: крошку в мешках помещают в кассеты, уплотняют, и погружают в рабочую зону очистных сооружений. Сетчатый мешок позволяет легко извлечь насыщенную нефтепродуктами крошку из кассет.

В настоящее время более 100 предприятий Республики Беларусь очищают сточные и ливневые воды от растворенных, эмульгированных и поверхностных нефтепродуктов до норм ПДК, используя сорбент «Пенопурм®».

УДК 631.672.79.034

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ МЕЛИОРАЦИИ ПОДТОПЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

**Водчиц Н.Н., Стельмашук С.С.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, shgtm@bstu.by*

The estimation of economic efficiency of flood-affected soils is to be carried out taking into consideration the construction costs and structural composition of the plot under cultivation.

### **Введение**

Водохранилища и пруды в Белорусском Полесье широко используются в качестве водисточников для целей водоснабжения, орошения, рыбоводства, организации отдыха трудящихся и для улучшения водного баланса речных бассейнов. Строительство водохранилищ и прудов неизбежно связано с затоплением и подтоплением ценных в сельскохозяйственном отношении земельных угодий, получение высоких и стабильных урожаев с которых связано с созданием оптимального водного режима почвы в условиях осушительно-увлажнительных мелиоративных систем.

## **Экономическое обоснование мелиорации подтопленных земель**

Задачи осушения и освоения земель, находящихся в зоне влияния водохранилищ, прудов и рек, в условиях Полесья связаны с необходимостью проведения широкого комплекса водохозяйственного строительства и агромелиоративных работ. Известно, что снижение урожая на мелиорированных землях в засушливые и сухие годы составляет от 4 до 35% [1]. На немелиорированных землях в зоне подтопления, как показали наши исследования, практически невозможно получать хорошие урожаи сельскохозяйственных культур без осушения почвы.

В результате всестороннего изучения природных условий, влагообеспеченности территории и режима грунтовых вод до и после строительства водохранилищ и прудов установлено, что эта задача может быть решена путем регулирования поверхностного и грунтового стока, регулирования водоприемников, подачей недостающей влаги на осушаемую территорию, а также проведения культуртехнических работ. Допустимые пределы регулирования уровня грунтовых вод устанавливаются в зависимости от направления хозяйственного использования осваиваемых земель.

Для интенсивного сельскохозяйственного использования подтопленных земель необходимо строить осушительно-увлажнительные системы. Наиболее прогрессивный тип мелиоративной системы двустороннего действия – сочетание осушения материальным дренажем с орошением дождеванием. Такие системы устраивают на глубоких торфяниках, мелких торфяниках, подстилаемых тяжелыми грунтами, и на минеральных почвах тяжелого механического состава.

Применение увлажнения инфильтрацией, как правило, ограничено участками с хорошо проницаемыми почвогрунтами, ровным рельефом поверхности и при расстоянии между каналами, не затрудняющем высокопроизводительное использование сельскохозяйственной техники. Использование мелкого дренажа (кротового или гончарного) увеличивает возможности применения увлажнения инфильтрацией. Кроме увлажнения инфильтрацией, возможно увлажнение участков с хорошо водопроницаемыми грунтами субирригацией. Субирригация заключается в регулировании уровня подтопления прилегающих к водохранилищам территорий посредством включения или выключения из работы головных и береговых дренажей.

Признавая необходимость регулирования режима влажности почвы, необходимо обосновать и экономическую целесообразность строительства водохранилищ, прудов и осушительно-увлажнительных систем в зоне их влияния.

При этом экономическая целесообразность мелиоративных работ определяется в зависимости от суммы капитальных вложений, включающих в себя затраты на: создание водохранилища или пруда, строительство защитных дренажей, строительство осушительно-увлажнительных систем, перенос зданий или сооружений, реконструкцию мелиоративных систем, строительство линий электропередач, связи и т.д. Кроме того, она зависит от получаемого чистого дохода при реализации продукции. Чистый доход исчисляется путем исключе-

ния из стоимости всей валовой продукции издержек на ее производство (с учетом затрат на эксплуатацию мелиоративной сети). Характеризуется экономической эффективностью гидромелиоративных мероприятий коэффициентом эффективности или сроком окупаемости (величиной обратной коэффициенту эффективности) и определяется как

$$\frac{\Sigma K}{\Sigma Ц - \Sigma С} \leq t_n, \quad (1)$$

где  $\Sigma K$  - суммарные капитальные вложения на строительство осушительно-увлажнительной сети с учетом стоимости водохранилища или пруда, руб.;

$\Sigma Ц$  - стоимость всей валовой продукции, руб.;

$\Sigma С$  - суммарные ежегодные издержки на производство всей продукции и эксплуатацию системы;

$t_n$  - нормативный срок окупаемости, для условий Полесья равный 14 годам.

Расчет показателей можно проводить как в полной сумме, так и в виде удельных значений: на 1 га, на 1ц продукции, 1 на м<sup>3</sup> воды и т.д.

Практика строительства и эксплуатации мелиоративных систем, результаты исследований других авторов, а также наши теоретические и натурные исследования показывают, что мелиоративные системы одностороннего действия не обеспечивают регулирования водно-воздушного режима почвы в необходимых пределах, особенно в теплый период года. Увлажнение осушенных земель в критические периоды становятся одним из главных направлений научно-технического прогресса в мелиорации Белорусского Полесья. Однако оно связано с большими дополнительными капитальными затратами. В связи с этим экономическая оценка увлажнения почвы на осушенных землях имеет особое значение и, особенно, на землях, расположенных в зоне влияния водохранилищ и прудов.

Экономическая оценка эффективности регулирования влажности почвы должна определяться на основе соизмерения единовременных и текущих затрат, связанных с получением дополнительной продукции и чистым доходом от ее реализации.

Другая важная особенность экономического обоснования дополнительного увлажнения в условиях Полесья связана и зависит от гидрометеорологического режима территории, как известно, подверженного довольно резким пространственно-временным изменениям. Поэтому увлажнение различных культур и угодий здесь требуется не ежегодно. Анализ метеорологических условий Полесья и литературных источников по этому вопросу показывает, что вероятная необходимость дополнительного увлажнения равна для: зерновых – 0,45, многолетних трав – 0,75, картофеля – 0,5, корнеплодов на корм – 0,75, культурные пастбища необходимо увлажнять каждый год.

Третья важная особенность экономического обоснования дополнительного увлажнения – чередование культур в севообороте при организации увлажнительных мероприятий, рассчитанных на продолжительный период. Поэтому при оценке экономической эффективности увлажнительных мероприятий необходимо учитывать оптимальную структуру севооборота.



## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ БАССЕЙНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

**Волчек А.А. \*, Грядунова О.И. \*\***

*\*Брестский государственный технический университет, г. Брест, РБ,  
volchak@tut.by*

*\*\*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест, РБ,  
gryadunova@mail.ru*

In article results of calculation of a mid-annual ecological drain of the rivers of pool of Baltic sea are stated, cards of spatial distribution of an ecological drain during the winter and aestivo-autumnal periods are resulted.

Природные воды вовлекаются в круговорот и непрерывно возобновляются, поэтому нам кажется, что запасы воды неисчерпаемы. Однако при современном развитии промышленности и сельского хозяйства начинает возникать проблема воды, а возникает она из-за потребления в основном пресной воды, а ее на земном шаре чуть больше 2,5% от общих запасов. 99% из 4000 км<sup>3</sup>/год воды, используемой для ирригации, бытового и промышленного потребления, производства энергии, поступает из подземных и поверхностных возобновляемых источников, остальные – из невозобновляемых (ископаемых) водоносных слоев. Грунтовая вода составляет уже 20% от общего объема используемых вод, и эта цифра быстро растет.

При любом виде хозяйственной деятельности и освоении водных ресурсов возникает проблема оценки минимального расхода воды, который необходимо оставлять в реке и не включать в хозяйственное использование. В Беларуси уже в 70-е годы XX столетия встал вопрос «... о минимально допустимом расходе воды в реках для охраны природы» [И.М. Филиппович, 1975, 1977; П.Д. Гатилло, 1977]. В межень (летне-осеннюю, зимнюю) водные и околотоводные экосистемы наиболее уязвимы. Для того, чтобы не нарушить гидроэкологическое равновесие территории, необходимо в реке оставить экологический сток, так как несоблюдение этого требования может привести к деградации водотока и экосистемы [Алексеевский, 2000; Жукинский, 2003]. Этот расход воды называют по-разному: минимально допустимый [Гатилло П.Д., Филиппович И.М. 1975, 1977], природоохранный, экологический [Фащевский Б.В. 1996; Коронкевич Н.И. 1999, 2003], лимитирующий [Емельянов Ю.Н., Гриневиц А.Г. 1998], экологически достаточный [Алексеевский Н.И. 2000], минимально необходимый и т.п. При этом во всех случаях подразумевается практически одно и то же – это тот расход воды, изъятие ниже которого чревато отрицательными последствиями для природных условий, нормального функционирования речного потока, хозяйственного использования и санитарных условий ниже по течению, что влечет за собой экономические издержки и экологические последствия.

Методы оценки экологического стока воды рек в настоящее время отличаются большим разнообразием [Алексеевский, 2000; Воложинская, 2006; Гатило, 1977; Жукинский, 2003; Коронкевич, 1999, 2003; Маркин, 2005; Фащевский, 1982, 1987, 1996]. При установлении нормативов предельно допустимого изъятия речного стока нет единого подхода. Так В.Г. Орлов [Орлов, 2005; 2007] делает вывод о том, что природа сама оценила экологический сток – это естественный минимальный сток, а изъятие ниже этого объема вызывает нарушение в естественных процессах реки. В основе методики определения допустимого воздействия на малые реки В.Н. Маркина лежит уравнение балансов. Величина минимально допустимого экологического стока определяется для каждого расчетного года и реки индивидуально, и водозабор на малых реках возможен в весеннее половодье или при использовании аккумулирующих емкостей (водохранилищ, прудов). В методике Н.И. Коронкевича используется связь гидрологических характеристик реки и продуктивности экосистемы.

В последнее время было проведено много исследований изменения годового стока воды на реках Беларуси, внутригодового перераспределения. Как показывают эти работы, годовой сток изменился незначительно, а вот внутригодовое распределение изменилось: максимальный сток воды в реках уменьшился (в апреле – мае на 70% исследуемых рек сток уменьшился на 10%), а минимальный, как зимний, так и летне-осенний, увеличился на некоторых реках до 50% [Волчек, 2006; Логинов, 2006]. Маловодные годы и периоды вносят наименьший вклад в воспроизводство экосистем, однако и самые многоводные годы приводят к снижению продуктивности экосистем. Максимальная биологическая продуктивность достигается чаще всего при обеспеченности стока около 25% [Антропогенное, 2003].

Наиболее обеспеченный исходной информацией и эффективный метод расчета экологического стока рек Беларуси является метод, разработанный Б.В. Фащевским. Данная методика расчета была расширена и предложен алгоритм расчета экологического и свободного стока рек Беларуси. Результаты расчета среднегодовых значений экологического стока рек приведены в таблице 1.

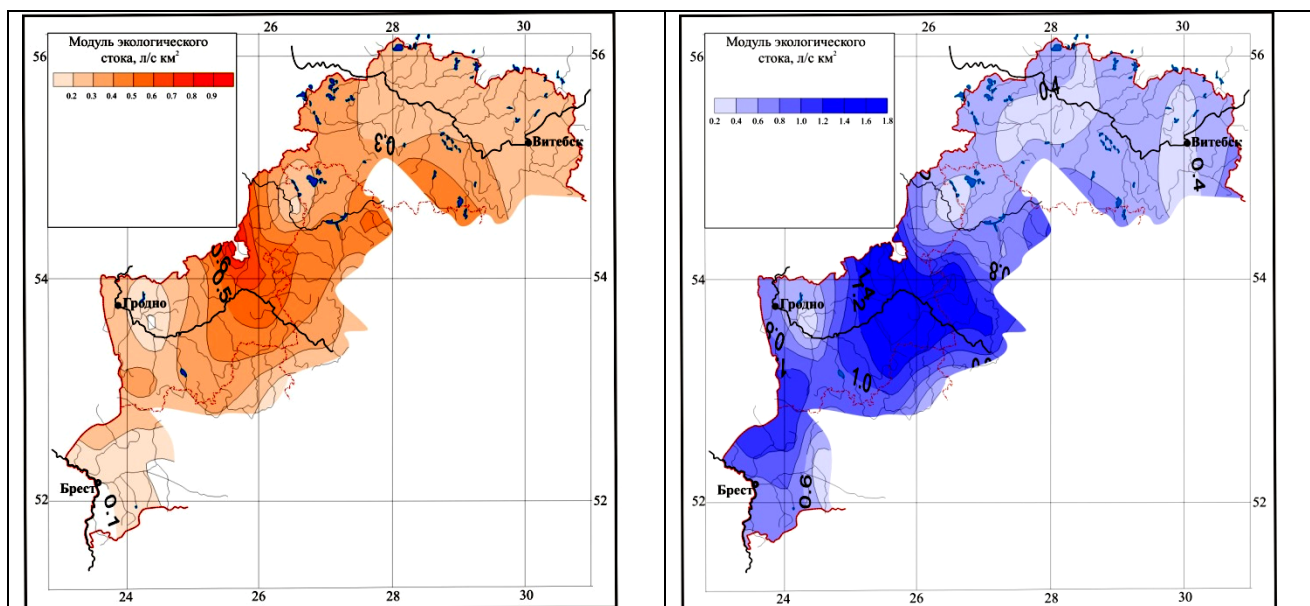
Разница между естественным и экологическим стоком принята как свободный сток, который определяет возможности рационального использования водных ресурсов без нарушения устойчивости речной экосистемы. В связи с тем, что величина экологического и свободного стока в течение года не является постоянной, проведен расчет среднемесячных значений экологического и свободного стока рек.

Полученные данные были использованы для построения карт экологического (рис. 1) и свободного стоков, которые позволяют оперативно определить значения экологического и свободного стока, что практически значимо при принятии решений и эффективном планировании водохозяйственных мероприятий с учетом природоохранных требований к рациональному использованию водных ресурсов. Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант X08M-074.

**Таблица 1 – Среднегодовые значения экологического и естественного стока рек**

Река – створ	Обеспеченность, %							
	25%		25%		25%		25%	
	Э	Е	Э	Е	Э	Е	Э	Е
Западная Двина - г. Витебск	192	267	161	218	133	177	99,5	130
Западная Двина - г. Полоцк	255	349	213	287	177	236	132	180
Овсянка - с. Веречье	2,31	3,18	1,93	2,61	1,60	2,14	1,20	1,60
Лужесьянка - с. Борково	2,18	2,98	1,82	2,45	1,51	2,02	1,13	1,54
Лучоса - с. Кузьменцы	17,3	24,1	14,5	19,8	12,0	16,0	8,98	11,5
Улла - с. Промыслы	16,5	21,6	13,8	18,8	11,5	16,7	8,54	14,4
Эсса - с. Гадивля	3,21	4,19	2,68	3,66	2,23	3,25	1,66	2,72
Оболь - г. Оболь (с. Левши)	15,3	26,3	12,8	21,8	10,6	17,3	7,93	11,2
Усыса - с. Казиново	1,63	2,23	1,37	1,81	1,13	1,50	0,85	1,15
Полота - с. Яново 1-е	4,06	5,63	3,39	4,60	2,82	3,75	2,10	2,75
Ушача - с. Толкачи	5,10	6,72	4,26	5,82	3,54	5,16	2,64	4,38
Нача - с. Горовцы	1,12	1,60	0,94	1,23	0,78	0,94	0,58	0,78
Дисна - с. Пазики	36,2	49,9	30,3	40,9	25,2	33,5	18,8	25,1
Мяделка - с. Русаки	2,82	3,82	2,36	3,09	1,96	2,59	1,46	2,03
Березовка - с. Саутки	2,88	4,06	2,40	3,34	2,00	2,67	1,49	1,81
Дрисса - с. Демехи	12,8	17,5	10,7	14,4	8,91	11,9	6,65	9,07
Нища - с. Соколище	8,29	11,9	6,93	9,15	5,76	6,95	4,29	4,56
Свольна - с. Пользино	8,16	11,3	6,82	9,26	5,67	7,54	4,23	5,53
Неман - г. Столбцы	15,3	20,2	13,7	17,7	12,4	15,7	9,83	13,3
Неман - с. Белица	91,7	117	81,9	108	74,3	102	59,0	92,8
Неман - г. Мосты	127	164	113	145	103	132	82,0	121
Неман - г. Гродно	164	209	147	194	133	182	106	166
Уша - с. Бол. Жуховичи	3,44	4,62	3,07	4,05	2,78	3,52	2,21	2,82
Березина - с. Неровы	6,05	8,06	5,40	7,08	4,89	6,18	3,89	5,05
Ислочь - с. Боровиковщина	3,66	4,88	3,27	4,25	2,96	3,74	2,35	3,13
Гавья - с. Лубинья	6,10	8,28	5,45	7,19	4,94	6,75	3,92	6,10
Жижма - с. Гельвицы	2,36	3,00	2,11	2,80	1,91	2,62	1,52	2,35
Дитва - с. Поречаны	3,87	5,07	3,46	4,47	3,14	3,92	2,49	3,32
Молчадь - с. Молчадь	1,32	1,69	1,18	1,54	1,07	1,39	0,85	1,24
Щара - г. Слоним	20,3	26,9	18,1	23,5	16,5	20,8	13,1	17,7
Мышанка - Березки	3,18	4,24	2,84	3,64	2,58	3,18	2,05	2,69
Гривда - г. Ивацевичи	2,40	3,23	2,14	2,68	1,94	2,25	1,54	1,83
Зельвянка - с. Пески	8,15	10,38	7,27	8,82	6,59	8,05	5,24	7,66
Россь - с. Студенец	4,35	5,54	3,89	5,13	3,52	4,77	2,80	4,35
Свислочь - с. Сух. Долина	7,34	9,78	6,55	8,53	5,94	7,49	4,72	6,28
Котра - пгт Сахкомбинат	8,52	11,5	7,61	10,0	6,90	8,72	5,48	6,99
Невища - Пиловня	2,10	3,01	1,88	2,46	1,70	0,44	1,35	0,08
Скиделька - Скидель	1,60	2,16	1,43	1,90	1,30	1,65	1,03	1,29
Вилия - с. Стешницы	6,95	9,10	6,21	8,03	5,63	7,12	4,47	6,12
Вилия - г. Вилейка	20,2	28,4	18,1	23,3	16,4	18,9	13,0	13,6
Вилия - ст. Залесье	39,0	52,0	34,8	45,6	31,6	39,9	25,1	32,9
Вилия - с. Михалишки	53,5	71,4	47,8	62,72	43,3	54,7	34,4	44,8
Сервечь - с. Кривичи	4,22	5,92	3,76	4,84	3,41	3,94	2,71	2,89
Илия - Щуки	6,60	8,88	5,89	7,83	5,34	6,77	4,24	5,31
Нарочь - Черемшицы	2,22	3,25	1,98	1,77	1,80	0,96	1,43	0,39
Уша - г. Молодечно	2,23	3,01	2,00	2,65	1,81	2,29	1,44	1,80
Ошмянка - с. Вел. Яцыны	8,45	11,27	7,55	9,87	6,84	8,63	5,43	7,12
Копаяювка - с. Черск	1,27	1,66	0,89	1,06	0,70	0,71	0,57	0,32
Мухавец - г. Брест	26,5	31,8	18,5	22,5	14,6	16,7	11,9	11,4
Осиповка - с. Петровичи	1,90	2,24	1,33	1,52	1,05	1,49	0,86	1,10
Рыта - с. Малые Радваничи	4,09	5,07	2,86	3,67	2,25	2,65	1,84	1,64
Лесная - с. Тюхиничи	9,85	10,4	6,90	9,75	5,42	9,06	4,43	8,33
Пульва - г. Высокое	1,21	1,36	0,84	1,14	0,66	0,98	0,54	0,80
Нарев - ур. Немержа	1,48	1,74	1,04	1,34	0,82	1,05	0,67	0,77

Примечание: Э – Экологический сток, Е – естественный сток



а – летне-осенний, б – зимний сезон

**Рисунок 1 – Экологический сток рек бассейна Балтийского моря**

### Список использованных источников

1. Гатило, П.Д. Об использовании предложений о минимально допустимом расходе воды в реках для охраны природы / П.Д. Гатило, И.М. Филиппович // Сб. науч. тр. – Минск, 1977. – Вып. 5: Комплексное использование водных ресурсов. – С. 45–53.
2. Алексеевский, Н.И. Общие подходы к оценке и достижению гидроэкологической безопасности речных бассейнов // Н.И. Алексеевский, В.М. Евстигнеев, С.В. Храменков, А.В. Христоворов // Вестник МГУ. – сер. 5, геогр. – 2000. – № 1. – С. 22–28.
3. Жукинский, В.Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка / В.Н. Жукинский // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30. № 2. – С. 213–221.
4. Фащевский, Б.В. Расчет экологически допустимого изменения характеристик водного режима рек Беларуси / Б.В. Фащевский // Природные ресурсы. – 1987. – № 1. – С. 30–35.
5. Коронкевич, Н.И. Современные антропогенные воздействия на водные ресурсы / Н.И. Коронкевич [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. – 1998. – № 5. – С. 55–67.
6. Антропогенное воздействие на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / Отв. ред.: Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. – М.: Наука, 2003. – 367 с.
7. Воложинская, А.С. Особенности оценки ограничения использования (изъятия) речных вод в Минской области на основе построения лимитирующих гидрографов стока / А.С. Воложинская [и др.] // Водные ресурсы, 2006. – № 21. – С. 47–54.
8. Маркин, В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки / В.Н. Маркин // Оценка экологически допустимого воздействия на малые реки [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.msuee.ru/kmirz/Htmls4/Markin/DopVozd.htm>. – Дата доступа: 04.05.2005.



## ОБ АСИМПТОТИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ ПАРАМЕТРА ОДНОГО ИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РЕЧНОГО СТОКА

*Волчек А.А., Махнист Л.П., Рубанов В.С.*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест, РБ,  
vig\_bstu@tut.by*

The article is supposed to give a theoretical foundation of asymptotic behavior of mathematical waiting for one of the even probabilities of many years oscillation of the river flow, widely used in the practice of hydrological calculations.

### Введение

Рассмотрим марковский процесс для описания колебаний речного стока, используемый в стохастической гидрологии.

Пусть  $\bar{V}$  – среднегодовой расход воды, а  $V_t$  – расход воды в момент времени  $t$ . Тогда, полагая  $X_t = (V_t - \bar{V}) / \bar{V}$ , процесс многолетних колебаний стока можно описать с помощью стационарного решения стохастического дифференциального уравнения (СДУ) Орнштейна-Уленбека с непрерывным временем [1]:

$$dX_t = -kX_t dt + \sigma dW_t \quad (1)$$

где  $W_t$  – стандартный винеровский процесс,  $\sigma = C_V \sqrt{2k}$ ,  $\sigma$  – интенсивность «белого шума»,  $C_V$  – коэффициент изменчивости речного стока,  $k^{-1}$  – время релаксации речного стока.

Уравнению (1) соответствует уравнение Фоккера-Планка, т.е. прямого уравнения Колмогорова  $\frac{\partial p}{\partial t} = k \frac{\partial}{\partial x}(xp) + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$ ,  $-\infty < x < +\infty$ ,

где коэффициент  $k$  определяется по формуле  $k = -\ln r$ , так как автокорреляционная функция колебаний стока имеет вид  $e^{-kr}$ , а  $r$  – коэффициент автокорреляции годового стока.

Пусть в начальный момент времени  $t=0$  сток равен  $y$ , а  $x_*$  – некоторое фиксированное значение стока. Выясним, за какой промежуток времени значение  $V$  будет находиться в полуинтервале  $[x_*, \infty)$  при условии, что  $y \in [x_*, +\infty)$ . Решить эту задачу можно с помощью обратного уравнения Колмогорова. Так как случайные колебания стока, описываемые СДУ (1), однородны по времени, то для двумерной плотности вероятности справедливо соотношение  $p(x, t | y, 0) = p(x, 0 | y, t)$ .

Обратное уравнение Колмогорова для процесса (1) имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial t} p(x, t | y, 0) = -ky \frac{\partial}{\partial y} p(x, t | y, 0) + \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{\partial^2 p(x, t | y, 0)}{\partial y^2}. \quad (2)$$

Пусть  $T$  – момент времени, в который значение  $V$  покинет промежуток  $[x_*, +\infty)$ .

$$\text{Тогда } \text{prob}(T \geq t) = G(y, t), \quad G(y, t) = \int_{x_*}^{+\infty} p(x, t | y, 0) dx.$$

Интегрируя (2) по  $x$  на интервале от  $x_*$  до  $+\infty$ , получаем

$$\frac{\partial G(y, t)}{\partial t} = -k y \frac{\partial G(y, t)}{\partial y} + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 G(y, t)}{\partial y^2}.$$

Учитывая условия отражения на бесконечности и поглощения в точке  $y = x_*$ , получим следующие краевые условия:

$$G(y, t)|_{y=x_*} = 0, \quad \left. \frac{\partial G(y, t)}{\partial y} \right|_{y=+\infty} = 0.$$

Так как функция  $1 - G(y, t)$  является распределением случайной величины  $T$ , то среднее время достижения границы  $x_*$  определяется соотношением

$$T_1 = - \int_0^{+\infty} t \frac{\partial G(y, t)}{\partial t} dt = \int_0^{+\infty} G(y, t) dt.$$

Интегрируя (2) по  $t$  на интервале от 0 до  $+\infty$  и учитывая, что

$$\int_0^{+\infty} \frac{\partial G}{\partial t} dt = G(x, +\infty) - G(x, 0) = -1,$$

получаем следующее уравнение для  $T_1$ :

$$\frac{1}{2} \sigma^2 \frac{d^2 T_1}{dy^2} - k y \frac{dT_1}{dy} = -1, \quad \text{при } \frac{dT_1}{dy}(+\infty) = 0, \quad T_1(y)|_{y=x_*} = 0.$$

Введя безразмерные величины  $kT_1 = \theta_1$ ,  $y \frac{\sqrt{2k}}{\sigma} = \frac{y}{C_V} = \xi$ ,  $x_* \frac{\sqrt{2k}}{\sigma} = \frac{x_*}{C_V} = \xi_*$ ,

приходим к уравнению

$$\frac{d^2 \theta_1}{d\xi^2} - \xi \frac{d\theta_1}{d\xi} = -1, \quad \frac{d\theta_1}{d\xi}(+\infty) = 0, \quad \theta_1(\xi)|_{\xi=\xi_*} = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3), приведенное в [1], при решении различных прикладных задач, например в [2], интегрировалось численными методами. В [3] получено точное решение уравнения (3), представленное в виде степенного ряда:

$$\theta_1(\xi) = S_1(\xi) - S_1(\xi_*), \quad (4)$$

где  $S_1(\xi) = \sum_{k=1}^{+\infty} \left( \frac{\pi}{2} \right)^{\left\{ \frac{k}{2} \right\}} \frac{(-1)^{k-1} \xi^k}{(k-1)!! k}$ , а  $\{t\}$  – дробная часть числа  $t$ .

### Об асимптотическом поведении решения уравнения модели

В [4] получены условия для вычисления суммы сходящегося ряда в соотношении (4) с заданной степенью точности. Анализ полученных результатов и их программной реализации позволяет сделать вывод о необходимости исследования асимптотического поведения решения (4) и соответствующих рядов.

Функция  $\theta_1(\xi)$  является возрастающей на всей числовой прямой, так как  $\frac{d\theta_1}{d\xi} = \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)}$ , где  $\Phi(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\xi e^{-\frac{t^2}{2}} dt$  – интеграл вероятностей,

а

$\varphi(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi^2}{2}}$  – плотность стандартного нормального распределения.

Исследуем функцию  $\theta_1(\xi)$  на вогнутость и выпуклость.

Так как  $\frac{d^2\theta_1}{d\xi^2} = \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} \xi - 1$ , то  $\frac{d^2\theta_1}{d\xi^2} < 0$ , если  $\xi \leq 0$ .

Учитывая, что для любого  $\xi > 0$  выполняется

$$\int_\xi^{+\infty} \frac{(t^2 + 1)e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{t^2} = \frac{e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{\xi} \text{ и } \int_\xi^{+\infty} \frac{(t^4 + 4t^2 - 3)e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{(t^2 + 3)^2} = \frac{\xi e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{\xi^2 + 3}, \text{ получаем}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{\pi}{2}} - \int_0^\xi e^{-\frac{t^2}{2}} dt &= \int_\xi^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt < \int_\xi^{+\infty} \frac{t^6 + 6t^4 + 9t^2 + 6}{t^2(t^2 + 3)^2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \int_\xi^{+\infty} \frac{2(t^2 + 1)e^{-\frac{t^2}{2}}}{3t^2} dt + \\ &+ \int_\xi^{+\infty} \frac{(t^4 + 4t^2 - 3)e^{-\frac{t^2}{2}}}{3(t^2 + 3)^2} dt = \frac{2e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{3\xi} + \frac{\xi e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{3(\xi^2 + 3)} = \frac{(\xi^2 + 2)e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{\xi(\xi^2 + 3)} \text{ или} \\ \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} &< \frac{\xi^2 + 2}{\xi(\xi^2 + 3)}. \end{aligned}$$

Заметим, что выполняется равенство:

$$\int_\xi^{+\infty} \frac{(t^2 - 1)e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{(t^2 + 1)^2} = -\left. \frac{te^{-\frac{t^2}{2}}}{t^2 + 1} \right|_\xi^{+\infty} + \int_\xi^{+\infty} \frac{tde^{-\frac{t^2}{2}}}{t^2 + 1} = \frac{\xi e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{\xi^2 + 1} - \int_\xi^{+\infty} \frac{t^2 e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{t^2 + 1}$$

Тогда для  $\xi > 0$  получаем

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{\pi}{2}} - \int_0^\xi e^{-\frac{t^2}{2}} dt &= \int_\xi^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt > \int_\xi^{+\infty} \frac{(t^4 + 2t^2 - 1)e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{(t^2 + 1)^2} = \\ &= \int_\xi^{+\infty} \frac{(t^2 - 1)e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{(t^2 + 1)^2} + \int_\xi^{+\infty} \frac{t^2 e^{-\frac{t^2}{2}} dt}{t^2 + 1} = \frac{\xi e^{-\frac{\xi^2}{2}}}{\xi^2 + 1} \text{ или } \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} > \frac{\xi}{\xi^2 + 1}. \end{aligned}$$

Таким образом, для любого  $\xi > 0$  выполняется неравенство

$$\frac{\xi}{\xi^2 + 1} < \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} < \frac{\xi^2 + 2}{\xi(\xi^2 + 3)}.$$

Следовательно, для любого  $\xi > 0$  выполняется неравенство  $-\frac{1}{\xi^2 + 1} < \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} \xi - 1 < -\frac{1}{\xi^2 + 3}$ , т.е.  $\frac{d^2\theta_1}{d\xi^2} < 0$ , и функция  $\theta_1(\xi)$  является выпуклой на всей числовой прямой.

Так как  $\frac{d^3\theta_1}{d\xi^3} = \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)}(\xi^2 + 1) - \xi$ , то  $\frac{d^3\theta_1}{d\xi^3} > 0$ , если  $\xi \leq 0$ .

Учитывая, что  $0 < \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)}(\xi^2 + 1) - \xi < \frac{2}{\xi(\xi^2 + 3)}$  для любого  $\xi > 0$ , то  $\frac{d^3\theta_1}{d\xi^3} > 0$  и функция  $\frac{d^2\theta_1}{d\xi^2}$  является возрастающей на всей числовой прямой.

Заметим, что для любого  $\xi \geq \xi_* > 0$  выполняется

$$\theta_1(\xi) = \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{0,5 - \Phi(t)}{\varphi(t)} dt \geq \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{tdt}{t^2 + 1} = \frac{1}{2} \ln \frac{\xi^2 + 1}{\xi_*^2 + 1} \quad \text{и}$$

$$\theta_1(\xi) = \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{0,5 - \Phi(t)}{\varphi(t)} dt \leq \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{(t^2 + 2)dt}{t(t^2 + 3)} = \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{2dt}{3t} + \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{tdt}{3(t^2 + 3)} = \frac{1}{6} \ln \frac{t^6 + 3t^4}{t_*^6 + 3t_*^4}.$$

Следовательно,  $\frac{1}{2} \ln \frac{\xi^2 + 1}{\xi_*^2 + 1} \leq \theta_1(\xi) \leq \frac{1}{6} \ln \frac{t^6 + 3t^4}{t_*^6 + 3t_*^4}$  для любого  $\xi \geq \xi_* > 0$ .

Так как для любого  $\xi \geq 0$   $\frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} < \frac{\xi^2 + 2}{\xi^3 + 3\xi}$ , то

$\frac{d^4\theta_1}{d\xi^4} = \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)}(\xi^3 + 3\xi) - (\xi^2 + 2) < 0$ , т.е. функция  $\frac{d^3\theta_1}{d\xi^3}$  является убывающей на интервале  $[0; +\infty)$ .

Учитывая условие  $\left. \frac{d^3\theta_1}{d\xi^3} \right|_{\xi=0} = \sqrt{\frac{\pi}{2}}$  и то, что  $\frac{d^3\theta_1}{d\xi^3} > 0$  имеем

$$0 < \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)}(\xi^2 + 1) - \xi \leq \sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad \text{или} \quad \frac{\xi}{\xi^2 + 1} < \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} \leq \frac{\sqrt{\frac{\pi}{2}} + \xi}{\xi^2 + 1}.$$

Следовательно,  $\ln \sqrt{\xi^2 + 1} \leq S_1(\xi) \leq \sqrt{\frac{\pi}{2}} \arctg \xi + \ln \sqrt{\xi^2 + 1}$  (5)

для любого  $\xi \geq 0$ . Учитывая то, что  $\arctg \xi < \frac{\pi}{2}$  и  $\sqrt{\frac{\pi^3}{8}} \approx 1,97$ , имеем неплохое приближение функции  $S_1(\xi)$  при больших значениях  $\xi > 0$ :

$$\ln \sqrt{\xi^2 + 1} < S_1(\xi) < \ln \sqrt{\xi^2 + 1} + 2.$$

Так как функция  $\frac{d\theta_1}{d\xi}$  является убывающей и вогнутой вверх функцией на интервале  $[0; +\infty)$ , то для любого  $x$  ( $0 \leq x \leq \xi$ ) выполняется неравенство

$y_1(x) \leq \theta_1'(x) \leq y_2(x)$ , где  $y_2(x) = \frac{\theta_1'(\xi) - \theta_1'(0)}{\xi}x + \theta_1'(0)$  – уравнение

прямой проходящей через точки  $(0, \theta_1'(0))$  и  $(\xi, \theta_1'(\xi))$ , а

$y_1(x) = (\theta_1'(\xi)\xi - 1)x + \theta_1'(\xi)(1 - \xi^2) + \xi$  – уравнение касательной к кривой  $\theta_1'$  в точке  $(\xi, \theta_1'(\xi))$ .

$$\text{Тогда } \frac{\xi^2}{2} + \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} \left( \xi - \frac{\xi^3}{2} \right) < \int_0^\xi \frac{0,5 - \Phi(t)}{\varphi(t)} dt < \left( \sqrt{\frac{\pi}{2}} + \frac{0,5 - \Phi(\xi)}{\varphi(\xi)} \right) \frac{\xi}{2}$$

и, следовательно,

$$0,8278 \approx 0,5 + \frac{0,5 - \Phi(1)}{2\varphi(1)} < S_1(1) < \sqrt{\frac{\pi}{8}} + \frac{0,5 - \Phi(1)}{2\varphi(1)} \approx 0,9545 \text{ и, кроме то-}$$

го,  $S_1(1) \approx 0,9019$ , используя (4).

Тогда для любого  $\xi > 1$  имеем:

$$\ln \sqrt{\xi^2 + 1} + S_1(1) - \ln \sqrt{2} < S_1(\xi) < \ln \sqrt[6]{\xi^6 + 3\xi^4} + S_1(1) - \ln \sqrt[6]{4}. \quad (6)$$

Учитывая, что  $\ln \sqrt[6]{\xi^6 + 3\xi^4} < \ln \sqrt{\xi^2 + 1}$ , получим

$\ln \sqrt{\xi^2 + 1} + S_1(1) - \ln \sqrt{2} < S_1(\xi) < \ln \sqrt{\xi^2 + 1} + S_1(1) - \ln \sqrt[6]{4}$ , что позволяет вычислять значения функции  $S_1(\xi)$  с точностью не большей чем  $\ln \sqrt{2} - \ln \sqrt[6]{4} = \ln \sqrt[6]{2} \approx 0,1155$ .

### Заключение

Предложено теоретическое обоснование асимптотического поведения математического ожидания одного из одномерных распределений вероятностей многолетних колебаний речного стока, широко используемого в практике гидрологических расчетов.

Анализ методики получения неравенств (5), (6) позволяет получить асимптотическое представление решения рассматриваемой модели с помощью изучения его производных более высокого порядка, что может послужить темой дальнейших исследований.

### Список использованных источников

1. Найденов, В.И. Нелинейные модели колебаний речного стока / В.И. Найденов, В.И. Швейкина // Водные ресурсы. – М., 2002. – Том 29, № 1. – С. 62–67.

2. Волчек, А.А. Сравнительная оценка марковских и нелинейных моделей годового стока рек Беларуси / А.А. Волчек, С.И. Парфомук // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест, 2006. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 56–60.

3. Волчек, А.А. О решении одной стохастической модели многолетних колебаний речного стока / А.А. Волчек, И.И. Гладкий, Л.П. Махнист, С.И. Парфомук // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест, 2008. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 84–87.

4. Волчек, А.А. О сходимости решения одной малопараметрической модели многолетних колебаний речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест, 2009. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 2–5.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНО- ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА

**Волчек А.А., Шешко Н.Н.**

*Учреждения образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, , [volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by), [optimum@tut.by](mailto:optimum@tut.by)*

The article describes the modern approaches to the analysis of the transformation of a small drainage network, as one of the most important elements of ecosystems. Proposed indicators that would better describe the condition of drainage (catchment asymmetry, displacement of the river bed general and predominant), and developed methods for their determination. Their practical applicability and informative for the analysis of state of the hydrographic network natural-territorial complex Bialowieza Forest is shown. Three zones in limits of the natural-territorial complex Bialowieza Forest, characterizing the extent of transformation of the hydrographic network are selected.

### **Материалы и методы**

Беловежская пуца является уникальным памятником нетронутой природы европейского континента, включенным в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО, согласно документам которого: «экологическая ценность Беловежской пуцы заключается в том, что на этой территории сохранился древний реликтовый широколиственный лес, который, по сравнению с другими низинными лесами Европы, является мало нарушенным хозяйственной деятельностью человека» [1]. Увеличение интенсивности хозяйственной деятельности требует все более новых подходов к мониторингу и сохранению заповедных лесных массивов. Беловежская пуца представляет собой крупный массив с наличием большого числа микросистем, имеющих различные биологические и гидрологические характеристики.

Малая гидрографическая сеть является важным компонентом любого природного комплекса, в том числе и Беловежской пуцы, а её состояние – индикатором тенденций к изменениям такого рода комплексов. Малая гидрографическая сеть представляет собой совокупность истоков, малых рек, небольших водоемов естественного и искусственного происхождения. Изучению различных аспектов формирования водных ресурсов и качества воды малых равнинных рек посвящено много исследований [2; 3; 4]. В них рассмотрен ряд общих и региональных закономерностей формирования и методов расчета жидкого, твердого и химического стока, характеристик их хозяйственного использования, намечены пути оздоровления малых рек.

Изменение ландшафтов малых рек происходит под влиянием естественных и антропогенных факторов.

К естественным факторам трансформации речных бассейнов природно-территориального комплекса относятся геолого-геоморфологические, гидрологические, климатические и др. Из последних наиболее масштабных трансформаций малой гидрографической сети данной территории можно отметить геолого-морфологические преобразования, вызванные воздействием Днепровского и Московского оледенения. Данный факт подтверждают встречающиеся периферийные ледниковые формы рельефа (гряды, холмы и т.д.) среди флювиогляционных отложений, в которых протекали активные аллювиальные, озерные и болотные процессы, приведшие к появлению заболоченных и плоских озерно-аллювиальных равнин и обширных речных террас. Трансформация, обусловленная карстовыми процессами? не характерна для территории ПТК БП, так как при анализе геологического разреза по существующим гидрогеологическим створам не выявлено характерных горных пород. Эрозионно-аккумулятивные и оползневые процессы также не характерны для данной территории, в связи с малой врезкой русла рек и значительной шириной поймы.

Одним из наиболее важных факторов трансформации ландшафтов бассейнов малых рек является климат. Влияние его носит разнонаправленный характер. В зависимости от циклов по водности лет (главным образом, многолетних) происходит изменение структурно-динамической организации речных комплексов. В работе [0] представлены изменения водного режима при различных сценариях изменения климата в будущем. Так, согласно данной работе, увеличение температуры воздуха на 2 °С и уменьшение годовых атмосферных осадков на 10 % приведет к снижению речного стока на территории Брестской области на 29,3 %. Наиболее трансформированным будет сток в летние месяцы, что наиболее негативно для малых рек. В отличие от многоводных периодов, в засушливые циклы наблюдается резкое уменьшение поверхностного стока, обмеление пойм и пересыхание постоянных водотоков.

Значительную роль в трансформации гидрографической сети ПТК БП играют антропогенные факторы, одними из которых были: частичное спрямление русел рек для пропуска паводковых вод, строительство крупных гидромелиоративных систем на прилегающих болотных массивах.

В результате проведения комплекса мелиоративных мероприятий на водосборах рек пуши созданы крупные мелиоративные комплексы. Основным методом мелиорации на данной территории является понижение уровня грунтовых вод открытыми каналами. Для улучшения свойств водоприемника проведены спрямления и профилирование русла рек (р. Лесная, р. Наревка, р. Гвозна, р. Белая и др.). В охранный зоне заповедника находится значительное количество аграрных объединений, земли которых мелиорированы.

В настоящее время для дистанционного исследования состояния гидрографической сети используются два основных параметра: извилистость и густота гидрографической сети. Однако, оперируя только этими параметрами, невозможно полностью описать трансформацию гидрографической сети. Так, в некоторых случаях при значительных изменениях положения русла реки извилистость и густота гидрографической сети не изменятся, что позволяет сделать вывод о недостаточности данных показателей.

Для характеристики формы реки в плане используется коэффициент извилистости русла реки

$$\rho = \frac{L}{l}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина русла реки основного тальвега;  $l$  – расстояние по прямой между истоком и устьем реки. Данный показатель применим для характеристики извилистости всей реки. Описание извилистости реки, особенно ее участков, коэффициентом  $\rho$  затруднено, вследствие слабой его чувствительности. Данная ситуация характерна для рек, водосбор которых имеет значительную асимметрию. Поэтому учет асимметрии водосбора даст возможность более достоверно оценить величину трансформации извилистости русла реки. Для чего в формулу (1) вводится поправочный коэффициент  $\xi$

$$\rho' = \frac{L}{l \cdot \xi}, \quad (2)$$

где  $\xi = f\left(\left|\sum_i A_{R,i} - \sum_i A_{L,i}\right|, L, l\right)$ . Коэффициент прямо пропорционально зависит от разницы суммы правых  $\sum_i A_{R,i}$  и левых  $\sum_i A_{L,i}$  площадей. При этом он обратно пропорционален длине русла реки  $L$ , а также расстоянию по прямой линии между истоком и устьем реки  $l$ . Исходя из этого, можем записать формулу в общем виде для определения  $\xi$

$$\xi = \frac{\left|\sum_i A_{R,i} - \sum_i A_{L,i}\right|}{L \cdot l} \cdot \alpha + 1, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности. Значение коэффициента асимметрии водосбора  $\xi$  в случае  $\left|\sum_i A_{R,i} - \sum_i A_{L,i}\right| \rightarrow 0 \Rightarrow \xi \rightarrow 1$ .

Для определения коэффициента  $\alpha$  выполнен анализ формы «элементарного» участка реки, аппроксимированного двумя сторонами равнобедренного прямоугольного треугольника.

Таким образом, имеем

$$\begin{aligned} l &= \frac{L}{\sqrt{2}} \\ \left|\sum_i A_{R,i} - \sum_i A_{L,i}\right| &= \frac{L^2}{8} \\ \xi &= \frac{\cancel{L} \cdot \sqrt{2}}{\cancel{L} \cdot \cancel{L} \cdot 8} \cdot \alpha + 1 = \frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \alpha + 1 \end{aligned} \quad (4)$$



$$\rho' = \frac{\mathcal{L} \cdot \sqrt{2}}{\mathcal{L} \cdot \left( \frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \alpha + 1 \right)} \Rightarrow \left( \frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \alpha + 1 \right) = \frac{\sqrt{2}}{\rho'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \alpha = \frac{\sqrt{2}}{\rho'} - 1 \Rightarrow \alpha = \frac{(\sqrt{2} - \rho') \cdot 8}{\rho' \cdot \sqrt{2}}$$
(5)

Примем значение коэффициента извилистости для данной схемы равным  $\rho' = 1,01$  (т.к. извилистость обусловлена одним поворотом на  $90^\circ$ , значение принято близким к единице), по формуле (5) получили значения параметра  $\alpha = 2,26$ .

В качестве количественного показателя изменения положения водотоков использовалась величина среднего смещения  $S_{genl}$  русла реки на единицу ее длины

$$S_{genl} = \frac{\sum_i A_{R,i} + \sum_i A_{L,i}}{L},$$
(6)

где  $\sum_i A_{R,i}$  и  $\sum_i A_{L,i}$  – сумма площадей фигур, образованных пересечением линий русла реки основного тальвега в начальный момент времени ( $t_0$ ) и текущий момент времени ( $t$ ). Индексы  $R$  (справа) и  $L$  (слева) отображают площади образовавшихся фигур относительно линии русла реки слева и справа по течению за время  $t_a - t_b$ .

Представим формулу (6) в виде

$$S_{vect} = \frac{\sum_i A_{R,i} - \sum_i A_{L,i}}{L},$$
(7)

получаем величину преобладающего среднего смещения русла реки на единицу его длины. Выполнение условия  $\sum_i A_{R,i} - \sum_i A_{L,i} \approx 0$  соответствует частичному спрямлению русла реки.

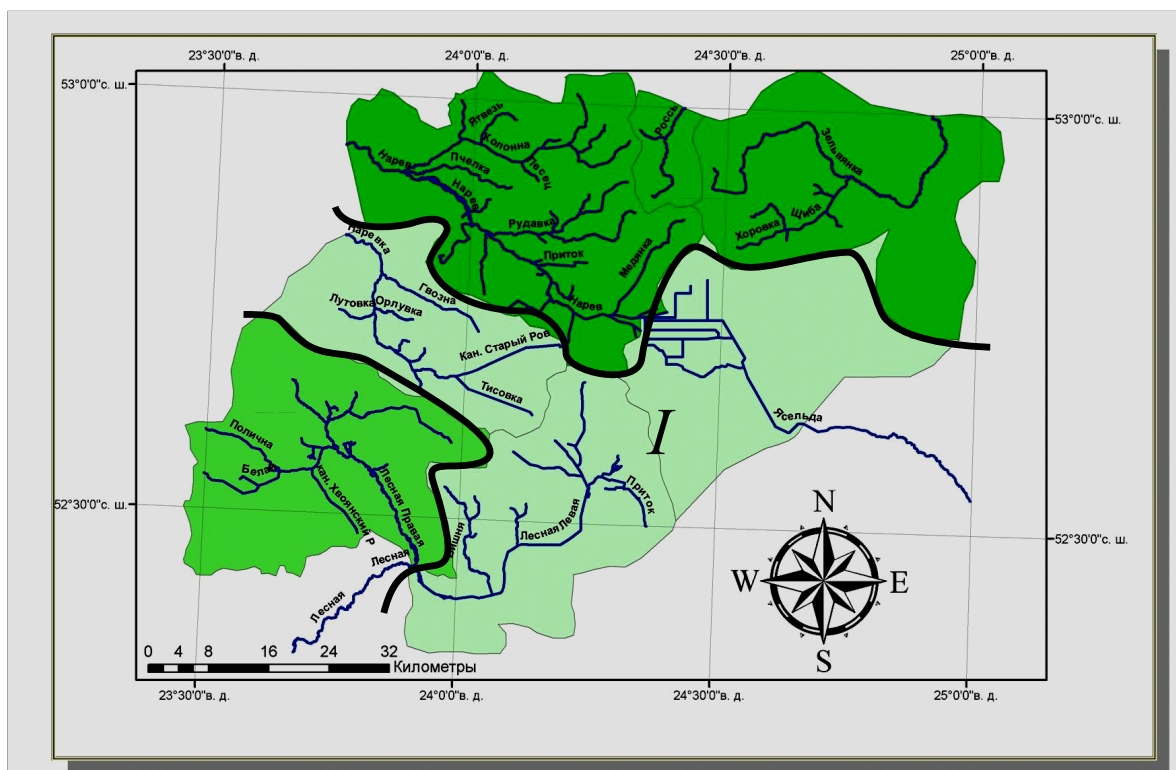
### Анализ результатов

На основе вышеизложенных методов и разработанной ГИС гидрографической сети ПТК БП выполнен анализ антропогенных воздействий на гидрографическую сеть в пределах основных водосборов.

С использованием предложенной нами методики выполнен анализ смещения положения русла (формулы (6), (7)) и трансформации извилистости (формула (2)). Кроме того, в качестве основы для выполнения исследований была использована разработанная ГИС гидрографической сети национального парка. Результаты обработки цифровой информации представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Трансформация извилистости участков рек ПТК БП**

Наименование реки	Извилистость участка русла реки ( $\rho$ )		Извилистость участка русла реки с учетом асимметрии водосбора ( $\rho'$ )		Смещение русла реки, м	
	на 1930 г.	на 2005 г.	на 1930 г.	на 2005 г.	среднее $S_{genl}$	преобладающее $S_{vect}$
Зельвянка	2,22	2,22	2,03	1,98	86	10
Лесная Левая	2,53	2,36	1,69	1,52	111	103
Лесная Правая	1,29	1,34	1,21	1,26	50	3
Нарев	1,37	1,35	1,37	1,33	52	3
Наревка	1,52	1,47	1,17	1,13	65	51
Россь	1,36	1,33	1,29	1,33	13	11
Ясельда	1,39	1,21	1,37	1,17	385	92



(I – сильно трансформированный водосбор; II – умеренно трансформированный водосбор III – незначительно трансформированный водосбор)

**Рисунок 1 – Трансформация гидрографической сети**

На основе количественных показателей применялась группировка для выделения водосборов и последующее осреднение результатов. Используя следующую шкалу, выделяем группы водосборов по степени трансформации водосбора: I – сильно трансформированный водосбор; II – умеренно трансформированный водосбор III – незначительно трансформированный водосбор. Для представления о географии процессов результаты приведены на рисунке 1.

### Список использованных источников

1. МАВ-Belarus, Belovezhskaya Pushcha Biosphere Reserve Nomination Form. – 1993, 25pp.
2. Вендров, С.Л. Проблемы малых рек / С.Л. Вендров, Н.И. Коронкевич, А.И. Субботин // Вопросы географии, сборник 118 «Малые реки» – М.: Мысль, 1981. – 270 с.
3. Ясинский, С.В. Проблемы малых рек России / С.В. Ясинский, Н.И. Коронкевич, Д.А. Елисеев // Гидротехническое строительство. – 1994. – № 8. – С. 1–5.
4. Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: сб. материалов Межресп. науч.-практ. конф. Краснодар, 20–23 июня 1992 г. / Под ред. В.Я. Кагалевский. – Краснодар, 1992. – 228 с.
5. Логинов, В.Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек. – Минск: Тонпик, 2006. – 160 с.

УДК 631.61

### К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ТОРФЯНЫХ РАЗРАБОТОК НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТНОГО МАССИВА «МОРОЧНО»)

*Волчек А.А., Шпендик Н.Н.\*., Хинич А.И.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by)*

*\*Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», г. Брест, РБ, [shpendik@tut.by](mailto:shpendik@tut.by)*

The estimation of influence develops peat deposit "Morochno" on the hydrological regime.

#### **Введение**

В связи с интенсивным преобразованием естественных природных ландшафтов остро стоит проблема оценки антропогенных изменений гидрологического режима территорий и контроля состояния водных ресурсов, через которые происходит важнейший аспект взаимодействия человека и окружающей среды.

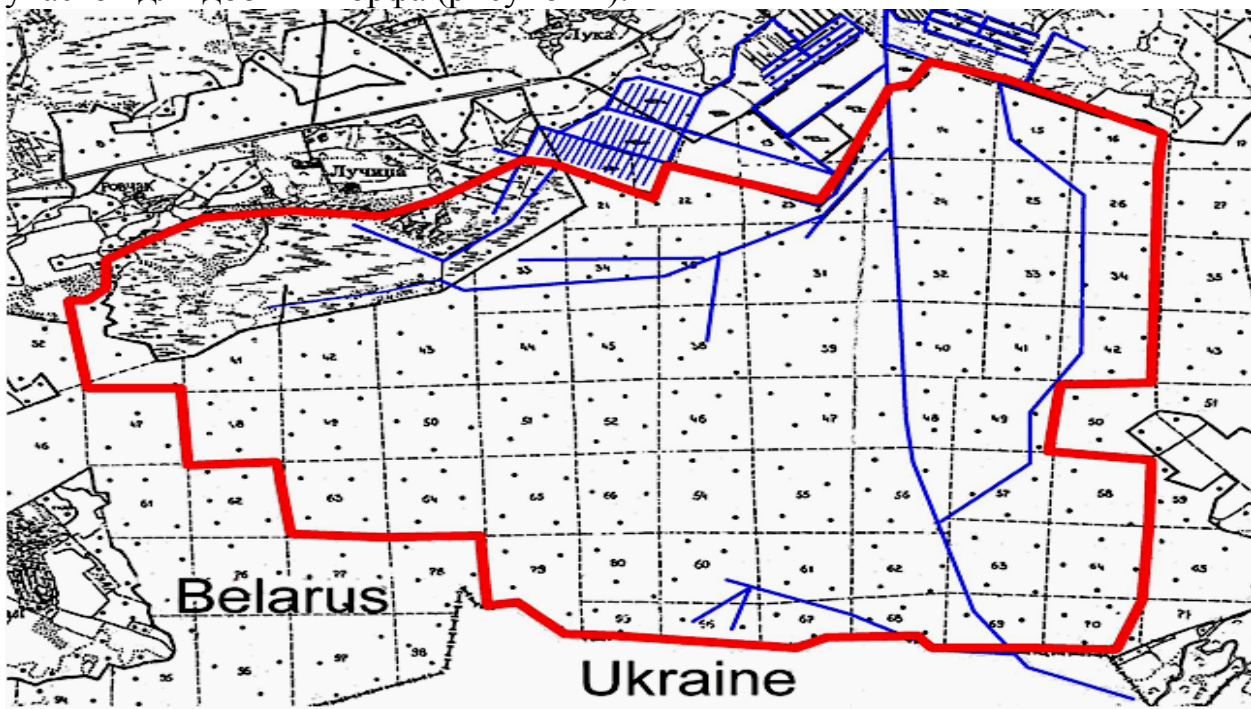
Одним из видов хозяйственной деятельности, вызывающей изменения количественных и качественных характеристик водного режима, является разработка торфяных месторождений и их последующая рекультивация. Общая площадь торфяных месторождений составляет свыше 220 тыс. га. Добыча торфа в настоящее время ведется на 109 тыс. га. Государственной программой предусматривается увеличение площади разрабатываемого торфяного фонда еще на 31,5 тыс. га. [1].

Несмотря на важность объективной оценки гидрологических последствий антропогенных воздействий и значительное число выполненных исследований, до сих пор нет единой методики этой оценки, т. к. на водосборе действует большое число факторов, находящихся в сложных взаимодействиях друг с другом. Надежная количественная оценка современных и перспективных изменений водного режима территорий и гидрологического режима рек, в бассейнах которых

эксплуатируются или находятся выработанные торфяные месторождения, может быть получена лишь на основании проведения комплексного научного исследования, предусматривающего применение одновременно различных методических приемов, позволяющих уверенно выявить роль антропогенной составляющей.

### **Исследуемая территория**

Болотный массив «Морочно» – одно из крупнейших верховых болот с нарушенным гидрологическим режимом. В 1960-е годы через весь болотный массив был прорыт ряд мелиоративных каналов, в 1980-е — на севере массива отведен участок для добычи торфа (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Торфяное месторождение «Морочно» Столинский район Брестской области*

Однако, несмотря на мелиоративные работы, большая часть болота сохранилась в естественном состоянии. Сильной и средней деградации подвержены экосистемы, прилегающие к торфоплощадкам и каналам, что составляет около 20% территории болота. Здесь исчезают сфагновые мхи, появляется вереск, а местами полностью выпадает напочвенный покров.

На территории болотного массива «Морочно» находятся истоки ряда малых рек. До настоящего времени гидрографическая сеть данной территории практически не изменилась. В 1970-х на севере болота началась добыча торфа, что повлекло за собой значительное изменение гидрологического режима в северной части болота. Для обеспечения добычи торфа уровень воды на участке понижен путем сброса воды по системе каналов относительно поверхности болота на 1,5 – 2,0 м. Кроме того, по периметру участка прокопан обводной канал, который одновременно дренирует как торфоучасток, так и примыкающую часть естественного болота. Скорость сброса воды с естественного болота существенно увеличилась за счет соединения старой осушительной сети (канала Дубойский) на севере болота Морочно с сетью каналов торфоплощадки. Глубина обводного

канала торфоплощадки 3,0 – 3,5 м, ширина - 4,0 - 6,0 м. Сток по ним в весеннее время (конец апреля – май) интенсивный, уровень воды в канале на 2,5 метра ниже поверхности почвы.

Понижение уровня грунтовых вод увеличило вероятность возникновения пожаров. Так, пониженный участок переходного осоково-сфагнового болота, протянувшийся узкой полосой через кварталы № 30, 72, 44 Теребежовского лесничества, пройден пожаром в 2003 году.

Выработанные торфяные месторождения оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду:

- нарушение естественного водного режима является основной причиной продолжающейся деградации земель;
- торфодобыча приводит к полной и долгосрочной деградации болотной экосистемы;
- пожары — одна из наиболее опасных экологических угроз, приводящая к залповым выбросам диоксида углерода;
- рубки леса на минеральных островах приводят к деградации уникальных старовозрастных лесов;
- водная и ветровая эрозия на территории торфоплощадки ведет к деградации торфяной залежи, ухудшению гидрохимических показателей рек-водоприемников, загрязнению воздуха.

#### **Расчет зоны влияния осушительной сети при выработке торфяных месторождений**

При разработке торфяных месторождений неизбежно происходит снижение уровней грунтовых вод не только на самом месторождении, но и прилегающих территориях, происходит замена подстилающей поверхности, снижение почвенных влагозапасов, а в некоторых случаях изменение направления грунтовых потоков.

При оценке влияния выработки торфяных месторождений на гидрологический режим определяются два наиболее важных параметра: зона влияния осушительной сети и величина снижения уровня грунтовых вод. Для расчетов этих величин применяют различные формулы и методики, выбор которых определяется в первую очередь гидрологическими условиями и наличием исходных данных. Нами использован метод определения этих величин с применением формул Ф.М. Бочевера [3] и К.Г. Асатура [4].

Для расчета понижения УГВ территорий, прилегающих к осушенным массивам, используется формула Ф.М. Бочевера:

$$H_p = H_0 \operatorname{erfc} x, \quad (1)$$

где  $H_p$  – понижение уровня грунтовых вод в расчетной точке, м;  $H_0$  – понижение уровня воды на границе выработанной площади, м;  $x$  – расстояние от границы выработанной площади до расчетной точки, м;  $t$  – время от весеннего паводка до расчетного периода (принято  $t = 120$  суток);

$\operatorname{erfc}$  – математическая функция;  $a$  – коэффициент уровнеспроводности, определяется по формуле:

$$a = k, \text{ м/сут.}, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.;  $m$  – средняя мощность водоносного слоя, м;  $\alpha$  – коэффициент водоотдачи грунтов водоносного слоя.

Для установления зоны влияния мелиоративных каналов на уровень грунтовых вод прилегающих территорий применяют уравнение К.Г. Асатура:

$$\lambda = \sqrt{2 \pi}, \quad (3)$$

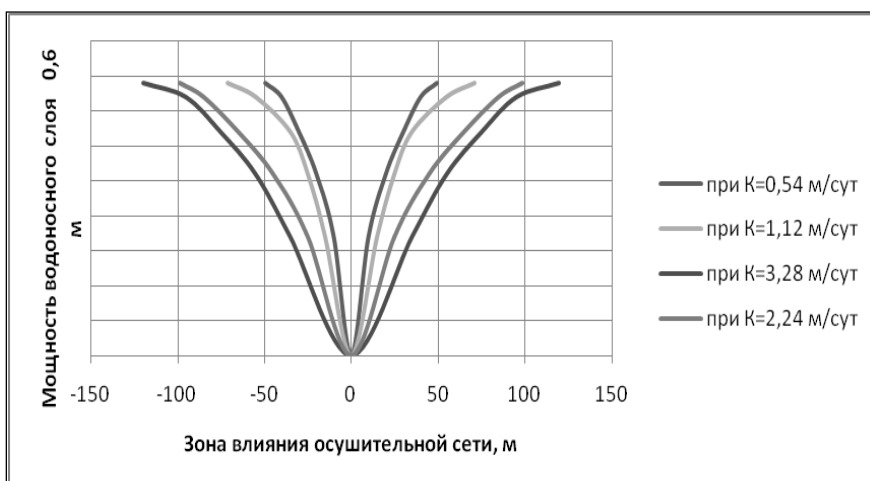
где  $\lambda$  – ширина зоны влияния, м;  $h$  – мощность водоносного слоя, м.

Для торфяного месторождения “Морочно” произведен расчет зоны влияния осушительной сети по приведенной выше формуле К. Г. Асатура (3). Коэффициент фильтрации исследуемой территории находится в пределах  $k=0,54-3,28$  м/сут., расчет произведен по следующим значениям из этого ряда: 0,54, 1,12, 2,24, 3,28 (м/сут.); мощность водоносного слоя  $h=0,60$  м; время от весеннего паводка до расчетного периода (принято  $t = 120$  суток); коэффициент водоотдачи грунтов водоносного слоя  $\mu=0,1$ .

Расчетные значения зоны влияния выработанного торфяного месторождения сводим в таблицу.

**Таблица - Значения зоны влияния выработанного торфяного месторождения в зависимости от коэффициента фильтрации**

К, м/сут	0,54	1,12	2,24	3,28
$\lambda$ , м	49,4	71,2	100,6	121,7



По значениям таблицы построен график зависимости зоны влияния от коэффициента фильтрации (рисунок 2).

**Рисунок 2– График зависимости зоны влияния от коэффициента фильтрации**

### Заключение

В результате анализа методов и способов оценки изменений водного режима разрабатываемых торфяных месторождений и прилегающих территорий наиболее приемлемым являются методы математического моделирования. Причем для решения поставленной задачи необходимо решать ее в два этапа: долгосрочный вероятностный прогноз с использованием тепловодно-балансовых методов, учитывающих как длительное воздействие антропогенных факторов, так и климатических изменений; краткосрочный прогноз с помощью дифференциальных уравнений теплового переноса, учитывающего воздействие кратковременных антропогенных факторов и погодных изменений.

Ввиду большого разнообразия природно-климатических условий для каждого конкретного объекта типовые расчетные схемы должны корректироваться с учетом индивидуальных особенностей разрабатываемого торфяного месторождения.



### Список использованных источников

1. Институт проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси / ТКП / РП – 1 – 2008 Порядок и правила проведения работ по экологической реабилитации выработанных торфяных месторождений и других нарушенных болот путем повторного заболачивания. – Минск, 2008.
2. Бурлибаев, М.Ж. Гидрологические измерения и гидрогеологические расчеты для водохозяйственных целей / М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, М.Ю. Калинин – Алматы: Каганат, 2004. – 358 с.
3. Методические рекомендации по определению размеров зоны влияния мелиоративных систем на уровень грунтовых вод прилегающих земель – М., 1997.
4. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства (РПИ-82). Ч. 9. – Мн., 1985.

УДК 556.016(476.1)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕК ПРИПЯТСКОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА ТЕПЛОВОДНО-БАЛАНСОВЫМ МЕТОДОМ

*Волчек А. А.<sup>1</sup>, Натарова О. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, A\_Volchek@RAMBLER.ru*

<sup>2</sup>*Государственное научное учреждение «Институт природопользования НАН Беларуси», г. Минск, РБ, festaxa@yandex.ru*

The ongoing climate fluctuations is expressed not only in variations of climatic characteristics, but also in the active impact on the hydrological regime of rivers, particularly the redistribution of runoff within the hydrological phases, and between them. These changes are amplified by anthropogenic influences in some cases. We set the goal is to identify the main causes of changes in the Pripyatski hydrological district of the drainage area in this regard.

### **Введение, метод исследований, исходные данные**

Водный баланс объективно отражает существующие в речных водосборах соотношения между приходом и расходом воды и служит основой для решения гидрологических и водохозяйственных задач, в том числе и внутригодовое распределение стока (ВРС) [1]. Главной трудностью при использовании водно-балансовых методов является корректное определение его составляющих.

В настоящем исследовании использован метод гидролого-климатических расчетов, в основу которого положено совместное решение водного и теплового баланса с использованием стандартной метеорологической информации (атмосферные осадки, температура воздуха, речной сток и др.).

Для исследования ВРС отобраны речные водосборы Припятского гидрологического района. Район расположен на юге территории и охватывает бассейн Припяти без возвышенных его окраин (верховья рек Птичи, Случи и др.), нижнее

течение Березины (ниже устья р. Руднянки), Сожа (ниже устья р. Прони), Днепра (ниже г. Жлобина) и Западного Буга в пределах республики. Густота речной сети 0,30 км/км<sup>2</sup>. Реки характеризуются крайне малыми падениями, широкими, плоскими, слабо выраженными долинами, низкими заболоченными берегами, извилистостью, разветвлённостью и неустойчивостью русел, медленным течением. Годовое количество осадков 550 – 600 мм. Район характеризуется широко развитыми водоносными горизонтами, заключёнными в четвертичных и коренных отложениях [2].

Ранее нами выполнено исследование ВРС воды рек Беларуси в период инструментальных наблюдений 1961 – 2005 гг. [3]. Цель данного исследования заключалась в выявлении изменений, произошедших с речным стоком под влиянием природно-климатических факторов и антропогенных воздействий, имеющих место на современном этапе, по отношению к периоду наблюдений – с момента их проведения на гидрологической сети до 1960 г. В качестве метода исследований выбран метод компоновки сезонов, посредством которого построены гидрографы речного стока для пяти градаций лет по водности (очень многоводной, многоводной, средней, маловодной, очень маловодной). Сравнительный анализ которых, с соответствующими гидрографами стока периода наблюдений – с момента их проведения на гидрологической сети до 1960 г., показал своеобразную трансформацию речного стока в течение года. А именно: уменьшение доли весеннего и увеличение долей летне-осеннего, зимнего стока в годовом. Данная тенденция присуща и рекам Припятского гидрологического района. В частности, наибольшие изменения отмечены на реках подрайона VIa. Для рек этого подрайона доля весеннего стока уменьшилась на 17 %, доли летне-осеннего и зимнего стока увеличились на 8 %, 6 % соответственно. В связи с этим для подтверждения полученной нами гипотезы использован независимый метод исследований – метод водного баланса.

В качестве исходных данных использованы многолетние ряды наблюдений (1961 – 2005 гг.) за среднемесячными расходами воды по 4 гидрометрическим постам Припятского гидрологического района, предоставленные республиканским гидрометеорологическим центром Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

### **Результаты исследований и их анализ**

Расчет выполнен для средней градации лет по водности ( $P = 50 \%$ ) при помощи программного комплекса «Водный баланс». В связи с этим подобраны следующие исходные характеристики: 1) параметр, учитывающий состав почвогрунтов ( $r$ ); 2) параметр, учитывающий гидравлические условия стока ( $n$ ); 3) наименьшая влагоемкость слоя почвы – 0,5 м ( $W_{нв.}$ ); 4) полная влагоемкость слоя почвы – 0,5 м ( $W_{п}$ ). Как результат исследований, тепловодно-балансовым методом получены значения климатического и гидрологического стока, в процентах от годового (таблица). Также, в таблице, приведен месячный сток, полученный для периода наблюдений с момента начала их проведения на гидрологической сети до 1960 г., полученный посредством метода компоновки сезонов.



**Таблица – Результаты исследования ВРС воды рек Припятского гидрологического района тепловоднобалансовым методом**

Река-створ	Характеристика	Месячный сток											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
р. Уза – с. Прибор	Клим. сток, %	3,4	3,1	14,3	29,6	21,6	9,9	2,7	2,0	2,4	2,5	5,2	3,3
	Гидрол. сток, %	3,4	4,4	21,8	39,3	6,8	3,6	2,2	2,1	3,1	3,2	5,8	4,3
	Гидрол. сток*, %	4,0	2,8	43,6	21,2	7,8	2,7	1,6	1,3	1,6	2,4	3,9	7,1
	Отклонение, %	<b>-0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>-21,8</b>	<b>18,1</b>	<b>-1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,9</b>	<b>-2,8</b>
р. Ясельда- г. Береза	Клим. сток, %	3,9	4,4	17,6	32,7	10,2	3,8	2,6	2,1	3,3	5,6	5,8	8,0
	Гидрол. сток, %	4,3	4,7	15,8	32,1	9,9	3,7	2,5	2,0	3,1	5,4	8,6	7,9
	Гидрол. сток*, %	3,7	10,5	18,4	31,8	8,4	3,6	2,3	1,8	2,1	4,1	7,9	5,4
	Отклонение, %	<b>0,6</b>	<b>-5,8</b>	<b>-2,6</b>	<b>0,3</b>	<b>1,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>
р. Словечна – с. Кузьмичи	Клим. сток, %	4,1	5,7	19,4	28,7	9,6	4,9	5,0	3,2	3,7	3,9	5,8	6,0
	Гидрол. сток, %	4,3	5,8	19,3	28,7	9,2	4,8	4,9	3,1	3,6	3,9	6,2	6,2
	Гидрол. сток*, %	4,6	3,0	38,8	16,1	7,1	4,1	2,9	1,3	1,7	2,4	5,2	12,8
	Отклонение, %	<b>-0,3</b>	<b>2,8</b>	<b>-19,5</b>	<b>12,6</b>	<b>2,1</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>-6,6</b>
р. Лесная – с. Замосты	Клим. сток, %	4,6	4,0	16,8	29,9	8,2	7,4	5,0	3,7	4,1	5,2	6,2	4,9
	Гидрол. сток, %	10,6	7,8	14	21,3	8,2	7,5	5,0	3,7	4,1	5,2	6,7	5,9
	Гидрол. сток*, %	15,8	5,3	24,7	14,5	6,4	2,8	2,1	5,2	2,7	4,6	8,4	7,5
	Отклонение, %	<b>-5,2</b>	<b>2,5</b>	<b>-10,7</b>	<b>6,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,7</b>	<b>2,9</b>	<b>-1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>	<b>-1,7</b>	<b>-1,6</b>

\* - гидрологический сток воды за период с момента начала наблюдений на гидрологической сети до 1960 г., полученный посредством метода компоновки сезонов

Примечание: расчеты выполнены для средней группы лет по водности

Анализ таблицы позволил установить на рассматриваемых реках следующее:

- р. Уза – с. Прибор: уменьшение долей стока воды за весенний, зимний сезоны на 5 %, 2 % соответственно, и увеличение доли летне-осеннего стока воды на 7 %. Проведенные ранее нами исследования ВРС воды на р. Уза отличаются увеличением доли зимнего стока воды;

- р. Ясельда – г. Береза: стоковый режим характеризуется таким же распределением, как и р. Уза – с. Прибор. Отличительной чертой являются полученные проценты изменения стока воды реки, которые не превышают пределов естественных колебаний;

- р. Словечна – с. Кузьмичи: исследование ВРС воды реки, проведенные двумя методами, показали увеличение доли летне-осеннего стока и уменьшение долей весенне-зимнего стока. Проценты изменения, полученные тепловодно-балансовым методом следующие: весна – 5 %, лето-осень – 9 %, зима – 4 %;

- р. Лесная – с. Замосты: для данного речного створа характерно уменьшение долей (в годовом) весеннего и зимнего стока, и увеличение доли летне-осеннего стока на 6 %. Изменения, произошедшие с речным стоком в весенний, зимний сезоны не превышают 5 %. Исследования ВРС рек Лесная, приведенные в работе [3], фиксируют такое же распределение стока в течение года.

Отметим: во-первых, проценты изменения сезонного стока, полученные при помощи тепловоднобалансового метода ниже; во-вторых, в створах р. Уза – с. Прибор, р. Ясельда – г. Береза наблюдается увеличение доли зимнего стока, что противоречит результатам проведенных нами исследований. Однако следует помнить, что гидрологический сток рассмотрен без учета природно-климатических факторов. Процент изменения месячного стока в большинстве случаев не превышает пределов естественных колебаний, т. е. не более 5 %. Однако сток воды за март месяц на реках Уза, Словечна, Лесная уменьшился приблизительно на 22 %, 20 %, 11 % соответственно. На этих же реках сток воды за апрель месяц увеличился. Проценты изменения речного стока составляют 18%, 13 %, 7 % соответственно. Отметим также уменьшение на 6 % стока воды за февраль месяц на р. Ясельда у г. Береза и на 7 % за декабрь месяц у с. Сенин.

### **Заключение**

Исследования показали, что в период наблюдений с 1961г. по 2005 г. произошла трансформация ВРС рек Припятского гидрологического района. Это выражается в изменении долей сезонного стока (в годовом): а) уменьшении весеннего и увеличении летне-осеннего и зимнего стока на реках Словечна, Лесная; б) уменьшении весеннего, зимнего и увеличении летне-осеннего стока на реках Уза, Ясельда. Как показали проведенные нами исследования, причиной этого являются антропогенные воздействия, выражающиеся в проведении крупномасштабных мелиораций на данной территории. Об этом свидетельствуют полученные значения процентов изменения речного стока.

### **Список использованных источников**

1. Методические указания по тепловодно-балансовым расчетам в гидромелиоративных целях с применением ЭВМ (для курсового, дипломного проектирования, практических занятий и самостоятельной работы студентов спец. 1511 – «Гидромелиорация». – Брест, 1987.

2. Ресурсы поверхностных вод СССР в 5 т. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 5: Белоруссия и верхнее Поднепровье. – 1966. – 92–141 с.

3. Волчек А. А., Натарева О. Н. Оценка изменений внутригодового распределения стока рек Беларуси по данным гидрометрических наблюдений / Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2009. – С. 119–130.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Волчек А.А., Власюк О.В.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [Volchak@tut.by](mailto:Volchak@tut.by)*

The materials of study of alteration for wind speed on the territory of Belarusian Polesye are introduced and the forecast for the 20-year's outlook is executed

### **Введение**

Наблюдаемые изменения климата на территории Беларуси характеризуются значительным ростом температуры холодных сезонов года, ростом испаряемости при сохранении и даже при снижении количества атмосферных осадков за теплый период года, возрастанием повторяемости засух, при одновременном увеличении интенсивности экстремальных (ливневых) осадков.

Ветер является одной из важных составляющих в формировании климата. В последней четверти XX века климатические изменения связаны не только с повышением температуры воздуха, но и с ослаблением средней скорости ветра. Уменьшение скорости ветра зафиксировано преобладающим большинством метеорологических станций Беларуси.

Последствия изменения климатических условий проявляются в росте повторяемости опасных гидрометеорологических явлений и в увеличении неблагоприятных резких изменений погоды, которые приводят к огромному социально-экономическому ущербу, непосредственно влияют на эффективность деятельности таких жизненно-важных секторов экономики, как сельскохозяйственное производство, лесное хозяйство, энергетика (в первую очередь гидроэнергетика), водопользование и водопотребление, транспорт, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство, а также – на здоровье людей.

Белорусское Полесье является составной частью Полесской низменности. Занимает большую часть Брестской, Гомельской, небольшую часть на юге Минской и юго-западе Могилёвской области. Протяжённость с запада на восток более 500 км, с севера на юг около 200 км. Абсолютные высоты 100 - 150 м, в наиболее пониженной части с почти плоским рельефом находятся болота (наибольшие массивы Поддубичи, Великий Лес, Выгонощанское болото, Загальский массив) и заболоченные участки с песчаными дюнами, небольшими холмами, озёрными котловинами и древними береговыми валами Припяти и её притоков, частично переработанными золовыми процессами. Основные реки – Припять с её притоками, Днепр с Березиной и Сожем, Западный Буг с Мухавцем.

Целью исследования является оценка изменения ветрового режима на территории Белорусского Полесья в современных условиях.

## Исходные данные и методика исследования

Исходными данными для исследований послужили материалы по среднемесячной скорости ветра Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за период с 1947 по 2005 гг.

При статистическом анализе временных рядов использованы следующие методики:

- для выявления тенденций изменений использовались хронологические месячные графики колебаний и разностные интегральные кривые;
- динамика изменения временных рядов оценивалась с помощью линейных трендов

$$V = a_0 + a_1 \cdot t, \quad (1)$$

где  $V$  – исследуемая величина;  $a_0, a_1$  – коэффициенты регрессии;  $t$  – время, год.

## Результаты исследования и их обсуждения

Большой интерес представляет анализ изменения скорости ветра на территории Полесья и Беларуси в целом. Изменение скорости оценивалось с помощью линейных трендов ( $\alpha$ ) и выражались в м/с·10лет с 1947 по 2004 гг., значимость которых оценивалась с помощью коэффициентов корреляции ( $r$ ), характеризующих связь изменения гидрометеорологических величин со временем (табл.1)[1].

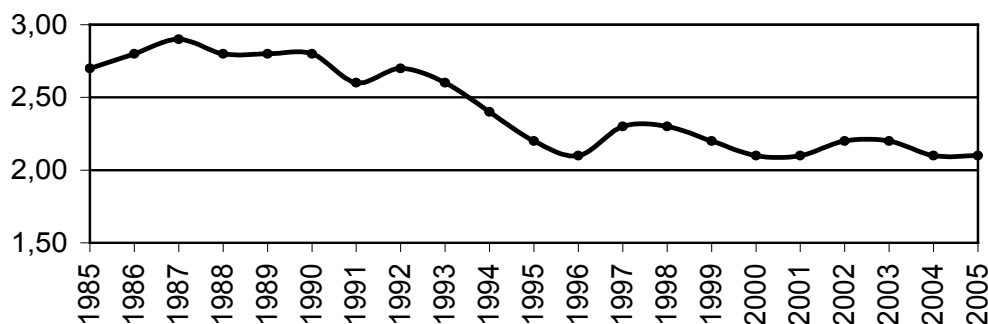
**Таблица 1 – Градиенты изменения скорости ветра на территории Беларуси, м/с·10лет**

Метеостанция	параметр	Период осреднения					
		май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Брест	$\alpha$	-0,22	-0,21	-0,19	-0,23	-0,16	-0,16
	$r$	-0,77	-0,71	-0,70	-0,70	-0,55	-0,51
Василевичи	$\alpha$	-0,28	-0,27	-0,24	-0,27	-0,21	-0,27
	$r$	-0,83	-0,81	-0,78	-0,79	-0,63	-0,69
Волковыск	$\alpha$	-0,07	-0,08	-0,08	-0,09	-0,02	0,02
	$r$	-0,21	-0,24	-0,22	-0,27	-0,06	0,05
Минск	$\alpha$	-0,38	-0,44	-0,38	-0,39	-0,37	-0,43
	$r$	-0,87	-0,89	-0,86	-0,84	-0,83	-0,82
Нарочь	$\alpha$	-0,42	-0,50	-0,47	-0,56	-0,51	-0,56
	$r$	-0,87	-0,87	-0,87	-0,90	-0,82	-0,75
Полесская	$\alpha$	0,09	0,10	0,15	0,06	0,18	0,15
	$r$	0,32	0,34	0,60	0,22	0,45	0,37
Полоцк	$\alpha$	-0,37	-0,41	-0,35	-0,33	-0,28	-0,38
	$r$	-0,81	-0,83	-0,82	-0,75	-0,54	-0,74
Шарковщина	$\alpha$	-0,34	-0,37	-0,30	-0,32	-0,32	-0,35
	$r$	-0,80	-0,79	-0,75	-0,70	-0,65	-0,67

*Примечание. В выделенных ячейках приведены статистически незначимые коэффициенты корреляции ( $r$ ).*

Анализ табл. 1 показывает, что наибольшие изменения скорости ветра произошли в центральной части территории Беларуси (метеостанции Нарочь и Минск). Уменьшение скорости ветра на Полесье не так значительно, как на остальной территории Беларуси. Кроме того, как следует из таблицы, показатели скорости ветра по метеостанции Полесская имеют тенденцию к росту.

Начало современного потепления приурочено к середине 90-х годов XX столетия, с этой целью было рассмотрено изменение скорости ветра за период с 1985 по 2005 гг. по основным метеостанциям, равномерно расположенным по территории Полесья. На рисунке показан график изменения скорости ветра, из которого следует, что в период с 1985 по 2005 гг. наблюдается снижение средних годовых показателей скорости ветра, при этом среднее значение градиента уменьшения скорости ветра по данному региону составляет  $\alpha = -0,42 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ лет}$ .



**Рисунок – Средняя годовая скорость ветра, осредненная по метеостанциям Пинск, Брест, Гомель, Василевичи**

Так, в конце рассматриваемого периода на 2005 г. средняя скорость ветра на территории Полесья составила чуть больше 2 м/с. В предположении, что данная тенденция сохранится и дальше, на основании линейных трендов был сделан прогноз изменения скорости ветра на ближайшие 20 лет (табл. 2).

**Таблица 2 – Средние значения скорости ветра (м/с) по метеостанциям Брест, Пинск, Василевичи и Гомель за период с 1985 по 2005 гг. и прогнозируемые на ближайшие 20 лет**

Метеостанция	период	I	II	III	IV	V	VI	VII
Брест	1985 - 2005	2,97	2,95	2,90	2,63	2,39	2,32	2,19
	2005 - 2025	1,99	2,33	2,38	1,67	1,91	2,06	1,77
Пинск	1985 - 2005	2,72	2,75	2,71	2,56	2,33	2,31	2,2
	2005 - 2025	1,30	1,59	1,41	1,16	1,25	1,43	1,04
Василевичи	1985 - 2005	2,46	2,55	2,43	2,21	1,97	1,78	1,61
	2005 - 2025	1,72	2,23	2,01	1,31	1,59	1,52	0,87
Гомель	1985 - 2005	2,91	2,94	2,86	2,6	2,49	2,36	2,13
	2005 - 2025	1,91	2,3	2,16	1,42	1,61	1,82	0,93

продолжение таблицы 2

Метеостанция	период	VIII	IX	X	XI	XII	Средняя
Брест	1985 - 2005	2,10	2,28	2,57	2,78	2,90	2,59
	2005 - 2025	1,48	1,32	2,03	2,02	1,10	1,93
Пинск	1985 - 2005	2,07	2,16	2,38	2,56	2,58	2,44
	2005 - 2025	0,85	0,64	1,32	1,22	1,02	1,18
Василевичи	1985 - 2005	1,54	1,81	2,00	2,29	2,33	2,09
	2005 - 2025	1,06	0,59	1,36	1,69	1,51	1,49
Гомель	1985 - 2005	2,03	2,27	2,48	2,68	2,85	2,56
	2005 - 2025	1,37	0,75	1,54	1,88	1,59	1,64

Анализируя данные табл. 2, можно сделать вывод, что если тенденция по уменьшению скорости ветра будет иметь место в ближайшие 20 лет, то средняя скорость ветра на территории Полесья уменьшится с 2 м/с в 2005 г. до 1.6 м/с в 2025 г.

Представляет интерес анализ изменения повторяемости различных градаций скорости ветра. В табл. 3 по нескольким метеостанциям приведена повторяемость различных скоростей ветра. Если до 70-х годов на равнинных станциях Беларуси скорости ветра, не превышающие 3 м/с, имели повторяемость в среднем около 55 %, то в период с 1966 по 1980 гг. их повторяемость возросла до 67 %, а в конце столетия (1981 – 2000 гг.) достигала 77 % всего времени. Повторяемость скоростей ветра 4 – 5 м/с соответственно уменьшилась от 27 % в середине века до 20 % в конце столетия. Повторяемость ветров, скорость которых превышала 5 м/с, снизилась с 18 % (до 1966 г.) до 10 % (1966 – 1980 гг.) и 3 % в конце столетия.

**Таблица 3 – Повторяемость (%) различных градаций скорости ветра по периодам**

Период	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	21-24
<b>Брест</b>											
1945 – 1963	24,8	33,5	25,5	9,5	4,6	1,2	0,7	0,2	0,05	0,003	0,001
1966 - 1980	20,7	49,6	23,5	5,2	0,8	0,2	0,01				
1980 – 2000	21,5	52,0	22,5	3,5	0,4	0,1	0,01	0,002			
<b>Василевичи</b>											
1945 – 1963	27,3	37,3	22,9	8,9	2,7	0,4	0,3	0,2	0,04		
1966 - 1980	31,0	40,1	19,9	6,6	2,1	0,2	0,1	0,03	0,007		
1980 – 2000	34,1	47,7	14,9	2,8	0,4	0,1	0,01	0,002			

Следует отметить, что уменьшение повторяемости больших скоростей ветра не означает уменьшения порывистости, шквалистости ветра в последние годы. Повышенный температурный фон и усиливающаяся изменчивость ряда других метеорологических характеристик создают условия для шквалистых усилений ветра, временами достигающих разрушительной силы. Повторяемость разрушительных шквалов в конце XX века была на уровне предыдущих лет.

Известно, что главной причиной изменения скорости ветра за последнее столетие является изменение общей циркуляции атмосферы. Одной из важнейших характеристик общей циркуляции атмосферы в Европе является интенсивность Северо-Атлантического колебания. Совместный анализ динамики зимних индексов САК и скорости ветра на территории Беларуси показывает достаточно тесную обратную связь между этими показателями.

Уменьшение скорости ветра, приводящее к уменьшению испарения, при повышении среднегодовых температур воздуха в меньшей степени сказывается на изменении режима испарения, что положительно действует на экосистемы и не вызывает у них стресса. Снижение скорости ветра также положительно сказывается в строительной и транспортной отрасли (снижение ветровых нагрузок), в сельском хозяйстве (уменьшение ветровой эрозии почвы), а так же благоприятно влияет на здоровье людей.

#### **Список использованных источников**

1. Логинов, В.Ф. Изменение ветрового режима на территории Беларуси в XX в. / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Г.В. Волобуева // Природные ресурсы, 2005. – №4. – С. 5–12.

## ТРАНСГРАНИЧНАЯ РЕКА ЗАПАДНЫЙ БУГ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Волчек А.А., Коломеец Н.Е.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, volchak@tut.by; nateco@bk.ru.*

The Western Bug river basin situated in the borderland between Belarus, Ukraine and Poland, it covers the area of 39420 km<sup>2</sup>. On the basis of tested parameters, the waters of the river is in the II and the III grade scale introduced in Belarus. Authors give an estimation to a current state and prospects to the Western Bug river basin.

Бассейн трансграничной реки Западный Буг с площадью водосбора 39420,3 км<sup>2</sup> расположен на территории трех государств, в т.ч. 26,4% его в Беларуси, 27,4% – в Украине и 49,2% - в Польше. Белорусская часть - целиком располагается в Брестской области, украинская в пределах Львовской и Волынской областей, а польская - на территории: Люблинского, Мазовецкого, Подляского и Подкарпатского воеводств.

Общая длина реки составляет 772 км. Ее исток и горный участок длиной 185 км находится в Украине. В среднем течении Западный Буг (протяженность – 363 км), является естественной границей между Республикой Беларусь, Украиной и Польшей. Остальные 224 км находятся на территории Польши, где Западный Буг впадает в Нарев в районе Загжыньского водохранилища. В центральной части бассейна Западного Буга на польской стороне располагается группа озер, на белорусской и украинской стороне переходит в Шацкую группу озер. Крупнейшие водоемы на белорусской территории - Ореховское и Олтушское.

С географической точки зрения, украинская часть бассейна реки Западный Буг находится на территории Украинского плоскогорья, белорусская часть, а также часть центрального участка польской части бассейна реки Западный Буг - в Брестском Полесье и на Прибугской равнине, а нижний фрагмент бассейна лежит на территории Центрально-европейской низменности.

Структура использования поверхности бассейна выглядит следующим образом: 45% составляют сельскохозяйственные земли, 27% занимают леса, а 18% - используются как луга и пастбища. На территории бассейна реки Западный Буг проживает 2912 тыс. человек, из них 698 тыс. в Беларуси, 1 690 тыс. в Украине и 524 тыс. в Польше. Самые большие города в бассейне реки Западный Буг - это Львов на Украине (760,1 тыс. жителей), Брест в Беларуси (400 тыс. жителей) и Хэлм в Польше (68,9 тыс. жителей).

Основным видом производственной деятельности населения бассейна является сельское хозяйство и сельскохозяйственная промышленность. В белорусской части большое значение имеют сельскохозяйственное производство, перерабатывающая промышленность, энергетика, производство строительных материалов, в польской - промышленность строительных материалов, а в украинской – легкая промышленность, шахтерство и энергетика.

Речной сток Западного Буга составляет 3776,5 млн. м<sup>3</sup>, в т.ч. с территории Польши 1396,5 млн. м<sup>3</sup>, Украины – 1280,0 млн. м<sup>3</sup>. Величина слоя стока в отдельных частях бассейна составляет в белорусской части 120 мм, польской – 72 мм, в украинской - 118 мм.

Полный объем забора поверхностных и подземных вод составляет 255 млн. м<sup>3</sup>, из чего: заборы в белорусской части - 27,0%, в украинской - 34,5% и в польской - 38,5%. Показатель заборов на 1 км<sup>2</sup> бассейна составляет соответственно: в белорусской части бассейна - 7,5 тыс. м<sup>3</sup>, в украинской - 8,1 тыс. м<sup>3</sup>, в польской— 5,1 тыс. м<sup>3</sup>. Забор подземных вод в бассейне - 189,6 млн. м<sup>3</sup>, что является 74,3% от общего забора. Подземные воды, в основном, используются для коммунальных нужд. Основной забор воды сконцентрирован около крупных населенных пунктов, которыми являются: в белорусской части бассейна - Брест (34,6 млн.м<sup>3</sup>/год), на украинской - Львов (34,0 млн. м<sup>3</sup>/год), в польской - Хэлм (4,5 млн. м<sup>3</sup>/год), эти города в 2006 году в сумме использовали 73,1 млн.м<sup>3</sup>/год. Что составляет 49,7% забранных подземных вод для коммунальных нужд. Подземные воды – единственный источник питьевой воды в бассейне реки Западный Буг. Кроме того, заборы подземных вод для хозяйственных целей составляют 42,5 млн. м<sup>3</sup> и используются, в основном, для нужд пищевой промышленности. Главные пользователи этих вод - это молочные предприятия, сахарные заводы, а также животноводческие фермы. Территориально этот объем в польской и белорусской частях бассейна приблизительно одинаковый и составляет соответственно: 9,8 млн. м<sup>3</sup> и 9,4 млн. м<sup>3</sup>, в украинской в 2,5 раза выше - 23,3 млн. м<sup>3</sup>, в том числе 9,2 млн. м<sup>3</sup> - воды из осушения шахт. Суммарный объем поверхностных вод, забираемых в бассейне реки Западный Буг, составляет 65,4 млн. м<sup>3</sup>, из чего в белорусской части бассейна Западный Буг используется 21,3%, в украинской 18% и 60,7% в польской. Забор поверхностных вод производится исключительно для хозяйственных нужд: энергетики, пищевой промышленности, а также для нужд рыбозаводства и орошения.

На территории бассейна расположены земли, охраняемые законом международного, национального и регионального характера. Около 14% поверхности бассейна реки Западный Буг находятся под охраной государства: польско-украинский биосферный заповедник «Западное Полесье», охватывающий фрагмент пограничной территории, а также 18 территорий Европейской Экологической Сети NATURA 2000, созданных на территории польской части бассейна реки Западный Буг. Охраняемыми территориями республиканского значения являются Национальные парки. В польской части бассейна реки Западный Буг расположен участок Польского Национального Парка, на украинской части - участок Шацкого Национального Парка, а в польской и белорусской частях бассейна реки Западный Буг находится Национальный парк «Беловежская пуща», разделенный польско-белорусской государственной границей. Также встречаются другие формы охраняемых территорий, такие как природные заповедники государственного и регионального значения.

Территория бассейна, река Западный Буг, ее притоки, а также природные озера и искусственные водохранилища являются привлекательными местами



для отдыха и рекреации. Чаще всего здесь ловят рыбу и используют воду для купания. В польской и украинской частях бассейна самым популярным является Ленчынсько-Влодавская и Шацкая группа озер, в Беларуси - озера Брестского Полесья и реки Мухавец, Лесная, Правая Лесная. Все более популярным становится индивидуальный и организованный водный туризм на Западном Буге (байдарки, лодки), а также динамично развивается конный и велотуризм.

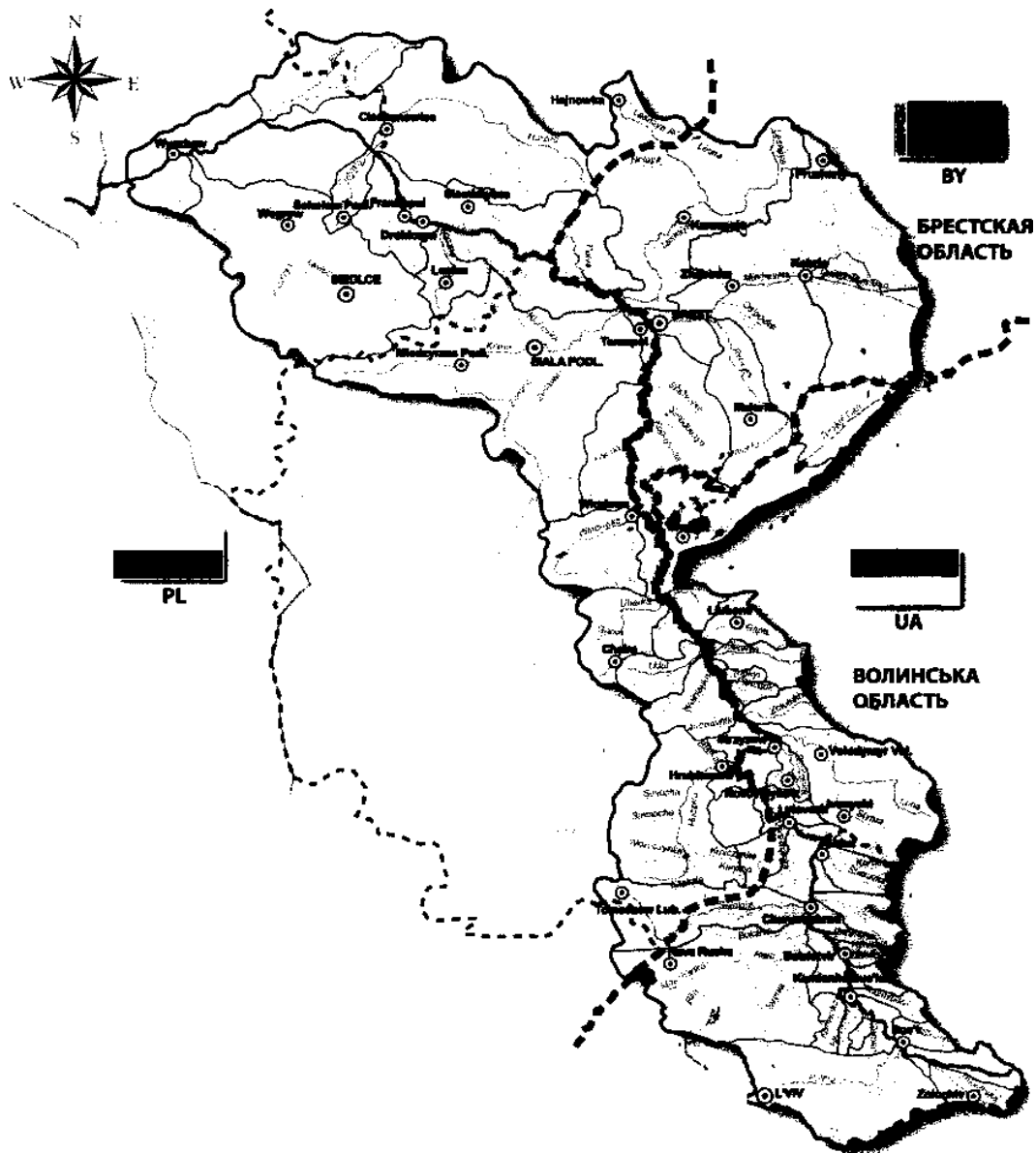
В белорусской части бассейна наибольшую антропогенную нагрузку испытывает река в районе г. Бреста. Анализ гидрохимических данных о качестве поверхностных вод Республики Беларусь на границе с Польшей свидетельствует об устойчивости загрязнения водных экосистем биогенными веществами. Из соединений азотной группы превышения ПДК отмечались по азоту аммонийному (свыше 50,0% проб имели повышенные концентрации) и азоту нитритному - нестойкой переходной формой между нитратным и аммонийным азотом, являющейся индикатором регулярного поступления загрязняющих веществ в водный объект (до 5,4 ПДК). Имеет место устойчивое загрязнение вод фосфором фосфатов. Концентрация фосфатов в воде варьирует от 0,039 мг/дм<sup>3</sup> до 0,365 мг/дм, что значительно выше ПДК. Максимальное значение превышало ПДК в 1,8 раза, свидетельствуя о нарушении естественного годового режима фосфатов и возможности развития процессов эвтрофирования, что создает предпосылки для нарушения экологического благополучия экосистемы. В структуре выявленных превышений предельно допустимых концентраций также присутствуют элементы с высоким региональным фоном в природных водах - соединения железа, меди и марганца. В результате проведенного мониторинга качество воды реки Западный Буг и притоков было отнесено ко II и III классу.

Основной причиной загрязнения акватории являются рассредоточенные источники (составляют 70% всех загрязнений), в частности, интенсивно удобряемые сельскохозяйственные территории, а также деревенские, рекреационные и городские территории, не имеющие санации. Для защиты бассейна реки в сельской местности необходимо проводить мероприятия по защите почв от ветровой и водной эрозии, упорядочить хранение удобрений и ядохимикатов, осуществлять посадку леса в прибрежных полосах рек, озер, водохранилищ, проводить обвалование и залужение, рекультивацию нарушенных земель; а загрязнение, обусловленное смывом с городских территорий, можно уменьшить, улучшив работу служб коммунального хозяйства (благоустройство территорий, озеленение, регулярная уборка мусора, строительство ливневой канализации с последующей очисткой канализационных стоков).

Республики Польша и Украина в качестве наиболее соответствующей черты водных ресурсов приняли принцип бассейновой системы управления природными ресурсами. Применение бассейнового принципа позволяет более полно учитывать и использовать природно-ресурсный потенциал республики, замкнуть качество воды в речном бассейне на целевые показатели качества воды в водных объектах, а не на выходе из очистных сооружений, составлять и оптимизировать схемы комплексного использования водных ресурсов на основе разработки и применения экономико-экологических моделей развития территорий с учетом изменяющейся

демографической ситуации и размещения производства. Поскольку государственное управление в республике Беларусь строится по административно-территориальному принципу, при организации системы управления водопользованием необходимо обеспечить рациональное сочетание бассейнового и территориального принципов.

Для грамотного управления акваторией Западный Буг необходимо применение более точных и функциональных инструментов программного анализа и трансформации данных в соответствии с нуждами гидрологических процессов, накопление данных, связанных с использованием и охраной вод в бассейне реки Западный Буг, контролем их качества и обработкой, оборудование информационными и техническими документами, стандартизация программного обеспечения для создания баз данных, а также более тщательная разработка гидрографической карты бассейна, основанная на расширении ее содержания, накопление и проверка цифровых данных с высокой точностью.



*Карта бассейна Буга*

## ПРОГНОЗ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

**Волчек Ан.А.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, VolchekAn@tut.by*

Predictive estimations of change of monthly sizes of a drain in spring high water of the rivers of Belarus for 2015 have been given.

### **Введение**

Речной сток в первую очередь определяется климатическими факторами, поэтому современное потепление климата, несомненно, вызовет изменения в гидрологическом режиме рек. Зависимость речного стока от климатических факторов усиливается и тем, что основным источником питания рек Беларуси является снеговое питание, которое полностью определяется климатическими факторами.

Целью настоящего исследования является разработка прогнозных оценок среднемесячных величин стока в период весеннего половодья на 10-летнюю перспективу.

### **Материалы и методы исследований**

Прогнозные оценки изменения среднемесячных величин стока в период весеннего половодья на 10-летнюю перспективу осуществлялись с использованием метода гидролого-климатических расчетов (ГКР), разработанного профессором В.С. Мезенцевым, основанном на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [1, 2]. Метод использует стандартную метеорологическую информацию, что позволяет использовать его для разработки прогнозных оценок, предварительно установив связь климатического и речного стоков для конкретных рек.

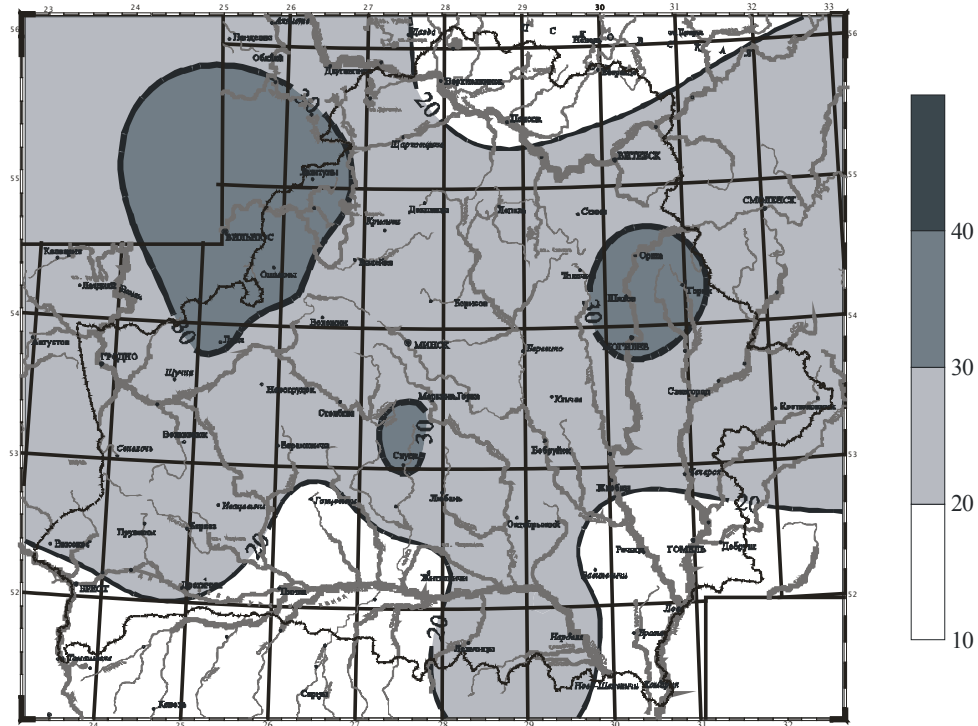
В работе использовались данные по 44 метеостанциям и 44 речным бассейнам, равномерно расположенным на территории Беларуси.

### **Обсуждение результатов**

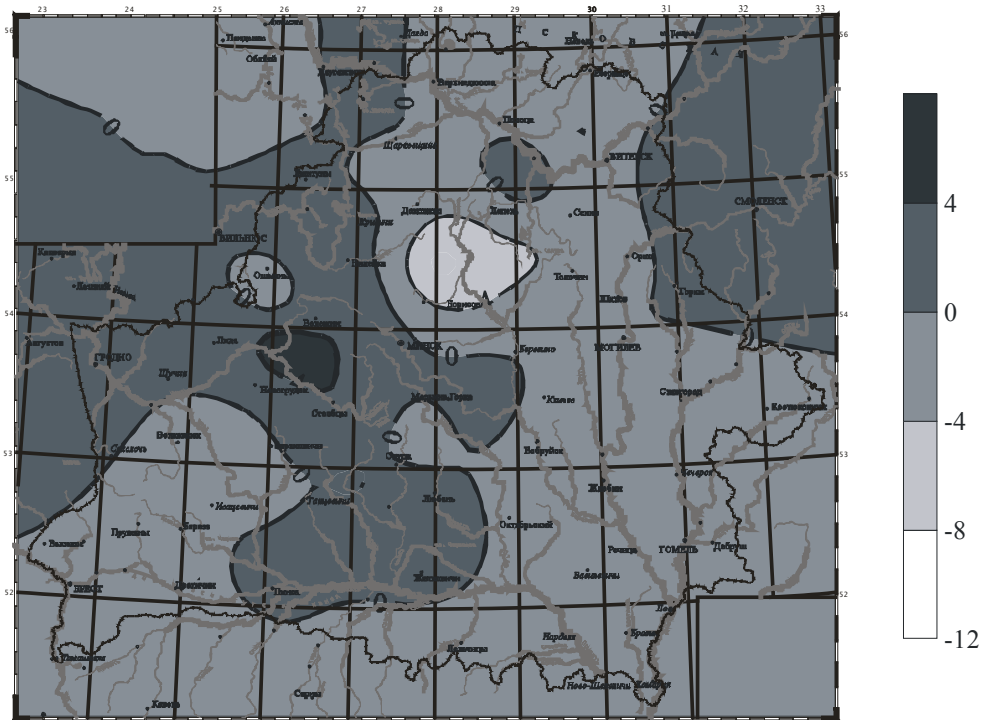
На первом этапе исследований осуществлялась настройка модели для рассматриваемых рек. На втором этапе выполнялся анализ метеорологической информации (осадки, температура воздуха, дефицит влажности воздуха) за период с 1985 по 2005 гг. в месячном разрезе. Анализ временных рядов позволил выявить в них определенные тенденции, что дало возможность получить среднемесячные значения в период с 2005 по 2015 гг. На третьем этапе, используя модели оценки климатического стока с индивидуальными коэффициентами для каждой конкретной реки, по климатическим характеристикам, полученным на втором этапе, рассчитали климатический сток. Далее осуществлялся переход от климатического стока к речному. Полученные результаты картированы как в

виде абсолютных значений, так и изменения для марта и апреля, которые представлены на рисунках 1 – 2. Положительные значения на картах изменения обозначают увеличение максимальных расходов воды весеннего половодья в будущем, а отрицательные – уменьшение.

а

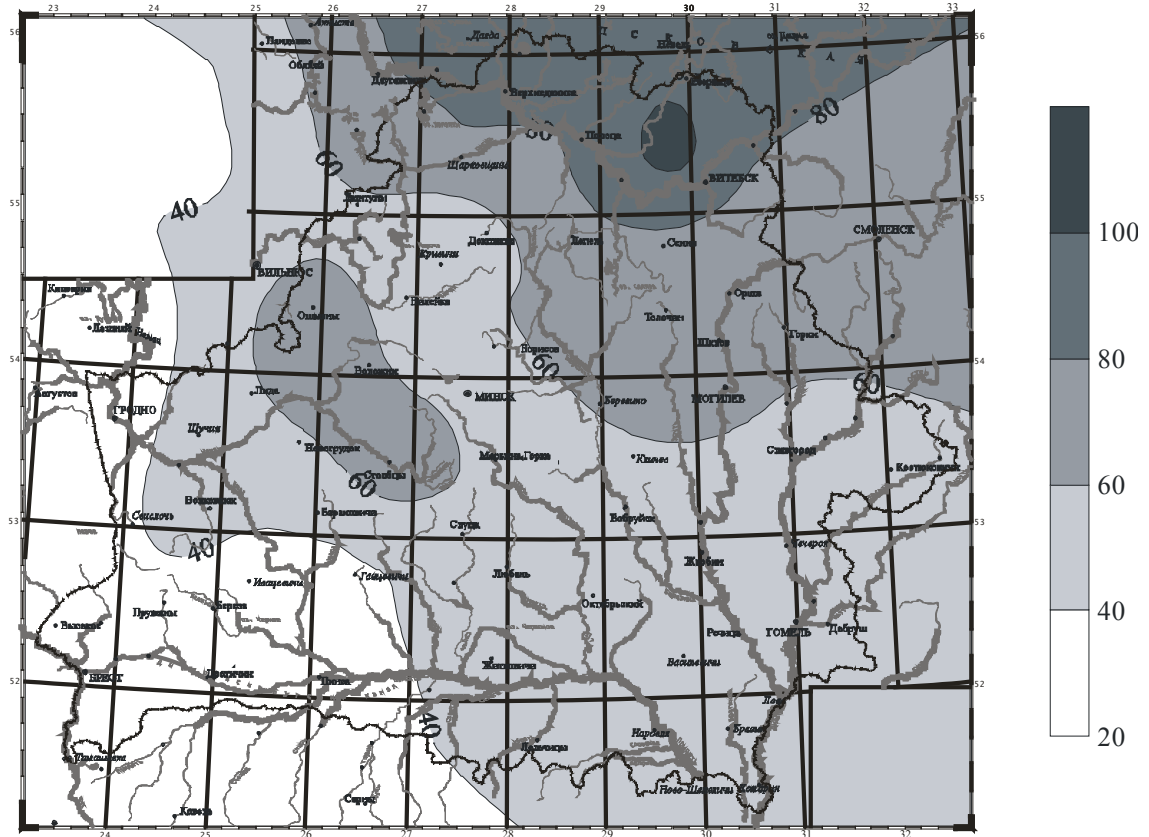


б

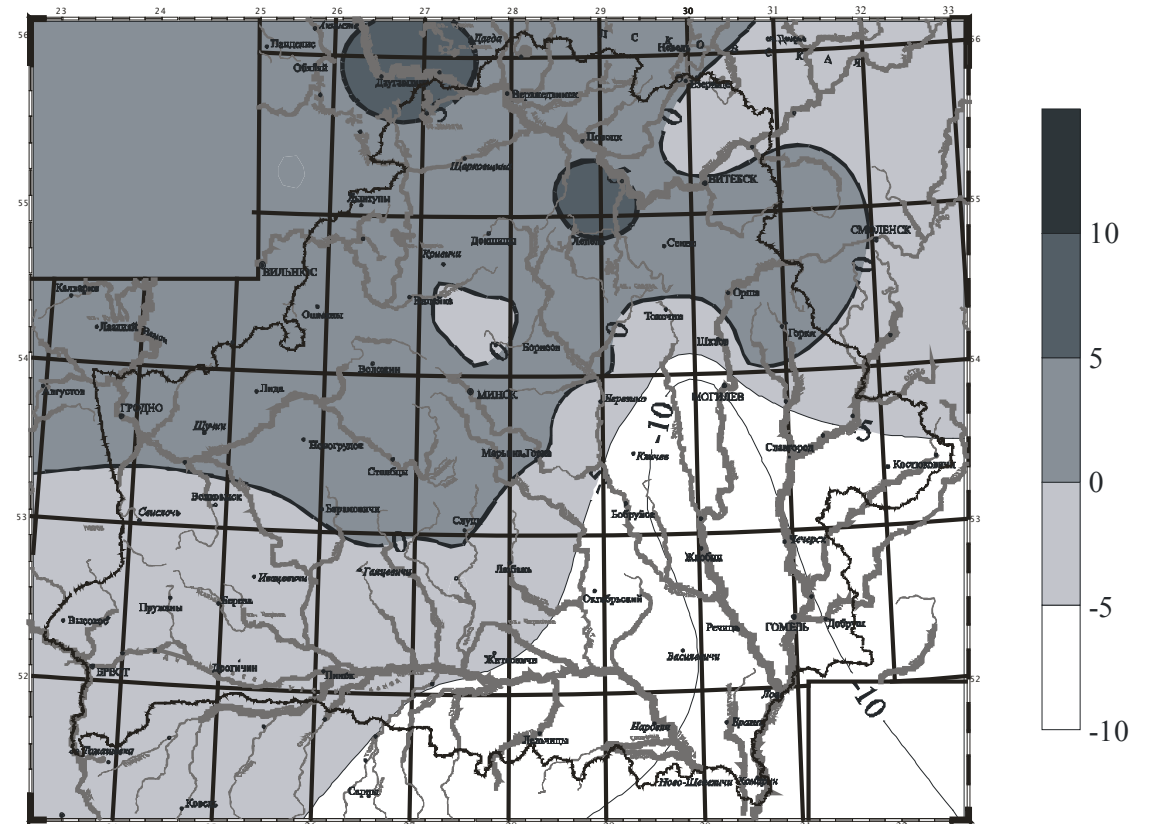


а – в период с 2005 по 2015 гг.; б – изменение в период с 2005 по 2015 гг.  
**Рисунок 1 – Прогнозные оценки среднемноголетнего стока воды (мм) в марте на территории Беларуси**

а



б



а – в период с 2005 по 2015 гг.; б – изменение в период с 2005 по 2015 гг.

**Рисунок 2 – Прогнозные оценки среднемноголетнего стока воды (мм) в апреле на территории Беларуси**

Как видно из рисунка 1, изменений в средних многолетних значениях расходов воды рек в марте в период с 2005 по 2015 год по сравнению с 2005 годом не произойдет. Небольшие изменения коснутся в основном рек бассейнов Немана и Припяти. В апреле прогнозные расходы стока рек увеличиваются с юго-запада на северо-восток. Уменьшение месячных расходов воды стока рек происходит с юго-востока на северо-запад. Зона уменьшения охватывает почти половину территории Беларуси, включая практически все Белорусское Полесье, в другой части страны изменений стока рек практически не произойдет, за исключением части бассейна Западной Двины в районе Полоцка и Верхнедвинска [3].

### **Заключение**

С использованием гидролого-климатической гипотезы В.С. Мезенцева и комплексного анализа колебаний метеорологической информации даны прогнозные оценки изменения месячных величин стока в период весеннего половодья рек Беларуси с 2005 по 2015 год. Больших изменений средних многолетних значений расходов воды рек в марте в период с 2005 по 2015 год по сравнению с расходами воды в 2005 году не прогнозируется. Незначительные изменения коснутся в основном рек бассейнов Немана и Припяти. В апреле прогнозные расходы стока рек увеличиваются в направлении с юго-запада на северо-восток. Уменьшение месячных расходов воды прогнозируется в направлении с юго-востока на северо-запад. Зона уменьшения стока рек охватывает почти половину территории Беларуси, включая практически все Белорусское Полесье; в другой части страны изменений стока рек практически не произойдет, за исключением части бассейна Западной Двины в районе Полоцка и Верхнедвинска.

### **Список использованных источников**

1. Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
2. Мезенцев, В.С. Расчеты водного баланса / В.С. Мезенцев. – Омск: Омский СХИ, 1976. – 96 с.
3. Волчек, А.А. Прогноз изменения весеннего половодья на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века: материалы 8-й Междунар. науч. конф., Минск, 22–23 мая 2008 г. / Междунар. гос. экономич. ун-т им. Сахарова; редкол.: С.П. Кундас [и др.]. – Минск, 2008. – С. 268–269.

УДК 556.388

## **ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И РЕСУРСАМИ ГРУНТОВЫХ ВОД**

**Гертман Л.Н.**

*Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, г. Минск, РБ, [cricuwr@infonet.by](mailto:cricuwr@infonet.by)*

In the article is given the eco-hydro-geological zoning of the territory of the Neman river basin on the basis of the protective potential of subsoil water and anthropogenic impact. The 5 areas are allocated on a degree of risk of pollution of subsoil waters and the recommendations for especially dangerous territories are given.

Загрязнение подземных вод в подавляющем числе случаев является прямым следствием загрязнения окружающей среды. Практически любое вмешательство человека в природу и любой вид хозяйственной деятельности неизбежно сказывается на качестве и ресурсах подземных вод. Поэтому загрязнение подземных вод, их охрана от загрязнения тесно связаны с общей проблемой охраны окружающей среды и являются ее составной частью.

По своему генезису все имеющиеся в исследуемом районе источники загрязнения подземных вод можно подразделить на промышленные, коммунально-бытовые и сельскохозяйственные. Как правило, их воздействие на подземные воды во многих случаях комплексное при преобладании того или другого вида.

Высокая проницаемость покровных отложений благоприятствует формированию значительных запасов пресных подземных вод, однако обуславливает их слабую естественную защищенность от антропогенных загрязнений. Практически на всех участках, где ведется интенсивная хозяйственная деятельность, наблюдается трансформация химического состава грунтовых вод различной степени. Особенно интенсивное загрязнение грунтовых вод отмечается в пределах животноводческих ферм, полей орошения животноводческими стоками, населенных пунктов. Максимальных уровней загрязнения как грунтовых, так и напорных подземных вод достигает в пределах промплощадок предприятий, под шламохранилищами, отвалами, свалками отходов и полями фильтрации очистных сооружений.

С целью прогноза трансформации гидрохимического режима грунтовых вод на основе карт защитного потенциала с учетом антропогенной нагрузки автором произведено эколого-гидрогеологическое районирование.

Как правило, при эколого-гидрогеологическом районировании учитываются региональные и локальные источники загрязнения как существующие, так и потенциальные. К региональным, в первую очередь, относятся диффузные источники загрязнения – сельскохозяйственные земли, крупные месторождения, мелиоративные системы, к локальным – точечные источники – промышленные центры, животноводческие комплексы, отдельные шахты и проч.

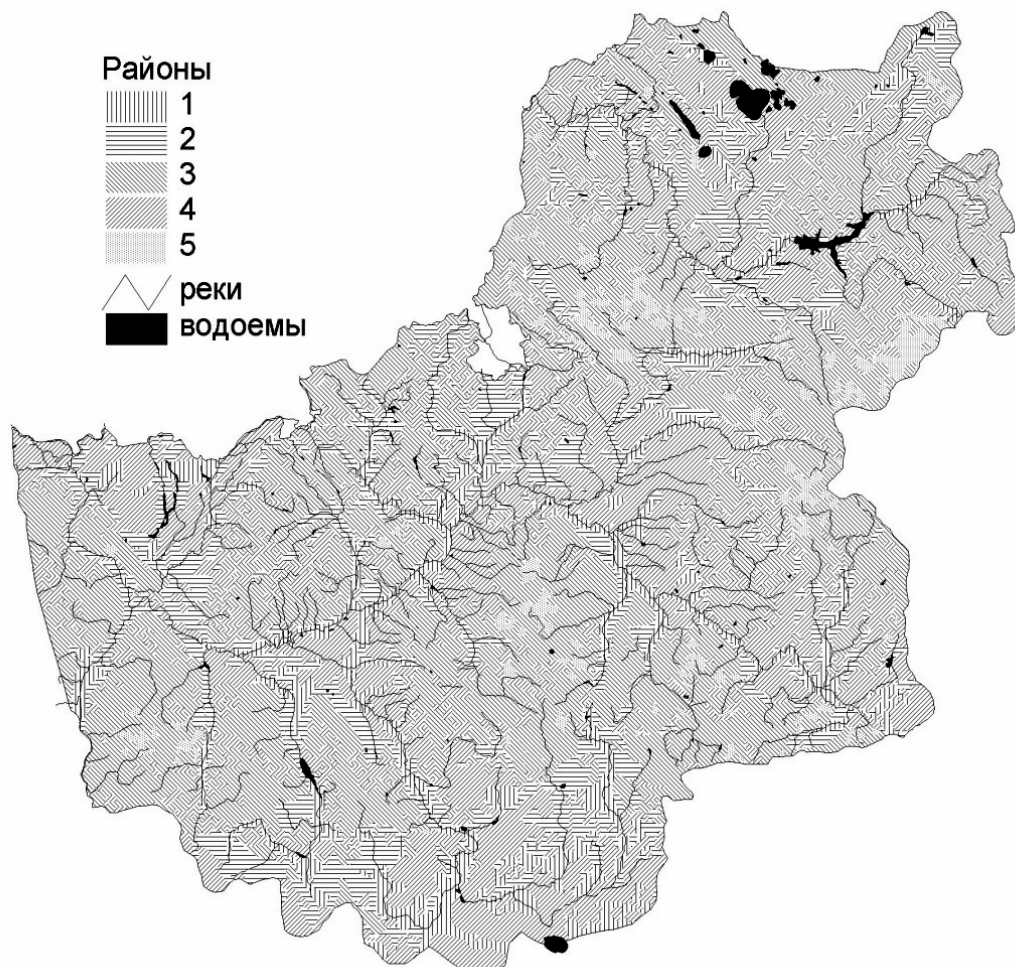
В бассейне Немана расположено 57 городов, из которых основными источниками точечного загрязнения являются города Гродно, Лида, Мосты, Волковыск, Барановичи, Слоним, Молодечно, Щучин, Ивацевичи, Скидель. Поступление загрязняющих веществ происходит и с территорий сельских населенных пунктов. Кроме того, в бассейне расположено 29 крупных комплексов по выращиванию КРС и 39 свинокомплексов, 18 птицеводческих организаций, которые являются основными источниками загрязнения подземных вод органическими веществами, соединениями азота и фосфора, некоторыми микроэлементами.

К региональным источникам загрязнения подземных вод относятся сельскохозяйственные угодья, под которыми в бассейне Немана занято в около 50 %, из них 37 % распаханно. Периодически действующим источником загрязнения вод биогенными веществами являются загрязненные атмосферные осадки.

Предложенное районирование учитывает защитный потенциал грунтовых вод, т.е. глубины их залегания, мощность, фильтрационные и сорбционные

свойства вышележающих пород, наличие и тип почвенного покрова, а также характер антропогенного воздействия на территорию. Такое районирование может служить основой для обоснования рекомендаций при принятии решений для освоения конкретной территории или стабилизации ее экологического состояния, управления качеством окружающей среды (экологическим состоянием природных компонентов).

В пределах бассейна выделены 5 категорий эколого-гидрогеологических районов по степени риска загрязнения и трансформации уровня грунтовых вод: 1-чрезвычайно высокий; 2- высокий; 3-средний; 4-низкий; 5- очень низкий (рисунок).



**Карта-схема эколого-гидрогеологического районирования бассейна р. Неман.**  
**Риск загрязнения грунтовых вод:**  
**1- чрезвычайно высокий; 2-высокий; 3-средний; 4-низкий; 5-очень низкий.**

Отнесенные к первой группе территории характеризуются высокой степенью сельскохозяйственной освоенности и урбанизации с чрезвычайно слабым и слабым защитным потенциалом грунтовых вод. Общая площадь этих районов составляет около 8 % территории (3,7 тыс. км<sup>2</sup>). Для таких территорий характерна высокая степень риска трансформации гидрохимического и уровня грунтовых вод в результате поступления загрязняющих веществ и значительной связи с дневной поверхностью из-за незначительной мощности зоны



аэрации и высокой ее проницаемости. В связи с этим возникает необходимость разработки и проведения мероприятий по улучшению состояния отдельных компонентов природной среды и их восстановлению, в частности почвенного покрова. В пределах данных территорий рекомендуется снижение сельскохозяйственного и промышленного их использования.

Высокий риск загрязнения возможен под пашнями, пастбищами и населенными пунктами со средним и высоким защитным потенциалом грунтовых вод. Такие территории составляют около 14,8 % (6,8 тыс. км<sup>2</sup>) бассейна. Несмотря на высокую степень антропогенной нагрузки и значительное поступление загрязнителей от промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных источников, риск трансформации качества грунтовых вод на этих территориях несколько меньше, однако требуются мероприятия по снижению нагрузки на эти районы и в отдельных случаях по поддержанию их стабильности.

На 40,6 % (18,6 тыс. км<sup>2</sup>) территории бассейна, используемой под сельскохозяйственные угодья в пределах участков с высоким защитным потенциалом грунтовых вод, существует средний риск их загрязнения. При значительной антропогенной нагрузке эти территории в силу своих природных особенностей могут ее выдерживать, сохраняя до определенных пределов природное состояние или трансформируясь в природно-техногенное.

Лесопокрытые территории со средним и высоким защитным потенциалом грунтовых вод позволяет отнести их к низкому риску загрязнения, что составляет 33,8 % площади бассейна. Для этих территорий характерно стабильное состояние уровня режима грунтовых вод, на их качественный режим влияют природно-техногенные источники загрязнения. В пределах этих районов необходимо предотвратить (если таковой есть) интенсивный водоотбор. В перспективе в пределах этих территорий не следует увеличивать антропогенную нагрузку, поскольку существует высокий риск загрязнения грунтовых вод и трансформации их качества.

Очень низкий риск загрязнения грунтовых вод в пределах бассейна, где отсутствует активная антропогенная деятельность и высокий защитный потенциал (2,8 %). Это достаточно благополучные по своему состоянию территории, где практически сохранился естественный гидрогеохимический и гидрогеодинамический режим. В пределах этих территорий возможно установление сети мониторинга за естественным (фоновым) режимом грунтовых вод.

Для защиты грунтовых вод и защитной зоны от загрязнения и управления качеством окружающей среды в пределах районов с чрезвычайно высокой и высокой степенью риска трансформации грунтовых вод предлагаются следующие мероприятия.

#### 1. Инженерно-гидрологические.

Ликвидация подтопления. На выделенных территориях по степени уязвимости грунтовых вод необходимо планировать мероприятия, способствующие поддержанию стабильного уровня грунтовых вод, уменьшению прямого поверхностного смыва загрязнителей в поверхностные воды и препятствующие их дальнейшему проникновению в грунтовые воды, например, создание дренажно-коллекторной сети.

Ликвидация, вывод и перехват загрязненных вод путем устройства дренажа с отводом их в пруды-накопители или в специально оборудованные закачные скважины, могильники.

Переход на использование глубокозалегающих пресных напорных вод, снижение доли грунтовых вод в питьевом водоснабжении.

Данные мероприятия особенно актуальны для территорий со слабым и чрезвычайно слабым защитным потенциалом: в первую очередь, в пределах пойм рек с аллювиальными песчаными и торфяными болотными почвами с небольшими глубинами залегания грунтовых вод в пределах Неманской и Нарочано-Вилейской низменностей, в верхнем течении Щары, Березины и Котры.

2. Инженерно-гидрохимические. Их цель – осаждение или временная консервация загрязняющих веществ, изъятых из подземных вод, и замедление их движения в породах и удаление из почв. Для этого в зависимости от характера загрязнителя используются специальные сорбенты или смеси (сапропели, смеси торфа с микроорганизмами, гуминовые кислоты и проч.). Особое внимание следует уделить изучению возможности использования естественных условий для снижения загрязнения территорий, например, биолого-химических свойств болот и заболоченных территорий, широко распространенных на изучаемой территории.

На участках с чрезвычайно слабым защитным потенциалом желательно не только не проводить никаких мероприятий с почвами, но и способствовать уменьшению инфильтрации атмосферных осадков и проникновению паводковых вод в грунтовые воды вплоть до полной изоляции этих участков от связи с паводковыми водами в долинах рек Неман, Виляя, Щара, Котра, Березина. Для этих территорий необходима разработка мероприятий с использованием сорбентов с высокими сорбционными свойствами с последующим их удалением и захоронением.

3. Технологические. Предназначены для ликвидации очагов (источников) локального и диффузного загрязнения, вывод из эксплуатации мелиоративных систем и других сооружений, загрязняющих грунтовые воды. Необходима разработка различных агро-мелиоративных мероприятий, направленных на снижение вероятности подтопления сельскохозяйственных земель и выноса загрязняющих веществ с сельхозугодий, например, путем правильного выбора обработки почв. Кроме того, необходимыми являются мероприятия, направленные на восполнение ресурсов подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов с целью предотвращения поступления загрязняющих веществ из грунтовых вод в ниже залегающие водоносные горизонты.

4. Социальные. В первую очередь должны быть направлены на экологическое воспитание и образование населения, включая проблемы, связанные с загрязнением подземных вод, например, вследствие устройства несанкционированных свалок мусора, и, в том числе, информирование о возможных последствиях таких действий для здоровья. Кроме того, необходимо информирование о сложившихся экологических проблемах и возможных путях их решения или минимизации негативных последствий.

## **ВЛИЯНИЕ ВЕЩЕСТВ-ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ, НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АКТИВНОГО ИЛА**

**Голуб Н.М.**

*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, [golub@brsu.brest.by](mailto:golub@brsu.brest.by)*

In the course of work the qualitative and quantitative chemical analysis of sewage of Brest arriving on treatment facilities after their mechanical clearing is carried out. Concentration of ions of ammonium, nitrite, nitrate and phosphate of ions and heavy metals is defined. In the course of work the qualitative and quantitative chemical analysis of nitrification process of the sewage arriving on treatment facilities, after their mechanical clearing and on an exit, and as indicators of biochemical oxygen consumption and chemical oxygen consumption is carried out.

Городские сточные воды, поступающие на очистные сооружения, должны быть подвергнуты механической, химической и биологической обработке. Неоценимую помощь в этом оказывают микроорганизмы. Однако, в ряде случаев, качество активного ила может снижаться, в результате чего он перестает выполнять свои основные функции – биологическую очистку сточных вод.

Ведущая роль в изъятии из сточной жидкости растворенных, коллоидных, крупных органических загрязнений, а также разложении токсических для других организмов веществ принадлежит бактериям. Бактерии отличаются чрезвычайно лабильным обменом. Они в большей степени, чем другие микро- и макро-организмы, способны приспосабливаться к неблагоприятным условиям окружающей среды. Так, при поступлении на очистные сооружения сточных вод, содержащих токсичные вещества (соли тяжелых металлов, нефтепродукты), часто единственными обитателями аэротенков остаются бактерии. Они не только более устойчивы к действию ядовитых веществ, но и легче других живых организмов адаптируются к изменяющимся условиям и новым источникам питания [1]. В этом случае происходит качественное и количественное изменение биоценоза активного ила, изменяются его структура и седиментационные свойства – происходит вспухание ила [2]. Кроме ухудшения качества очистки воды, добавляется и экологический аспект – загрязнение природных водоемов, в которые поступают очищенные сточные воды.

Вспухание активного ила – довольно распространенное явление, поскольку факторами, предшествующими его развитию, является появление в сточных водах веществ, токсичных для обитателей ила. Ими могут являться тяжелые металлы и их соли, аммиак, сера, некоторые органические вещества (фенолы, нефтепродукты, пестициды, детергенты), но наиболее опасно их совместное действие.

В то же время, выявить конкретное вещество либо группу веществ, являющихся токсичными для биоценоза активного ила, является весьма сложной задачей в связи с разнообразнейшим спектром химических веществ, применяющихся в настоящее время в быту и промышленности.

Несмотря на то, что со вспуханием активного ила столкнулись с первых лет эксплуатации аэротенков, эффективного метода борьбы с ним не предложено до сих пор, а проблема становится все более актуальной в связи с восстановлением и развитием промышленного производства [2, 3].

К основным факторам, которые могут неблагоприятно воздействовать на активный ил, провоцировать или усиливать нарушения его функционирования, относится состав сточных вод, поступающих на очистку. В этих случаях гидробионты не справляются с повышенной нагрузкой веществ-загрязнителей, следовательно, происходит их частичная гибель либо полная деструкция активного ила. В результате процесс очистки сточных вод либо ухудшается, либо вовсе прекращается. Как следствие, происходит загрязнение окружающей среды.

К биогенным элементам относятся вещества, входящие в состав организмов и имеющие определенное биологическое значение, в том числе азот, фосфор, железо, медь, кобальт, никель и многие другие. Согласно литературным данным [2, 3], медь является наиболее токсичной, независимо от того, в какой форме она находится и является критичным элементом для очистных сооружений, т.к. аккумулируется в активном иле в значительных концентрациях. Синергическими по токсичному действию на активный ил являются комбинации тяжелых металлов: меди и железа, меди и никеля, меди и цинка, меди и кадмия [1, 5]. Усиление токсического воздействия наблюдается при дополнительном присутствии аммония, фенола, хлора и т.д., когда к токсическому действию металлов присоединяется стерилизующее действие этих веществ.

На основании этого нами были проведены следующие анализы стоков предприятий г. Бреста на содержание некоторых тяжелых металлов. Результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в сточных водах**

Определяемый металл	Содержание в фильтрованной воде, мг/л	Содержание в нефилтрованной воде, мг/л	ПДК, мг/л
Свинец	0,0040	0,0202	0,1
Медь	0,0038	0,0607	0,5
Цинк	0,0416	0,3441	1,0
Марганец	0,0957	0,2106	0,02-0,16
Железо	0,4016	4,3299	0,6-3,0
Никель	нпч	0,0042	0,5

Сопоставление результатов анализа сточной воды фильтрованной и нефилтрованной позволяет сделать вывод о повышенной концентрации тяжелых металлов в осадке. Данные таблицы показывают, что содержание анализируемых тяжелых металлов в нефилтрованной воде превышает их содержание в фильтрованной воде для различных металлов. Так, концентрация марганца увеличена по сравнению с нефилтрованной водой в 2,2 раза, меди – в 16,0 раз. Это свидетельствует об их наличии в большом количестве в адсорбированной форме на поверхности взвешенных частиц. В свою очередь, это может являться одним из факторов угнетения активного ила, так как тяжелые металлы, будучи накопленными на субстрате, являются токсичными для микроорганизмов, формирующих

хлопья активного ила. Осаждение взвешенных частиц приведет к повышению концентрации тяжелых металлов, причем их аккумуляция может привести к превышению ПДК и пагубному воздействию на активный ил.

В сточных водах всегда присутствуют биогенные элементы, основными из которых являются азот и фосфор. При избытке или недостатке азота и фосфора в сточных водах в активном иле развивается вспухание ила. При этом качество очистки сточных вод резко ухудшается из-за нарушения процесса распределения очищенной воды и активного ила. Известно, что при взаимодействии аммонийного азота с активным хлором в процессе хлорирования очищенных сточных вод образуются хлорамины – токсичные и мутагенные соединения. Фосфаты малотоксичны, их летальная концентрация для дафний довольно высока – 2 мг/дм<sup>3</sup>, однако именно фосфатам принадлежит решающая роль в процессе цветения природных водоемов.

Нами были проведены определения концентраций ионов аммония, нитритов, нитратов и фосфатов в сточных водах г. Бреста и лабораторных установках (таблица 2).

**Таблица 2 – Количественное определение ионов аммония, нитритов, нитратов и фосфатов в сточной воде и лабораторной установке**

№	Параметр	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		Фосфаты общ., мг/дм <sup>3</sup>
1	Сточная вода на входе	48	-	0,03	-	0,1	-	10,5
2	Сточная вода на выходе	37	-	0,02	-	0,1	-	5,3
3	Возвратный ил из вторичного отстойника	46	-	0,015	-	0,08	-	7,4
4	Активный ил из сосуда № 1	60	64	0,034	0,031	0,86	1,39	3,0
5	Активный ил из сосуда № 2 до добавления сточных вод	77	-	0,036	-	0,59	-	10,9
6	Активный ил из сосуда № 2 после добавления сточных вод	68	53	0,042	1,08	0,48	0,41	8,4

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что происходит снижение содержания в сточной воде ионов аммония на 23 %. В то же время концентрация нитрит- и нитрат- ионов практически не изменяется, что указывает на незначительное протекание процессов нитрификации.

Аналогичные результаты изменения концентрации ионов получены в лабораторном эксперименте: нитрификация активного ила в сосуде №1 практически не происходит, а в сосуде № 2 происходит частично. Это можно объяснить недостаточной, на данный момент, регенерацией активного ила.

Содержание фосфатов в возвратном активном иле завышено, а в сточной воде на выходе очищение по фосфатам происходит, но на верхнем допустимом пределе.

Для каждого типа сточных вод имеется определенное соотношение между содержанием органических загрязняемых веществ, характеризуемых показателем БПК и биогенными элементами, которое может быть низким, средним и высоким.

На основании проведенных исследований соотношение между содержанием органических загрязняемых веществ и биогенными элементами определено как высокое (таблица 3).

**Таблица 3 – Определение ХПК и БПК в сточной воде и модельном эксперименте**

№	Параметр	ХПК <sub>3</sub> мг/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>5,3</sub> мг/дм <sup>3</sup>	ХПК : БПК <sub>5</sub>	БПК <sub>5</sub> : ХПК
1	Сточная вода на входе	900	221	4,07	0,25
2	Осветленные сточные воды	700	191,5	3,66	0,27
3	Сточная вода на выходе	600	112,8	5,32	0,19
4	Активный ил из сосуда №1	950	54,7	17,37	0,06
5	Активный ил из сосуда №2	900	32,3	27,86	0,03

Согласно полученным результатам, отношение ХПК: БПК<sub>5</sub> превышает допустимый предел 2,5 раза, предложенный СНиП П-32-74 [5], в то же время, отношение БПК<sub>5</sub>: ХПК менее 0,5. Это свидетельствует о наличии в сточных водах инертных к биохимическому окислению и сложноокисляемых веществ.

В сосудах активный ил, находящийся в стадии регенерации, потребляет легкоокисляемые органические вещества и, следовательно, остаются труднодоступные к процессу окисления вещества, что и доказывается соотношением ХПК: БПК<sub>5</sub>.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Состояние активного ила на начальном этапе проведения эксперимента можно оценить как неудовлетворительное по биологическим и химическим критериям.

2. Содержание анализируемых тяжелых металлов в нефилтрованной воде превышает их содержание в фильтрованной воде в 2,2-16,0 раз. Это свидетельствует об их наличии в большом количестве в адсорбированной форме на поверхности взвешенных частиц. Осаждение этих частиц приведет к накоплению тяжелых металлов, причем их аккумуляция может вызвать превышение ПДК и, как результат, оказать пагубное воздействие на активный ил.

3. Процесс нитрификации в сточной воде проходит частично, что говорит о слабой активности биоценоза активного ила.

4. Отношение ХПК: БПК<sub>5</sub> превышает допустимый предел 2,5 раза, в то же время, отношение БПК<sub>5</sub>: ХПК менее 0,5. Это свидетельствует о наличии в сточных водах инертных к биохимическому окислению и сложноокисляемых веществ.

#### **Список используемых источников**

- Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина; под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
- Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
- Голубовская, Э.К. Биологические основы очистки воды / Э.К. Голубовская. – М.: Высшая школа, 1978. – 268 с.
- Карюхина, Т.А. Обработка и удаление осадков сточных вод: в 2 т. / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова, И.Х. Заена [пер. с англ.]. – М.: Стройиздат, 1985. – Т. 1. – 236 с.
- ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.

## **ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Головач А.П., Монтик С.В.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, golovach\_anna@mail.ru*

Water-control practices and perspective systems of sewage treatment of washing of motor transport which are necessary for providing at designing the motor transportation enterprises are considered

### **Введение**

Экологическое состояние окружающей среды все в большей мере становится одним из факторов, определяющих качество жизни людей в XXI веке, само будущее человечества. Это требует от государственной власти, ученых, специалистов и промышленников тщательного учета экологических последствий применяемых технологий и осуществляемых производственных проектов, бережного отношения к природным ресурсам.

Сегодня в Беларуси, как и во всем мире, идет бурный рост автомобилизации, число транспортных средств возрастает более чем на 10% в год, увеличивается роль и удельный вес автомобильных перевозок, растет спрос на них. Техническая эксплуатация автомобилей на основе использования ресурсосберегающих технологий значительно снижает негативное воздействие на окружающую среду.

На кафедре технической эксплуатации автомобилей УО «Брестский государственный технический университет» при выполнении дипломных проектов по реконструкции и проектированию автотранспортных предприятий значительное внимание уделяется природоохранным мероприятиям. Студенты-дипломники учитывают нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, предусматривают мероприятия по предупреждению и устранению загрязнения окружающей среды. Для охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения в соответствии с требованиями природоохранного законодательства предусматривается организация очистки сточных вод, образующихся при работе постов механизированной мойки подвижного состава, окрасочных камер, аккумуляторных участков.

### **Водоохранные аспекты проектирования автотранспортных предприятий**

На автотранспортных предприятиях наибольшее количество сточных вод образуется при мойке транспорта, входящего в регламент ежедневного технического обслуживания, агрегатов и деталей при осуществлении ремонта. В результате очистки и обезжиривания поверхностей деталей и узлов с помощью щелочных и кислотных растворов, синтетических моющих средств происходит интенсивное загрязнение стоков нефтепродуктами и взвешенными веществами.

Основные загрязняющие сточные воды вещества, образующиеся при мойке автомобилей, – нефтепродукты (моторные масла, различные виды топлива), механические примеси (частицы асфальта и песка), СОЖ, соли тяжелых металлов, детергенты, используемые при мойке. В отработанных растворах моющих средств содержатся нефтепродукты и взвеси в концентрации до 5 г/л, поверхностно-активные вещества – до 0,1 г/л, щелочные электролиты – до 20 г/л, т.е. концентрация вредных примесей в этих растворах в 40 – 90 тыс. раз превышает санитарные нормы [1].

В процессах обезжиривания поверхностей органическими растворителями, при подготовке лакокрасочных материалов, их нанесении на поверхность изделия и сушке покрытия выделяются токсичные вещества, около 4% объема которых попадает в стоки.

Для наружной мойки автомобилей, автобусов и автофургонов предусматривается, как правило, система оборотного водоснабжения. Локальные системы оборотного водоснабжения предусматриваются также для участков окраски автомобилей, мойки деталей, охлаждения технологического оборудования. Для подпитки оборотных систем допускается использование очищенных дождевых вод. При проектировании автотранспортных предприятий предусматривается организованный сбор воды с кровли зданий и территории объектов автотранспорта с последующим ее отводом в ливневую канализацию или организацией локальной очистки и последующим использованием или отводом в места, исключаящие загрязнения источников водоснабжения.

Наличие действующей системы оборотного водоснабжения является важным показателем технического уровня автотранспортного предприятия. Внедрение систем оборотного водоснабжения для очистки стоков автомоек позволяет снизить количество сбрасываемых сточных вод и уменьшить потребности в чистой воде, которую добавляют в систему только для восполнения потерь (15% от всей используемой воды), что дает значительный экономический и экологический эффект. Оборотные системы применяются на автомойках предприятий любого типа, они предназначены для очистки сточных вод, загрязненных частицами синтетических моющих средств (шампуни, мыла и т.п.), глины, песка и нефтепродуктов, поступающих с территорий автомоек. Процесс мойки легковых, грузовых и специальных автомобилей характеризуется, во-первых, относительно небольшим объемом загрязнений; во-вторых, применением значительного количества моющих средств. Установки для очистки стоков автомоек должны разрабатываться специально для таких условий.

Степень очистки сточных вод должна удовлетворять:

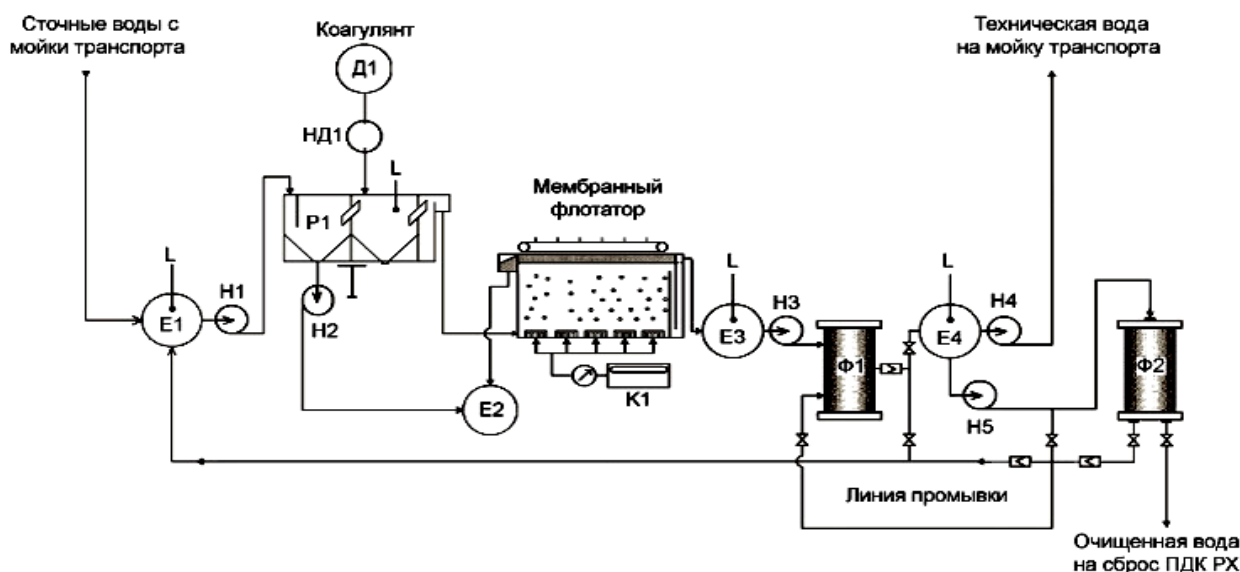
- в системах оборотного водоснабжения требованиям, предъявляемым к качеству воды для производственных нужд,
- при сбросе сточных вод в канализацию - требованиям "Правил приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов;
- при сбросе сточных вод в водоемы требованиям "Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами".



Стоки собираются с моечных постов и подаются на очистку. Установки очистки сточных вод, как правило, содержат несколько ступеней. Особого внимания заслуживают флотационно-фильтрационные установки оборотного водоснабжения, в которых фильтрационный метод очистки дополнен предварительной ступенью - флотационной очисткой. При использовании флотационной очистки в процессе засасывания загрязненной воды в очистные сооружения происходит насыщение её воздухом. В дальнейшем, при попадании воды во флотационную ёмкость давление падает, и выделяющиеся из воды в большом количестве мелкие пузырьки выносят на её поверхность мелкую взвесь и масляные загрязнения. Этот нефтешлам удаляется с поверхности и выводится из установки. Очистные сооружения с флотацией менее требовательны к шламоустойнику. Затем вода поступает на фильтрацию. В качестве загрузки фильтров применяются материалы, обладающие высокой грязеемкостью, сорбционной ёмкостью, механической прочностью и восстанавливающие первоначальные свойства после промывки очищенной водой.

Отработанный фильтрующий материал и флотошлам может использоваться в производстве дорожных покрытий, топлива для котельных, использоваться в других схемах утилизации.

Перспективна для использования система очистки сточных вод мойки автотранспорта с применением флотомембранной и сорбционной технологий, разработанная Технопарком РХТУ им. Д.И. Менделеева (рис. 1) [2].



**Рисунок 1 – Технологическая схема очистки сточных вод автомойки**

Оборотное водоснабжение для автомоек организуется следующим образом: сточные воды самотеком поступают в накопительную емкость E1, где производится их количественное усреднение и гомогенизация состава. Для контроля уровня жидкости L накопительная емкость E1 оборудуется датчиком уровня. Из емкости E1 сточные воды подаются насосом N1 в двухсекционный реактор P1. Сюда же дозируется насосом-дозатором НД1 рабочий раствор коагулянта - сульфата алюминия из дозатора Д1. Перемешивание среды в реакторе P1 осуществляется с помощью сжатого воздуха от компрессора К1. Для периодической очистки

реактора предусмотрен диафрагменный насос Н2, работающий на сжатом воздухе. Накопившийся осадок транспортируется в сборник шлама Е2. Из реактора Р1 стоки самотеком поступают на мембранный флотатор ФММ, где происходит извлечение ПАВ, взвешенных веществ и нефтепродуктов. В мембранном флотаторе, в результате пропускания воздуха под давлением через пористые материалы (керамические мембраны), происходит насыщение воды пузырьками воздуха и флотация дисперсных веществ. Образующиеся флотокомплексы, транспортируются пузырьками воздуха на поверхность жидкости, где накапливаются в пенном слое флотошлама, который периодически удаляется с поверхности жидкости пеносборным устройством в сборник шлама Е2. Далее шлам утилизируется по мере накопления. Вода с мембранного флотатора самотеком поступает в накопительную емкость Е3, откуда насосом Н3 подается на сорбционные фильтры грубой очистки Ф1, в которых происходит удаление остаточных взвешенных веществ. Фильтры Ф1 периодически в автоматическом промываются обратным током со сбросом загрязнений в накопительную емкость Е1. После фильтров Ф1 очищенная вода поступает в накопительную емкость Е4, откуда насосом Н4 подается на мойку автотранспорта.

Излишки воды из накопительной емкости Е4 насосом Н5 подаются на сорбционный фильтр тонкой очистки Ф2, в котором происходит финишная доочистка воды до норм ПДК. Фильтр Ф2 периодически в автоматическом режиме промываются обратным током со сбросом загрязнений в накопительную емкость Е1. Для периодической промывки фильтров используется очищенная вода из накопительной емкости Е4. После фильтра Ф2 очищенная вода под остаточным давлением сбрасывается из системы в канализацию или водные объекты.

В системах очистки сточных вод автомоек, дождевых и талых вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов до норм ПДК, предъявляемых к стокам, сбрасываемым в городскую ливневую канализацию или открытые водоемы хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения вместо энергоемкого флотационного процесса может с успехом использоваться отстаивание на тонкослойных отстойниках.

Тонкослойный отстойник предназначен для предварительной очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Осадок, содержащий минеральные и органические загрязнения собирается на дне отстойника, нефтепродукты образуют пленку на поверхности воды. В нижней части отстойников предусматриваются шламосборники, над тонкослойными элементами – салфетки для сбора свободных нефтепродуктов. Осветленная вода из отстойника насосом подается на фильтрационную очистку. Фильтры предназначены для окончательного удаления из обрабатываемой воды взвешенных веществ, нефтепродуктов и других технологических примесей (в первую очередь ПАВ) методами фильтрации и сорбции. После блока фильтров вода подвергается обеззараживанию и подается на моечные аппараты. Качество воды после фильтров тонкой очистки и обеззараживания соответствует нормативным требованиям к оборотным системам мойки автомобилей.

## **Заключение**

Охрана водных ресурсов при проектировании автотранспортных предприятий связана с внедрением оборотных систем водного хозяйства. Выбор схемы очистки сточных вод автомоек должен ориентироваться на количество, состав и свойства сточных вод; возможность их достаточной очистки для повторного использования. Схема очистки стоков должна обеспечивать полный водооборот. Извлечение примесей или их нейтрализация с целью полного использования воды в оборотном водоснабжении должно позволить существенно сократить не только негативное воздействие на окружающую среду, но и обеспечить при этом максимальную экономию водопотребления.

## **Список использованных источников**

1. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд. / Е.С. Кузнецов [и др.]; под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
2. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева. Технопарк. Очистка сточных вод. [Электронный ресурс] / РХТУ им. Д.И. Менделеева. – М., 2010. – Режим доступа: <http://enviropark.ru>. – Дата доступа: 19.03.2010.

УДК 626.87

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ ВОДОСБОРА Р. БОБРИК**

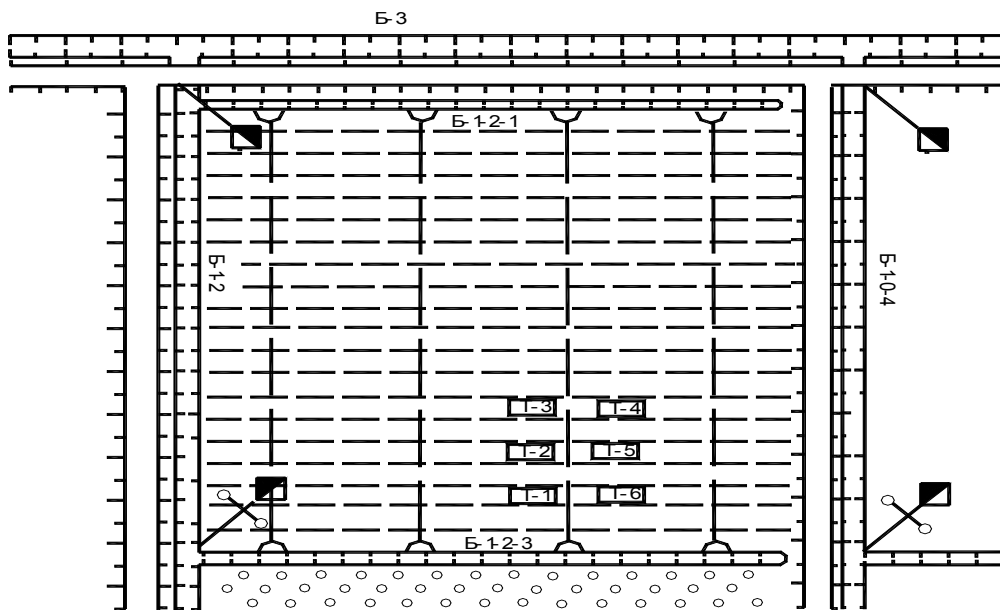
*Глушко К.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ.*

The results of the field investigation of the density of reclaimed peat soils of the Bobrik River water basin have been stated. The characteristics of its alteration according to the area and vertical profile have been determined.

**Ведение.** Инфильтрационная способность мерзлых почв зависит от их водно-физических свойств, которые по ряду причин могут значительно отличаться не только по генетическому горизонту профиля исследуемой точки, но и в пределах небольшого водосбора. Многочисленными исследованиями установлено, что изменчивость водно-физических и тепловых характеристик наиболее зависит от двух величин – плотности и влажности [1,2]. Таким образом, изменчивость плотности и влажности определяют пространственную изменчивость таких характеристик почвы, как коэффициенты фильтрации, влагопроводности, потенциала почвенной влаги. Учитывая, что обе эти характеристики являются определяющими инфильтрационные процессы в почве, целью исследований явилось установление их неоднородности на глубину максимально наблюдаемого промерзания в пределах опытного участка водосбора и полного комплекса исследований до уровня грунтовых вод в местах установки оборудования.

**Основная часть.** Водосбор, в пределах которого размещался опытный участок площадью 100 га, находится в пойме р. Бобрик на территории Полесской опытно-мелиоративной станции. Схема опытного участка приведена на рисунке 1.



*Рисунок 1 - Схема опытного участка водосбора р. Бобрик.  
Т-1, Т-2, Т-3, Т-4, Т-5, Т-6 – места установки оборудования*

Он ограничен каналами с Юга - Б-3, с Севера – Б-1-2-3, с 3, Запада Б-1-0-4, с Востока Б-1-2. Исследование пространственной неоднородности водно-физических свойств почвы проводилось с учетом требований достаточности объема выборочной совокупности. Объем выборки  $N$  при проведении исследований определялся по ожидаемому коэффициенту вариации  $C_v$  и принимаемой точности опыта  $\varepsilon$  по формуле:

$$N = \frac{C_v}{\varepsilon};$$

При принятых значениях коэффициента вариации 20% и точности опыта 5% потребовался объем выборочной совокупности, равный 62 значениям. Фактический объем выборки был принят по условиям работ равным 63 значениям.

На опытном участке было разбито девять створов с расстоянием между ними 100 м. перпендикулярно водоприемнику дренажного стока, что обеспечивает охват почв с наибольшей изменчивостью водно-физических свойств. Отбор почвы производился через каждые 100 м послойно через 10 см в однократной повторности на глубину 40 см. Эта глубина соответствует средней мощности промерзаемого слоя почвы за период наблюдений. Отбор образцов почвы производился методом шурфования. Объем кольца пробоотборника составлял 50 см<sup>3</sup>.

Для получения полного представления о водно-физических свойствах почвы в пределах ее деятельного слоя на шести точках опытного участка в местах установки лизиметрического оборудования были выполнены почвенные разрезы на глубину 1,0 м. Вертикальная стенка шурфов выполнялась с южной стороны,

что предохраняло почву от высыхания. Отбор образцов производился послойно через каждые 10 см в пятикратной повторности на глубину 30 см и трехкратной повторности на глубину до 1,0 м пробоотборником с объемом кольца 50 см<sup>3</sup>.

Коэффициент фильтрации почвы определялся в полевых условиях прибором Дарси в трехкратной повторности для каждого слоя почвы при трех различных величинах напора. В качестве колонки с почвой были использованы цилиндры бурового комплекта, что дало возможность использовать образцы ненарушенной структуры почвы. Отбор образцов производился согласно технике их отбора буровым методом, разработанным Н. А. Качинским. В заключение необходимо отметить, что при проведении опыта образцы почвы выдерживались вместе с цилиндрами в ванне, охлажденной до 0° С (опыты производились осенний период) не менее трех суток для вытеснения пор заземленного воздуха.

Почвы опытного участка и всего водосбора представлены среднемошными, глубиной 70 ± 5 см, осоко-тростниковыми торфами со степенью разложения  $R = 40 - 50\%$ . Залегают они на мощной толще (50м.) песчаных отложений. Непосредственно подстилающими породами являются пески аллювиальных отложений. Границей раздела слоев является тонкий, около 5 см, мульчирующий слой торфа.

Результаты анализа пространственной изменчивости плотности и влажности приведены в таблицах 1 и 2.

Анализ таблицы 1 показывает, что среднеарифметическое значение плотности возрастает с глубиной до подошвы пахотного слоя 0-30 см. Ниже, где структура почвы не нарушена, плотность торфа значительно снижается. Объяснить это можно воздействием хозяйственных, природных и антропогенных факторов, частности минерализацией торфа. Значение коэффициента вариации плотности с увеличением глубины снижается, и в общем имеет незначительную амплитуду - от 0,159 на поверхности до 0,130 на глубине 40,0 см.

**Таблица 1 – Статистические характеристики плотности почвы по профилям в пределах водосбора**

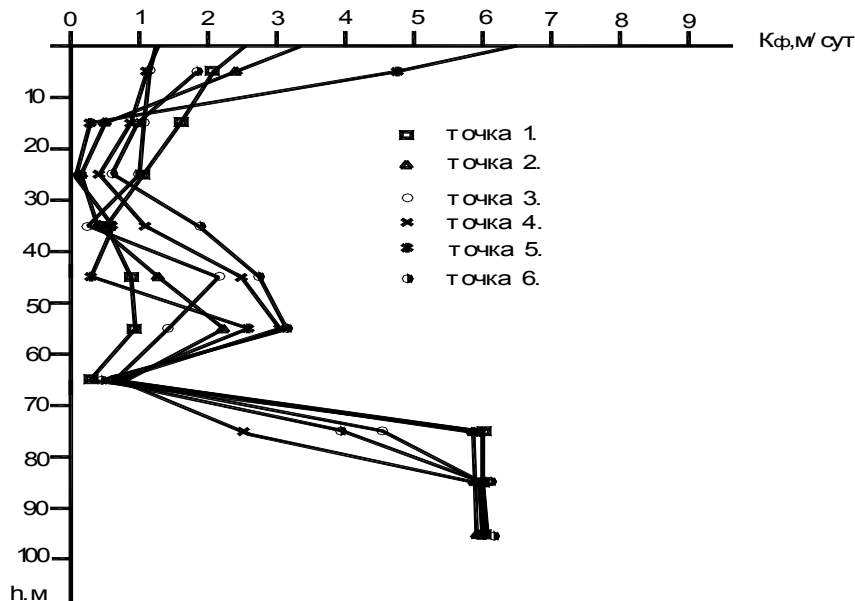
Тип почвы	Глубина отбора образца, см	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент вариации	Среднее квадратичное отклонение	Точность опыта, %
Торф осоко-тростниковый	0-10	0,22	0,159	0,03	1,9
	10-20	0,24	0,156	0,03	1,87
	20-30	0,26	0,155	0,03	1,62
	30-40	0,19	0,130	0,02	1,70

Исходя из распределения плотности торфа, следует предполагать, что и тепловые его характеристики будут также однородны по слоям, а следовательно, процесс промерзания почвы будет происходить равномерно по глубине.

**Таблица 2 – Статистические характеристики влажности почвы по профилям в пределах водосбора**

Тип почвы	Глубина отбора образца, см	Средняя объемная влажность, %	Коэффициент вариации	Среднее квадратичное отклонение	Точность опыта, %
Торф осоко-тростниковый	0-10	37,94	0,171	6,55	2,22
	10-20	43,32	0,163	5,456	2,15
	20-30	43,39	0,160	5,30	2,15
	30-40	50,58	0,109	4,62	1,07

Влажность почвы по этим же профилям, измеренная в предзимний период, выражена довольно равномерно по слоям почвенного профиля. С ростом ее глубины коэффициент вариации также уменьшается и более интенсивно, чем коэффициент вариации плотности. Результаты исследования коэффициента фильтрации торфяных почвы водосбора р. Бобрик приведены на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Изменение коэффициента фильтрации осушенных торфяников в пределах опытного участка водосбора р. Бобрик*

При оценке фильтрационных свойств торфяной почвы установлена следующая закономерность: в пахотном слое и до глубины 30-40 см коэффициент фильтрации снижается в среднем с 2,9 м/сут. до 0,6 м/сут. с последующим плавным увеличением до 1,6-1,8 м/сут. у границы раздела «торф-подстилающий песок». На границе раздела торфа и песка наблюдаются отложения разложившегося торфа слоем 3-4 см, коэффициент фильтрации здесь снижается до 0,3-0,4 м/сут.

**Заключение.** Опытный участок водосбора р. Бобрик представлен осоково-гипновыми торфом с высокой степенью однородности водно-физических характеристик деятельного слоя почвы. Среднее значение коэффициента вариации плотности равно 0,149, влажности – 0,15.

Существует устойчивая закономерность нарастания плотности торфа с глубиной до подошвы пахотного горизонта, влажность этих же слоев торфа с ростом глубины нарастает. Разнонаправленные процессы определяют особый характер формирования термического режима осушенных торфяников в зимний период.

Водопроницаемость торфа, находящегося длительно в сельскохозяйственном использовании, подчиняется следующей закономерности: в пахотном слое и до глубины 30-40 см коэффициент фильтрации резко снижается в среднем – с 2,9 до 0,60 м/сут. с последующим плавным увеличением до 1,6-1,8 м/сут. у границы раздела. Тонкий слой торфа, залегающий на границе раздела торфа и песка, имеет незначительный коэффициент фильтрации – порядка 0,3-0,4 м/сут.

Определяющими факторами фильтрации воды до уровня грунтовых вод являются уплотненный слой торфа на подошве пахотного слоя и на границе раздела торфа и песка.

#### Список использованных источников

1. Ершов, Э.Д. Физика-химия и механика мерзлых пород. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – С.439.
2. Калюжный, И.Л. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажненных земель / И.Л. Калюжный, К.К. Павлова, С.А. Лавров – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 114–115.

## ОЦЕНКА УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ПОДТОПЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

*Кирвель И.И., Камлач В.И.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» г. Минск, РБ, [ecolog@bsuir.by](mailto:ecolog@bsuir.by)*

The factors influencing changes soil and vegetation are noted. It is shown, that consequence of flooding is humidifying a soil structure by the subsoil waters, promoting expansion of belts of flooding. It proves to be true change of types of processes of formation soil. Changes of types soil are reflected at removal from a reservoir.

В сельском хозяйстве земли с уровнем грунтовых вод (УГВ) 1 м от поверхности и выше принято считать подтопленными. Однако граница эта весьма условна. Прежде всего, ее условность связана с тем, что УГВ на землях, прилегающих к водохранилищу, не является постоянной даже в течение вегетационного периода. Кроме того, степень воздействия грунтовых вод на почву при одинаковой их глубине может быть различна в зависимости от ряда факторов (количества осадков, типа почв и т.д.). В зависимости от глубины залегания грунтовых вод, влажности почвенных горизонтов, протекания различных почвообразовательных процессов выделяют зоны сильного, умеренного и слабого подтопления. В подзоне сильного подтопления происходит наиболее заметная трансформация среды. Почвы насыщаются до наибольшей, а иногда и полной влагоемкости. В подзоне умеренного подтопления влажность почвы колеблется в пределах 60 – 80 % полной влагоемкости. Для подзоны слабого подтопления характерны значительные колебания влажности почвы – от полной влагоемкости в период выпадения значительного количества осадков до влажности завядания и ниже в засушливые годы.

Резкое изменение условий увлажнения в пределах зоны подтопления вследствие поднятия уровня грунтовых вод служит причиной не только внутренней перестройки ландшафтных единиц, но и их территориального перераспределения, причем, наиболее бросающиеся в глаза изменения вызваны именно этим перераспределением.

Изменение характера режима грунтовых вод с водораздельного на прибрежный – основной фактор, обуславливающий существование зоны подтопления на водоеме. Ширина полосы, в пределах которой происходит смена типа режима, зависит от целого ряда причин, в частности от характера рельефа, особенностей геологического строения и т. п. Она может колебаться от нескольких десятков до сотен метров, а иногда и до нескольких километров. В районах развития песчаных отложений эта полоса меньше, чем на участках, сложенных суглинками. Процесс изменения типа режима грунтовых вод сказывается на горизонте вод флювиогляциальных отложений. Воды покровных отложений лишь

в очень малой степени подвергаются прямому влиянию водохранилища из-за их локального распространения и временного характера. Изменения в характере вод покровных отложений происходят в результате изменения всего комплекса физико-географических условий и в связи с изменением характера вод флювиогляциальных отложений.

Подъем уровня почвенно-грунтовых вод и уменьшение количества в них кислорода оказывает значительное влияние на процесс почвообразования. В подзоне сильного подтопления начинается процесс заболачивания, при этом формируются торфяные, перегнойные или дерново-подзолистые глеевые и сильно оглеенные почвы. Особенно интенсивное оглеение наблюдается при высоком уровне водохранилища, когда существует острый дефицит кислорода; в годы с низким уровнем воды признаки оглеения менее заметны. Чередование маловодных и многоводных лет значительно снижает темпы заболачивания. В умеренно подтопленной зоне оглеению подвергаются средние и нижние части почвенного разреза. В подзоне слабого влияния водохранилища почвы оглеены в нижних горизонтах только тогда, когда уровень водохранилища достигает нормального подпорного уровня.

Изменение водного режима почв приводит к их эволюции в основном за счет изменения механического состава и физико-химических свойств.

В зоне подтопления в результате изменения физико-химических свойств почв происходит процесс формирования новых почвообразовательных процессов. Рассмотрим это на примере двух водохранилищ. Любанское водохранилище руслового типа построено в 1966 г. До затопления в районе будущего водоема преобладали дерново-подзолистые связнопесчаные, развивающиеся на мощных рыхлых песках почвы. За этот период произошла коренная смена типов почв в зоне подтопления.

В подзоне сильного подтопления из-за преобразования водного режима дерново-подзолистых почв с промывного на режим капиллярной каймы наблюдается появление признаков заболачивания, которое приводит к образованию дерново-глеевой связнопесчаной почвы с оторфованным горизонтом, развивающейся на мощных рыхлых песках. УГВ находится на глубине 45 см. В подзоне умеренного влияния водохранилища процесс оглеения почв происходит по-другому. Характер почвообразовательных процессов сильно меняется: нижние и средние горизонты почвенного профиля испытывают оглеение, в верхних горизонтах накапливаются гумус, азот, фосфор, железо, марганец и другие элементы. В этой зоне формируются дерново-глееватые почвы, иногда встречается маломощный оторфованный горизонт. УГВ расположен в 70 см от поверхности. В зоне слабого подтопления край зоны закрытых капилляров в результате подъема грунтовых вод устанавливается непосредственно у основания. В периоды сильных дождей и снеготаяния нижняя часть почвенного профиля подвергается значительному дополнительному увлажнению, приводящему к ее оглеению. Переувлажнение бывает кратковременным. При этом формируется дерновая слабо-подзолистая почва, оглеенная с глубины 80—90 см. Глубина залегания УГВ составляет 110 см.



Лепельское водохранилище озерного типа сооружено в 1959 г на базе одноименного озера. До зарегулирования озера в зоне влияния водоема преобладали дерново-подзолистые супесчаные почвы, развивающиеся на моренных суглинках. После подпора водохранилища прилегающие к водоему земли оказались в условиях подтопления. В зоне сильного подтопления развиты дерново-глеевые связносупесчаные почвы, подстилаемые моренными суглинками, УГВ 30 см. В зоне умеренного подтопления преобладают дерновые слабоглеевые связносупесчаные почвы при УГВ 60 см, развивающаяся на моренных суглинках. Для зоны слабого подтопления характерны дерновые слабоподзолистые связносупесчаные почвы, оглеенные с глубины 70 см, развивающиеся на моренных суглинках, УГВ 90 см.

В связи с изменением режима грунтовых вод Любанского и Лепельского водохранилищ поменялся режим влажности почв, что привело к трансформации почвообразовательных процессов. На пологих склонах водоемов почвы оказались в условиях сильного увлажнения. Их влажность соответствует полной влагоемкости по всей глубине профиля, так как наблюдается капиллярный подъем влаги до поверхности почвы в связи с высоким стоянием УГВ (0—60 см от поверхности почвы). В годы с избыточным атмосферным увлажнением осадки, просачиваясь в почву, увеличивают влажность верхних горизонтов, создавая зону капиллярно-подвешенной влаги, повышая при этом УГВ до 30—40 см.

Учитывая степень заболоченности почв, механический состав, литологию, нами рассчитан коэффициент накопления влаги в почве «Кп», представляющий отношение влагозапасов в почвах разной степени заболоченности к запасам влаги незаболоченной почвы (таблица) [1].

**Таблица – Коэффициенты накопления влаги в избыточно увлажненных почвах побережий Любанского и Лепельского водохранилищ**

Зона подтопления	Почва	Кп
Любанское водохранилище		
Сильного	дерново-глеевая связнопесчаная с оторфованным горизонтом, развивающаяся на мощных рыхлых песках	4,9
Умеренного	дерново-глееватая песчаная с маломощным оторфованным горизонтом, развивающаяся на мощных рыхлых песках	4,3
Слабого	дерновая слабоподзолистая связнопесчаная, оглеенная с глубины 80 см, развивающаяся на мощных рыхлых песках	2,3
Лепельское водохранилище		
Сильного	дерново-глеевая связносупесчаная, подстилаемая моренными суглинками	1,4
Умеренного	дерновая связносупесчаная слабоглеевая, развивающаяся на моренных суглинках	1,45
Слабого	дерновая слабоподзолистая связносупесчаная, оглеенная с глубины 70 см, развивающаяся на моренных суглинках	1,5

Данные свидетельствуют, что в зависимости от типа почвы, гранулометрического состава, степени увлажнения и уровня воды в водоеме «Кп» варьирует в пределах от 1,4 до 4,9. Запасы влаги уменьшаются от дерново-глеевых связнопесчаных в зоне сильного подтопления Любанского водохранилища до дерновых слабоподзолистых связносупесчаных в слабоподтопленной зоне Лепельского водохранилища.

Кп зависит от механического состава почвы и уменьшается при переходе от почв легкого механического состава к тяжелым. Это объясняется различиями водно-физических свойств почв: водоудерживающая способность песчаных почв ниже суглинистых. В связи с этим перераспределение влаги и испарения в песчаных почвах идет более интенсивно, чем в супесях и суглинках. Суглинистые почвы более склонны к заболачиванию, чем почвы легкого механического состава. В суглинистых и глинистых почвах даже небольшое количество приточных вод ведет к заболачиванию.

Коэффициенты накопления влаги в почве за вегетационный период не одинаковы. Наибольшие различия в увлажнении наблюдаются в вегетационный период, когда уровень водохранилища падает. При падении уровня грунтовых вод и просыхании почвы запасы влаги постепенно снижаются. После весеннего снеготаяния, а также после обильных дождей почва насыщается влагой. Такое увлажнение является оптимальным для растений. К середине вегетационного периода вследствие расходования почвенной влаги на суммарное испарение запасы почвенной влаги уменьшаются, а к его концу снижаются до влажности разрыва капиллярных связей и почвенная влага становится малодоступной растениям. При этом растения начинают угнетаться и при дальнейшем уменьшении влажности могут погибнуть.

Проведенные исследования показали, что запасы продуктивной влаги в зоне подтопления изменяются от уреза воды при продвижении к неподтопленной зоне. Максимальные запасы сосредоточены в зоне сильного подтопления и составляют 220 – 380 мм. В умеренно подтопленной зоне влагозапасы изменяются от 170 до 320 мм, а в зоне слабого подтопления влагозапасы колеблются от 150 до 230 мм и зависят от механического состава почв.

Таким образом, в зоне гидрологического влияния могут произойти существенные изменения природно-территориальных комплексов. Так, например, резкий подъем уровня грунтовых вод может вызвать заболачивание леса и даже смену лесной ассоциации низовым болотом. Смена типа болота – верховое или переходное преобразуется в низинное осоковое.

Следует отметить, что на почвах, формирующихся под влиянием только поверхностного увлажнения, отличия которых между отдельными группами обусловлены в основном разницей во влажности 20 — 30-сантиметрового слоя, даже незначительные изменения в испарении с ее поверхности могут оказать сильное влияние.

Таким образом, изменение почв под влиянием подъема грунтовых вод оказывается тем большим, чем сильнее нарушается существовавший ранее режим увлажнения почвы и примыкающего к ее основанию слоя почвообразующей породы. Интенсивность этих изменений, как правило, обратно пропорциональна глубине залегания поднятых грунтовых вод и прямо пропорциональна мощности капиллярной каймы, определяемой механическим составом почвогрунтов.

#### **Список использованных источников**

1. Попова, Т.С. Оценка увлажнения и расчет влагозапасов почв разной степени гидроморфизма / Т.С. Попова, Ж.А. Капилевич, Г.А. Писецкий, А.В. Высоченко / Климатические ресурсы Беларуси и рациональное их использование. – Минск: Университетское, 1986. – С. 32-38.
2. Окулик, Н.В. Водный режим и продуктивность почв / Н.В. Окулик. – Минск, Ураджай, 1989. – 191 с.

## РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ГИДРОЛОГО- ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛАРУСИ

**Кобяк В.В.**

*Учреждение образования «Командно-инженерный институт МЧС» Республики Беларусь, г. Минск, РБ, valkobkii@gmail.com*

Changing the hydrologic conditions of reservoir objects leads to renewal of abrasion risk-processes. The similarity criteria were developed to predict abrasion risk-processes on the different types of reservoir objects. The boundary conditions for the similarity criteria were specified.

### **Введение**

В данной работе на основании полученных результатов натурных и лабораторных исследований разработаны и уточнены критерии гидролого-геоморфологического подобия для прогнозирования абразионных риск-процессов на водохранилищах различного типа методом природных аналогов. Уточнены граничные условия применимости критериев подобия.

### **Разработка критериев гидролого-геоморфологического подобия**

При прогнозировании абразионных процессов (далее риск-процессов) на водохранилищах Беларуси Левкевичем В.Е. был разработан метод натурального гидро-морфологического подобия [1–3], который предлагается применять для водохранилищ руслового типа. При выводе критериев подобия им не учитывалось ряд характеристик, которые влияли на ход развития и протекания риск-процессов в условиях водохранилищ, создающихся и планируемых на базе озер для целей гидроэнергетики. В связи с этим в период с 2004 по 2010 гг. были проведены детальные натурные и лабораторные исследования для уточнения данных, входящие в критерии подобия, которые будут рассмотрены ниже.

Изменение гидрологических условий водоема ведет к трансформации его морфометрических характеристик: площади, объема, длины, средней глубины и т.д. Поэтому один из морфометрических критериев будет иметь следующий вид:

$$M_{KH} = \frac{D_p + kD'_p}{\bar{h}_D + \Delta A'} \quad (1)$$

где  $D_p$  – расчетная длина разгона волны до изменения уровенного режима, м;

$D'_p$  – расчетная длина разгона волны после изменения уровенного режима, м;

$\bar{h}_D$  – средняя глубина по длине разгона волны до изменения уровенного режима, м;

$\Delta A'$  – высота поднятия уровня воды после изменения гидрологического режима (реконструкции) водного объекта, м;

$k$  – коэффициент, определяемый как отношение площади водоема после затопления к площади до затопления.

Расчетная длина разгона волны после дополнения гидрологических условий вычисляется следующим образом:

$$D'_p = (\Delta A' + \overline{h_D}) \cdot \text{ctg} \alpha, \quad (2)$$

где  $\Delta A'$  – высота поднятия уровня воды, м;

$\alpha$  – угол наклона подводной части отмели.

Следующий гидрологический критерий с учетом изменения уровня воды описывается зависимостью вида:

$$M'_{KH} = \frac{\Delta A}{H_{гл} + \Delta A'}, \quad (3)$$

где  $H_{гл}$  – высота поднятия уровня воды, м;

$\Delta A$  – амплитуда колебания воды в безледный период, м.

На масштабы риск-процессов наряду с гидрологическими условиями (колебания уровня, ветровое волнение) влияют характеристики грунтов, подверженных размыву – диаметр частиц и коэффициент неоднородности [4]. В пределах водохранилищ Беларуси данный показатель варьируется в пределах от 2,3 до 8. Обработка результатов натуральных наблюдений по репрезентативным участкам и их сравнение с [4] установила, что с увеличением коэффициента неоднородности грунта при одинаковых морфометрических характеристиках берегового склона процесс переработки уменьшается. Поэтому при выводе одного из геоморфологического критерия подобия авторам учитывался коэффициент неоднородности грунта:

$$M_{kd} = \frac{H_{ск}}{d_{50}} \eta, \quad (4)$$

где  $H_{ск}$  – высота склона, м;

$d_{50}$  – средневзвешенный диаметр частиц, м;

$\eta$  – коэффициент неоднородности грунта.

На интенсивность и масштабы процессов переработки коренных берегов влияет ширина подводной части отмели и глубина на внешнем краю отмели, что подтверждают результаты натуральных и лабораторных исследований. С увеличением ширины и уменьшением глубины на внешнем краю отмели риск-процессы постепенно стабилизируются. Геоморфологический критерий подобия имеет вид:

$$M_{KB} = \frac{B_{п}}{H_{гл}}, \quad (5)$$

где  $B_{п}$  – ширина подводной части отмели, м;

$H_{гл}$  – глубина на внешнем краю отмели, м.

Критерий гидрологического подобия имеет две модификации. В первом случае в работах [1,3] не учитывалась повторяемость активных уровней воды и обеспеченность максимальной высоты волны. Поэтому данный критерий имеет вид:

$$M_{KA} = \frac{vP \cdot h_{1-5\%}}{A P \cdot \Delta A}, \quad (6)$$

где  $vP$  – повторяемость активных уровней, %;

$A P$  – обеспеченность максимальной высоты волны, %;

$h_{1-5\%}$  – высота волны 1–5% обеспеченности, м;

$\Delta A$  – амплитуда колебания воды в безледный период, м.

Во втором случае при сравнении результатов лабораторных и натуральных исследований было установлено, что характер отступления береговой линии зависит от высоты поднятия уровней, и критерий гидрологического подобия описывается зависимостью типа:

$$M_{KA} = \left( \frac{h_{1-5\%}}{\Delta A} \right) b, \quad (7)$$

где  $b$  – эмпирический коэффициент, зависящий от характера поднятия уровня воды.

Следующим требованием для применения критериев подобия при прогнозировании риск-процессов методом природных аналогов является выполнение граничных условия. Проведенные натурные исследования позволили уточнить берегоформирующие факторы с учетом их применимости к водохранилищам различного типа, численные значения которых указаны в таблице.

**Таблица – Граничные условия применения гидролого-геоморфологических критериев подобия**

Группа водоема	Граничные условия применимости берегообразующих факторов и условий								
	Длина разгона волны, м	Ср. глубина водоема, м	Высота волны, м	Амплитуда колебаний, м	Коэф. неоднорд. грунта	Уклон берега, град.	Высота берега, м	Средний диаметр частиц грунта, мм	Глубина на внешнем краю отмели, м
Группа 1	500–5000	1,2–7,0	0,4–1,5	0,6–3,5	1,2–10,0	0,01–0,3	1,0–10,0	0,5 – 3,5	1,0 – 2,0
Группа 2	500–5000	1,2–7,0	0,4–1,5	0,1–0,5	1,2–10,0	0,01–0,3	1,0–12,0	0,5 – 3,5	1,2 – 2,4

#### Список использованных источников

1. Широков, В.М. Методические рекомендации по оценке воздействий малых водохранилищ на окружающую среду / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич; под ред. В.М. Широкова. – Минск: Белгосуниверситет, 1995. – 68с.
2. Левкевич, В.Е. Методические рекомендации по расчёту незакреплённых верховых откосов дамб и плотин на малых водохранилищах и прудах мелиоративного назначения / Минск: ЦНИИКИВР, 198.9 – 36с.
3. Широков, В.М. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 160с.
4. Левкевич, В.Е. Переработка берегов малых равнинных водохранилищ мелиоративных систем, её прогноз и управления (на примере Белорусской ССР): дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / В.Е. Левкевич. – Минск, 1986. – 135с.

## РАСЧЕТ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ НАПОРНОГО ФРОНТА

*Котов Д.С., Саечников В.А., Котов С.Г.*

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь, [kotovsg@bsu.by](mailto:kotovsg@bsu.by), [saetchnikov@bsu.by](mailto:saetchnikov@bsu.by), [viscount.d@gmail.com](mailto:viscount.d@gmail.com)*

Data has been presented on the creation of a software for calculation of the inrush wave in case of failure of belarusian hydrotechnical constructions of the pressure front. This software is connected to the software for visualisation of the flood zones of the inrush wave of failure of hydrotechnical constructions of the pressure front on a digital map scaled 1:100, 1:50 and larger. The software for calculation and visualisation of the pressure front breach inrush wave has been adopted by the Emergency Control Ministry of the Republic of Belarus.

### **Введение**

На территории Республики Беларусь находится более 100 водохранилищ объемом более 1,0 млн. м<sup>3</sup> каждое. При авариях, катастрофах, антропогенных причинах разрушения грунтовых плотин (все сооружения напорного фронта в Республике Беларусь грунтовые) происходит очень динамично за короткий промежуток времени. Особенностью разрушения таких гидротехнических сооружений является образование волны прорыва. К этим опасным сооружениям можно отнести плотины, водозаборные сооружения, насосные станции (например, Вилейско-Минская водная система), водосбросные сооружения (например, каскад шлюзов на Днепро-Бугском канале). Следствием гидродинамических аварий на этих сооружениях является катастрофическое затопление местности волной прорыва и ее воздействие на людей и сооружения.

В 1998 году в Российской Федерации разработана программа расчета параметров волны прорыва «Волна-2». Она используется как подразделениями Министерства по чрезвычайным ситуациям Российской Федерации, так и подразделениями Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Данная программа дает хорошие результаты при расчете гидротехнических сооружений с напором более 60 м. В Республике Беларусь напор гидротехнических сооружений не превышает 10–12 метров, местность равнинная. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что применение программы «Волна-2» для расчетов ЧС в условиях Республики Беларусь не надежно. В связи с этим Командно-инженерным институтом МЧС Республики Беларусь разработана методика расчета параметров волны прорыва и зон затопления, применительно к гидрологическим условиям Республики Беларусь [1,2].

Для внедрения разработанной методики в практику органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям в Белорусском государственном университете разработать программное средство расчета и визуализации на электронной карте зон затопления при прохождении волны прорыва гидротехнического сооружения напорного фронта.

## Результаты разработки программного средства

Базируясь на методике Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь, разработан алгоритм расчета высоты волны прорыва и глубины потока; скорости движения волны прорыва в расчетных створах и на расчетных участках; времени прохождения волны прорыва через створ разрушенного гидроузла; через расчетные створы и определения времени добегания до створов.

На основе алгоритма разработаны два программных средства расчета параметров волны прорыва при разрушении гидродинамических сооружений. Первое представляет собой электронную таблицу Microsoft Excel, а второе – сетевое программное средство, написанное на языке Java. Программное средство в виде электронной таблицы Microsoft Excel создано с целью проверки корректности разработанного алгоритма, а в виде программного средства Welle, написанного на языке Java – для эксплуатации в виде локальных модулей и работы в сетях.

Основываясь на результатах апробации модуля, представляющего собой электронную таблицу Microsoft Excel, и опытной эксплуатации программного средства Welle, разработано программное средство расчета характеристик волны прорыва WaterFall. Она учитывает влияние поймы и зарегулированность реки и позволяет рассчитать все параметры волны прорыва.

Гидродинамические аварии (дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием волны прорыва характеризуются высокими скоростями изменения обстановки. В связи с этим исключительное значение придается визуализации складывающейся обстановки. Поэтому программное средство расчета характеристик волны прорыва сопряжено с программным средством визуализации на электронной карте зон затопления при прорыве гидротехнических сооружений напорного фронта. Созданное программное средство обеспечивает расчет и визуализацию на электронной карте зон затопления при прорыве гидротехнических сооружений в составе корпоративной ГИС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Программное средство строится по модульному принципу и состоит из совместимых с ГИС MapInfo функциональных модулей:

- электронной базы данных по гидротехническим сооружениям;
- программного модуля расчета исходных данных для построения зон затопления;
- программного модуля визуализации зон затопления в ГИС-среде.

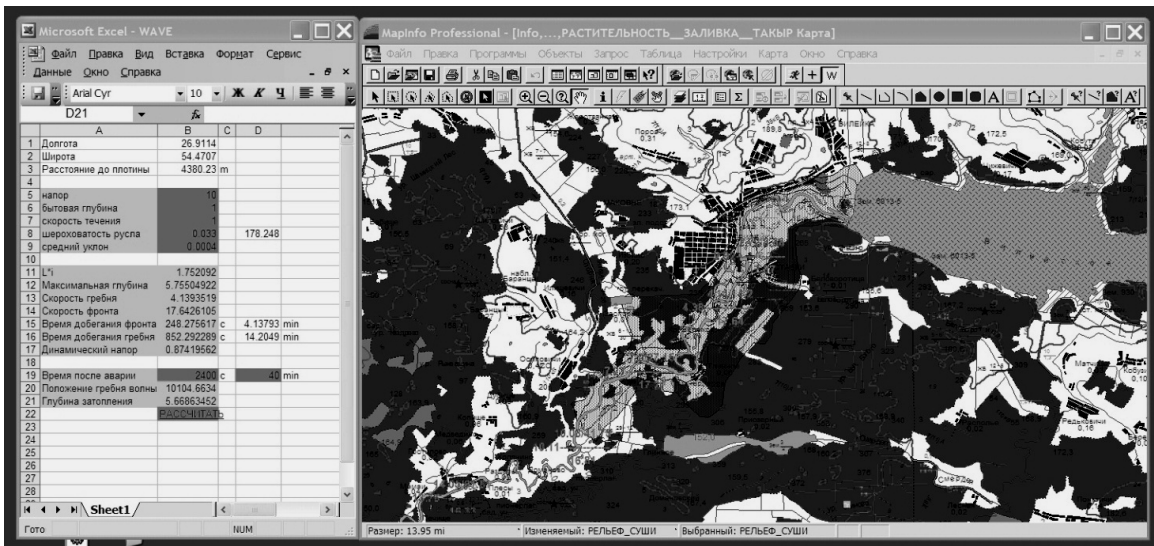
В состав программных средств входят: исполнительный файл «Wave.mbx» с приложениями и файлы базы данных Access.

Аппаратные средства, на которых устанавливается программное средство, должны удовлетворять требованиям: тактовая частота процессора – не менее 1400 МГц (32 или 64 разрядный), ОЗУ – не менее 512 Мбайт, устройство хранения данных HDD – не менее 100 Мбайт, цветной монитор стандарта SVGA, видеопамять не менее – 32 Мбайт.

Программное средство работает под управлением операционной системы: Windows 2000 или Windows XP. Для функционирования программы, кроме OS Windows, необходимы: программная среда MapInfo и полный пакет программ MS Office 2003 и выше.

Результатом работы с программным средством является карта с контурным изображением зон затопления различной глубины (рисунок 1).

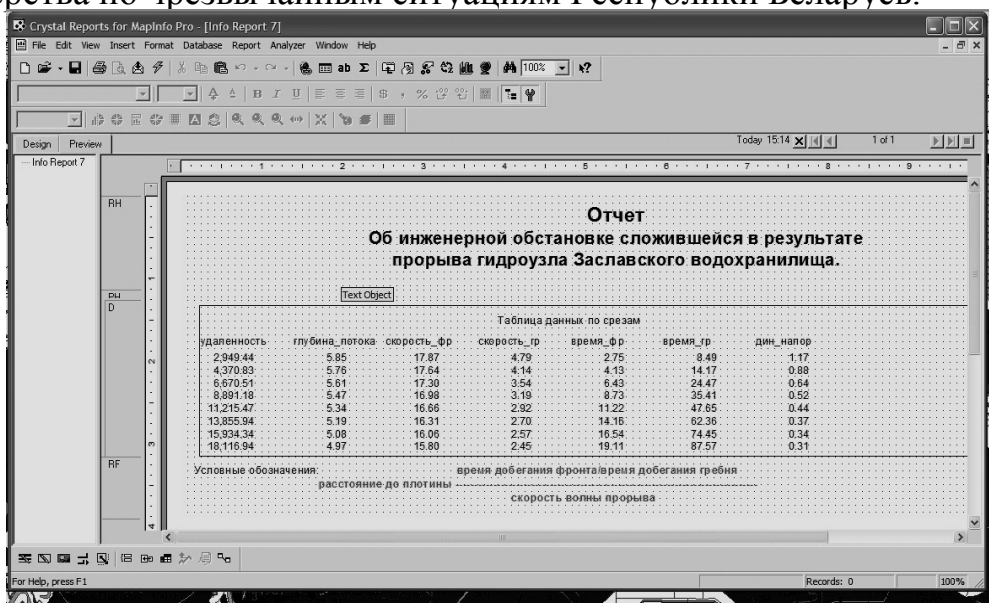
Более подробная информация о параметрах волны прорыва для интересующей точки отображается в таблице Microsoft Excel (рисунок 2). Подготовка к распечатке карт производится средствами MapInfo.



**Рисунок 1 - Подробная информация о параметрах волны прорыва интересующей точки**

### Заключение

Созданное программное средство позволяет исключить неверный расчет параметров волны прорыва при разрушении белорусских гидротехнических сооружений напорного фронта и более точно с применением цифровых карт определить зону затопления. Оно обеспечивает прогнозирование и визуализацию на электронной карте масштаба 1:100, 1:50 и крупнее зон затопления при прохождении волны прорыва гидротехнического сооружения напорного фронта. Программное средство внедрено в деятельность органов и подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.



**Рисунок 2 - Выпадающее окно MapInfo с информацией о нанесенных точках**

### Список использованных источников

1. Карпенчук, И.В. Расчет параметров волны прорыва для гидротехнических сооружений применительно к конкретному случаю/И.В.Карпенчук, М.Ю. Стриганова // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2005. – № 7(17). – С. 131–136.

2. Карпенчук, И.В. Определение времени прохождения волны прорыва через створ плотины при ее разрушении/ И.В.Карпенчук, М.Ю. Стриганова // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2006. – № 1(19). – С. 62–68.



## КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ПЛОДОВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Лагун Т.Д.*

The resume. Development and an introduction of technology of trickling watering in fruit-berrylike complexes is an essential constituent of a strategic problem on security of resistant development of a fruit growing of Byelorussia. As criterion for a setting of water-requirement for an irrigation of fruit-berrylike cultures the minimum of their water-retaining capacity can be used.

Ключевые слова: способы полива, капельное орошение, режим орошения, плодоводство, водопотребление, оросительная система, экономическая эффективность.

Key words: ways of watering, drip irrigation, a regime of an irrigation, a fruit growing, water requirement, irrigating system, economic efficiency.

### **Введение**

Равномерное обеспечение в течение всего календарного года населения высококачественными плодами и ягодами и продуктами их переработки является приоритетной задачей агропромышленного комплекса Республики Беларусь, неразрывно связано с развитием и совершенствованием технологий их производства [1].

Актуальность исследований по обоснованию ресурсосберегающих технологий полива и экологически безопасных норм водопотребности для орошения интенсивного плодоводства Республики Беларусь подтверждается тем, что Государственной программой возрождения и развития села на 2005-2010 годы предусматривается повысить эффективность плодоводства на основе создания 12,2 тыс.га садов интенсивного типа, в том числе 9,6 тыс. га плодовых культур и 2,6 тыс.га ягодников, произвести закладку 145 га плантаций нетрадиционных ягодных культур (брусника, голубика, клюква), что позволит в 2010 году производить 800 тыс.тонн плодово-ягодной продукции [2].

### **Анализ источников**

Для обеспечения высокоэффективного производства плодов и ягод в объемах, достаточных для внутреннего рынка и формирования экспортных ресурсов, практическое воплощение в Республике Беларусь находит основное направление в интенсификации плодоводства – закладка крупных промышленных садов с применением в них передовой технологии и организацией базы для товарной обработки, хранения, частичной переработки, а также упаковки и реализации плодов.

Природные условия Республики Беларусь в целом благоприятны для произрастания многих плодовых пород, однако различные районы не равноценны по степени их благоприятности. Климат несколько ограничивает породный и сортовой состав насаждений в направлении с ее юго – запада на северо – восток.

На основе комплексной оценки природных факторов, в которой в качестве предпочтительных использованы почвообразующие породы, рельеф и климат, здесь выделено 10 районов перспективной концентрации орошаемого промышленного плодоводства [3].

Влага – один из немногих факторов жизнедеятельности растений, поддающихся регулированию. Исследованиями установлено, что у плодовых растений фотосинтез наиболее интенсивно осуществляется не при полной насыщенности клеток водой, а наоборот, при некотором дефиците влаги; ростовые же процессы происходят интенсивнее при высокой их обводненности. Наблюдения показывают, что даже кратковременное нарушение влагообеспеченности не проходит бесследно для плодовых деревьев интенсивного типа на низкорослых подвоях, уменьшая их листовую поверхность, прирост побегов и штамбов, нарастание кроны, корневой системы и продуктивность, поэтому в условиях неустойчивого режима естественного увлажнения и теплообеспеченности территории Республики Беларусь создание плодово-ягодных комплексов интенсивного типа, как правило, базируется на их орошении [3].

Нормы водопотребности плодовых культур при дождевании в зависимости от определяющих факторов (тип посадки, возраст, система содержания междурядий) были разработаны нами ранее на кафедре мелиорации и водного хозяйства УО «БГСХА» [3,4].

Совершенствование методов расчета элементов водного баланса (корректировка методики унификации биоклиматических коэффициентов водопотребления для плодовых культур, учет влияния интенсивности и продолжительности атмосферных осадков на поверхностный сток и слоя задержания воды растительным покровом) позволило впоследствии снизить расчетные нормы водопотребности для орошения на 15-20 % [5].

В последние годы, благодаря развитию промышленности, способной производить штампованные пластиковые трубы с набором разбрызгивателей и капельниц, наступил новый этап эры орошения – развитие экономичных и водосберегающих микроирригационных методов.

Различают два способа микроирригации – микроразбрызгивание (микродождевание) и капельное микроорошение. При микродождевании вода через соответствующие насадки разбрызгивается в воздухе вблизи каждого растения или группы растений и таким образом увлажняет определенную часть почвы на небольшом участке (например, вокруг дерева в фруктовом саду). В свою очередь капельница является точечным источником воды и увлажняет определенный участок почвы путем прямой доставки воды в корневую систему растения. Эти системы орошения подходят для высокорентабельных культур, посаженных рядами (овощи, технические культуры, сады, ягодники).

Анализ литературных данных показал, что до настоящего времени детальных теоретических и полевых исследований по обоснованию режима и техники капельного орошения в условиях Беларуси не имеется, а данный способ орошения является приоритетным в создаваемых вокруг крупных городов республики плодово-ягодных комплексах на промышленной основе.

**Цель исследований** - разработать укрупненные экологически безопасные нормы водопотребности при ресурсосберегающих технологиях полива плододопитомников и плодово-ягодных культур интенсивного типа.

### **Методы исследования**

При выборе объекта, разработке программы и методики исследований учитывалось, что в предстоящей пятилетке в Республике Беларусь планируется переход от создания технически совершенных к экономически и экологически эффективным мелиоративным системам и отраслям агропромышленного комплекса.

Данная задача может быть решена путем построения экономико-экологических моделей и установления подходов и расчетных зависимостей для их решения на основе анализа и обобщения необходимой информации, в том числе и для оптимизации водоемкости интенсивного плодводства Республики Беларусь, как одной из составляющих экономически эффективного и эколого-безопасного развития отрасли.

### **Основная часть**

Определяющими элементами технологии капельного полива являются: поливные и оросительные нормы, продолжительность подачи воды, количество и схема расположения точек водоподачи в полосе или очаге увлажнения, контур и площадь увлажнения, равномерность распределения оросительной воды по площади.

На основании существующих разработок по режиму и технике полива садов и ягодников [3-5] и зарубежного опыта [6-8] нами подготовлены, прошли экспертизу и согласование в установленном порядке правила проектирования систем капельного орошения (СКО), утвержденные Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь, которые отражают условия применения, состав элементов СКО, их классификацию, требования к качеству поливной воды, метод расчета маточного раствора удобрений, основы проектирования оросительной сети в плане и вертикальной плоскости, их гидравлического расчета и организации территории в орошаемых плодово-ягодных комплексах.

Основные рекомендуемые расчетные зависимости для определения объема воды, выдаваемого одной капельницей за один полив, поливной нормы и продолжительности ее выдачи изложены нами в [9].

Объем воды  $m_k$ , л, выдаваемой одной капельницей за один полив, определяется по формуле:

$$m_k = 7,85 d^2 H \gamma K_v (\beta_{вп} - \beta_{пу}), \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр контура увлажнения (в пределах горизонтальной проекции кроны деревьев), приведенный на рисунке 1, м;  $H$  – глубина увлажнения, м;  $\gamma$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  $K_v$  – коэффициент увлажнения объема почвы, принимаемый по таблице 1;  $\beta_{вп}$  – влажность почвы, соответствующая наименьшей влажности, % от массы сухой почвы, %;  $\beta_{пу}$  – предполивной порог влажности, принимаемый в пределах 0,7-0,8 от влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости  $\beta_{вп}$ , % от массы сухой почвы.

В плодоносящих и вступающих в плодоношение садах интенсивного типа на слабо- и среднерослых подвоях при капельном орошении глубину увлажнения следует принимать от 0,6 до 0,8 м.

Размер контура увлажнения одной капельницей в зависимости от гранулометрического состава почвы, расхода капельницы и продолжительности полива устанавливается в процессе изысканий. Диаметр горизонтальной проекции контура увлажнения на легких почвах (легких суглинках, супесях) рекомендуется принимать от 0,4 до 1,0 м, на более тяжелых почвах с хорошо выраженными капиллярными свойствами от 2,0 до 3,0 м

Диаметр расчетного очага увлажнения определяется площадью горизонтальной проекции основной массы кроны деревьев, ширина полосы увлажнения – зоной сосредоточения основной массы корней и составляет от 0,5 до 0,7 ширины междурядий.

Поливную норму  $m$ , м<sup>3</sup>/га, необходимо определять по формулам:

$$m = m_k n, \quad (2)$$

где  $n$  – число капельниц на 1 га.

При полосном поливе  $m_{пол.}$ , м<sup>3</sup>/га, определяют по формуле:

$$m_{пол.} = \frac{10m_k}{B \ell_k}, \quad (3)$$

где  $B$  – расстояние междурядий, м;  $\ell_k$  – расстояние между капельницами, м.

При очаговом поливе с расстановкой деревьев  $B \times C$  норму  $m_{оч.}$ , м<sup>3</sup>/га, определяют по формуле:

$$m_{оч.} = \frac{10m_k n^i}{BC}, \quad (4)$$

где  $n^i$  – число капельниц в одном очаге, шт.;  $C$  – расстояние между деревьями в ряду, м.

Режим капельного орошения (до накопления значительного производственного опыта) рекомендуется устанавливать по методикам, апробированным в районе проектирования, но с учетом коэффициента степени несплошного увлажнения площади участка  $K$ , занятого культурой, определяемым по формуле[6]

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 - (1 - f)^2}}, \quad (5)$$

где  $f$  – относительное увлажнение участка орошения:

- при полосном поливе

$$f_n = 0,78 \frac{d^2}{B \cdot \ell_k} \cdot K_F, \quad (6)$$

- при очаговом поливе

$$f_{оч.} = 0,78 \frac{d^2 n^i}{B \cdot C} \cdot K_F. \quad (7)$$

где  $K_F$  – коэффициент, учитывающий контуры площади увлажнения (табл.1).

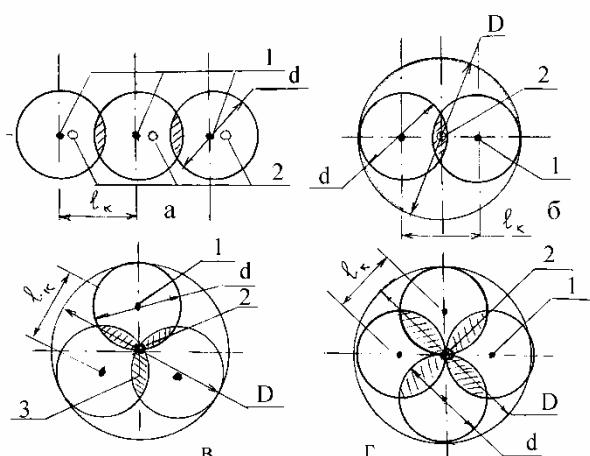
Продолжительность выдачи  $t$ , ч, поливной нормы при капельном поливе равна

$$t = \frac{m 10^3}{\eta q n}, \quad (8)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного использования воды, принимаемый 1,0;  $q$  – расход капельницы, л/ч;  $n$  – количество капельниц на 1 га.

Данные положения были использованы проектным институтом «Полесьеги-проводхоз» при разработке строительных проектов «Фруктовый сад в д. Яновцы Пружанского района», «Сад интенсивного типа с капельным орошением в

СПК «Именинский» Дрогичинского района», «Строительство капельного орошения сада в д.Тарново ЛРСУП «Можейково» Лидского района» и др.



а – в полосе; б – в очаге (установка двух капельниц); в – в очаге с установкой трех капельниц; г – в очаге с установкой четырех капельниц.

1 – капельницы; 2 – штамп; 3 – площади перекрытия контуров увлажнения:

$l_k$  – расстояние между капельницами;  $d$  – диаметр горизонтальной проекции контура увлажнения;  $D$  – диаметр очага увлажнения (питания дерева)

**Рисунок 1 – Горизонтальные проекции контуров увлажнения**

**Таблица 1 - Значения коэффициентов  $K_u$  и  $K_F$**

Показатели	Значения коэффициентов $K_u$ и $K_F$ при соотношении $l_k/d$					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	$\geq 1$
Полоса или очаг с числом капельниц более двух						
$K_u$	0,69	0,79	0,88	0,94	0,98	1,0
$K_F$	0,61	0,72	0,81	0,90	0,96	1,0
Очаг с двумя капельницами						
$K_u$	0,84	0,90	0,94	0,97	0,99	1,0
$K_F$	0,80	0,86	0,91	0,95	0,98	1,0

Современные системы капельного орошения садов интенсивного типа, создаваемые в Республике Беларусь, включают следующие основные элементы:

-водоисточник – подземные воды с устройством аккумулирующего бассейна, искусственный водоем;

-водопотребление сада рассчитывается на год 95% обеспеченности;

-способ орошения - капельное с поверхностным водораспределением (в садах) и микрождевание ( в плодopитомниках и ягодниках);

-тип оросительной системы – стандартная;

-насосная станция – стационарная автоматизированная;

-узел подготовки и распределения воды – блок подготовки, подачи и дозирования воды и удобрений, фильтростанция с дисковыми и гравийными фильтрами;

-оросительные трубопроводы – капельные трубки диаметром 16 мм с капельницами Аква ПС16/35/1,2 л/ч и Аква ПС12/35/1,1 л/ч через 0,75-1,0 м.

Основные технико - экономические показатели некоторых систем капельного орошения плодово- ягодных культур представлены в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает что рентабельность, запроектированных РУП «Полесьегипроводхоз» и строящихся в настоящее время систем капельного орошения, составляет 37-70 %, окупаемость совокупных капитальных вложений – 3-9 лет, коэффициент экономической эффективности - 0,11-0,38.

Принятие эколого-экономически оптимальных решений в интенсивном плодopоводстве определяются распределением ресурсов между факторами формирования урожая (сорт, вид, дозы удобрений, средства защиты, режим и технология

полива), формированием товаропроводящей сети и т.д. При этом на современном уровне развития агропромышленного комплекса Беларуси потребуются получение максимальной прибыли и рентабельности производства при минимуме их затрат без нанесения экологического ущерба окружающей среде.

**Таблица 2 – Основные технико-экономические показатели систем капельного орошения**

№№ п/п	Наименование объекта	Площадь, га	Источник орошения	Объем водопотр., тыс. м <sup>3</sup>	Стоим. 1 га, тыс. руб	Прибыль, тыс. руб	Рентабельность, %	Срок окупаемости, лет
1	АО «Василишки» Щучинского р-на	186,4	Сущ. пруд	41,5	11,74	233,66	37	9,2
2	ГСУ «Лужеснянская сортоиспытательная станция»	30,2	Сущ. пруд	18,6	15,14	176,31	42	3,0
3	СПК «Смольяны» Пружанского р-на	178,8	Подз. воды	62,58	15,28	346,58	70	7,8

Одним из важнейших путей перехода отрасли к устойчивому развитию является ресурсосбережение и снижение ресурсоемкости производства. В качестве показателя ресурсоемкости производства используется отношение того или иного природного ресурса к валовому внутреннему продукту (ВВП). В нашем случае это может быть водоемкость орошаемого плодоводства, как отношение объема забранных природных вод к ВВП. Выполненные нами предварительные расчеты позволяют сделать вывод о возможности использования этого показателя (наряду с минимумом приведенных затрат) в качестве основного критерия обоснования расчетной обеспеченности норм водопотребности плодово-ягодных культур при капельном орошении.

Аппроксимация разработанных моделей оптимизации норм водопотребности проводится на базе ОАО «Александрийское» Шкловского района Могилевской области, где площадь промышленного сада с системой капельного орошения и микродождевания займет в ближайшей перспективе 350 га и заканчивается строительство современного фруктохранилища общей вместимостью 6,5 тысяч тонн яблок с регулируемой газовой средой. Затраты по созданию орошаемого сада на промышленной основе полностью окупятся примерно за три года [10].

### **Заключение**

Разработка и внедрение технологии капельного полива в плодово-ягодных комплексах является неотъемлемой составной частью стратегической задачи по обеспечению устойчивого развития плодоводства Беларуси.

Проводимые производственные и специальные наблюдения и исследования позволяют уточнить пределы и возможности применения рекомендуемых расчетных параметров при обосновании режима капельного орошения садов и ягодников и его фактическую экономическую эффективность в условиях Республики Беларусь.

### Список использованных источников

1. Цыбульский, А.А. Яблоки- из Польши, груши- из Китая /А. А Цыбульский // Белорусская нива, 2004.11 февр. – С.2.
2. Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы. – Минск: Беларусь, 2005. – 96 с.
3. Голченко, М.Г.Орошение садов и ягодников / М.Г. Голченко, А.С. Девятов, Т.Д. Лагун. – Минск: Урожай, 1985. – 191 с.
4. Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР. – М.: Минводхоз СССР, 1984. – 345 с.
5. Лагун, Т.Д. Нормы водопотребности плодово-ягодных культур в условиях Республики Беларусь / Т.Д. Лагун. – Херсон, 2005. – С. 7.
6. Скобельцин, Ю.А. Системы капельного орошения / Ю.А. Скобельцин, А.Д. Гумбарев. – Краснодар: Кубанский СХИ, 1985. – 135 с.
7. Штепа, Б.Г. Механизация полива / Б.Г. Штепа, В.Ф. Носенко, Н.В. Винникова и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
8. Капельное орошение / Пособие к СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения. – М.: Союзводпроект, 1986. – 148 с.
9. Рахлей, А.В. Ресурсосберегающие нормы и технологии полива в плодово-ягодных комплексах Республики Беларусь / А.В. Рахлей, Т.Д. Лагун // Научный поиск молодежи XXI века: Материалы IX Международной научной конференции студентов и магистрантов. – Горки: БГСХА, 2008. – С.95–99.
10. Ларина, Т. Нескучный сад / Т. Ларина // Белорусская нива, 2008. 19 июня. – С. 3.

УДК 627.52

## ВОЗДЕЙСТВИЕ БЕРЕГООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Левкевич В.Е., Бузук А.В.*

*Государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт МЧС», г. Минск, Республика Беларусь г.Минск, РБ, uk007@rambler.ru*

In this report factors causes and conditions which affect stability of coast-protecting structures of reservoirs can be observed. As well as comprehensive approach when estimating factors impact coast-protecting structures taking into account its own strengthening characteristics and physical operation factors.

### Введение

Основными вопросами при решении проблемы формирования и эксплуатации берегов водохранилищ для целей рекреации являются прогнозирование их состояний и управление береговыми процессами, поскольку консервация первоначального, на момент создания водохранилищ, состояния берегов и ликвидация последствий аварийных ситуаций не обеспечивают оптимальных технико-экономических решений [1]. Устойчивость сооружений берегозащиты искусственных водных объектов рассмотрена в работах многих авторов, однако в каждом конкретном случае исследовался какой-либо один фактор (скорость

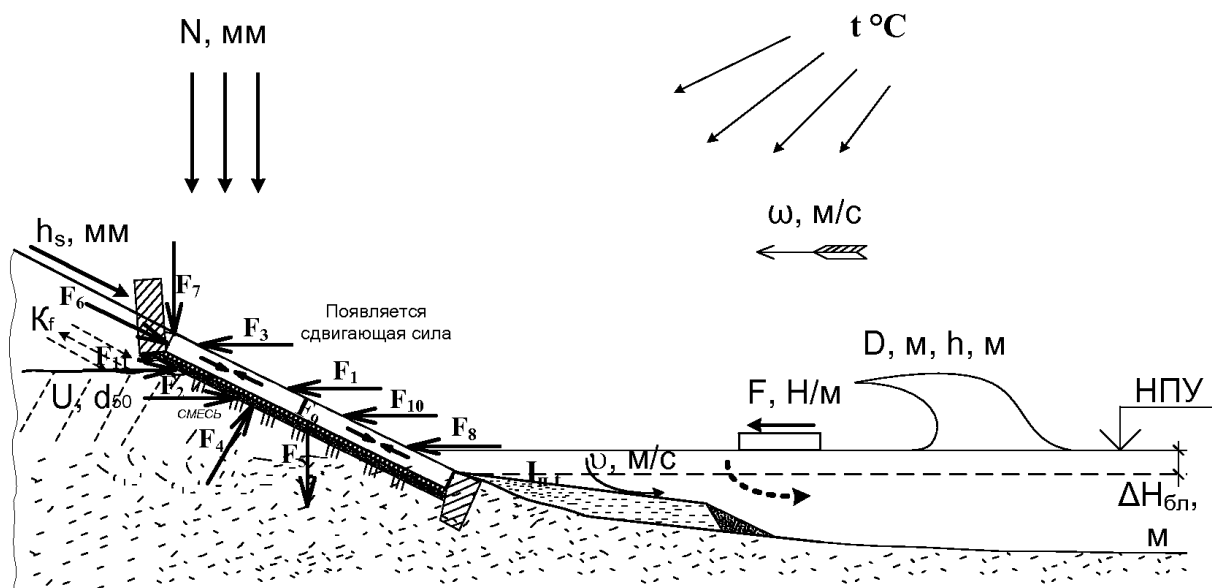
вдольбереговых течений), либо совокупность факторов (величина склонового стока; скорость ветра; скорость вдольбереговых течений; уречный режим водохранилища и т. д.), присущих отдельному объекту. Нами рассмотрена совокупность факторов, влияющих на устойчивость берегозащитного сооружения в целом.

### Воздействие берегообразующих факторов на устойчивость берегозащитных сооружений

Под устойчивостью понимается способность конструкции или сооружения сохранять свои функции, защитные и несущие способности под действием факторов процесса абразии [2].

Основная цель данной работы – исследование устойчивости берегозащитных сооружений искусственных водных объектов от воздействия на них рискообразующих факторов в комплексе.

Исходя из влияния берегообразующих факторов, выраженных в виде силовых воздействий, приводящих к переработке береговой линии, для оценки устойчивости берегозащитных сооружений и разработки более совершенной методики по прогнозированию процесса абразии во времени необходимо учитывать силовые воздействия, действующие на данные сооружения, в комплексе, как показано на рисунке 1.



- $F_1$  – давление воды на поверхности сооружения и основания;  $F_2$  – силовое воздействие фильтрующей воды;  $F_3$  – волновое и ветровое давление;  $F_4$  – поровое давление;  
 $F_5$  – собственный вес сооружения;  $F_6$  – вес грунта;  $F_7$  – боковое давление грунта;  
 $F_8$  – давление наносов;  $F_9$  – нагрузки от предварительного напряжения конструкций;  
 $F_{10}$  – ледовые нагрузки;  $F_{11}$  – усилия от температурных и влажностных воздействий, принимаемых по справочным и литературным данным

**Рисунок 1 – Совокупность сил, действующих на берегозащитное сооружение**

Нами разработаны кинематические модели процесса нарушения устойчивости береговых склонов водохранилищ с учетом берегозащитных сооружений во времени под воздействием внешних факторов и условий. Проведено численное моделирование процесса абразии берегового склона во времени с учетом наличия берегозащитного сооружения и его деформаций (на уровне схематизации).



На устойчивость берегозащитных сооружений водохранилищ влияют следующие группы факторов: геологические, климатические, гидрометеорологические, геоморфологические, биологические и другие. Они характеризуются следующими показателями: мощность четвертичных отложений, физико-химические свойства грунтов, суффозионно-карстовые явления, просадки, избыточное увлажнение, выветривание, ветро-волновой и ледовый режимы, стоковые течения, вдольбереговое движение наносов, оврагообразование, склоновые процессы, рельеф подводного берегового склона, высота берега над зеркалом водохранилища, форма береговой линии.

Из натуральных наблюдений были выявлены основные причины, воздействующие на берегозащитное сооружение: плохое укрепление швов при монтаже и ремонте сооружений, некачественное выполнение гравийной подушки под сооружением, а также собственные физические параметры и прочностные характеристики конструкций. Немаловажную роль играют также антропогенные факторы, такие как: ошибки при проектировании, непрофессионализм и халатность обслуживающего персонала, а также несоблюдение требований норм и правил эксплуатации гидротехнических сооружений [3, 4]. Примеры показаны на рисунке 2.



а)



б)



в)



г)

а) вымыв грунта и смещение железобетонных плит; б) разрушение крепления в месте примыкания плотины к коренному берегу; в) разрушение защитных плит в результате ветро-волнового и ледового воздействия на них; г) вымыв грунта и разрушение каменной наброски

**Рисунок 2 – Современное состояние берегозащитных сооружений в нижнем и верхнем бьефах Чигиринского водохранилища**

Эти причины в совокупности с факторами абразии приводят к повреждению либо разрушению берегозащитного сооружения и, при несвоевременном ремонте, к разрушению берега либо плотины и возникновению чрезвычайной ситуации [5].

Таким образом для оценки общей устойчивости берегозащитных сооружений и разработки более совершенной методики по их расчету необходимо учитывать факторы, приводящие к абразии и деформации береговых склонов, верховых откосов дамб и плотин, статические и гидродинамические нагрузки, действующие на берегозащитные сооружения в комплексе, а также возможность развития процесса абразии на примыкающих участках к берегозащитным сооружениям.

#### **Список использованных источников**

1. Качугин, Е.Г. Инженерно-геологические исследования и прогнозы переработки берегов водохранилищ. Рекомендации по изучению переработки берегов водохранилищ / Е.Г. Качугин. – М.: Госгеологоиздат, 1959.
2. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1970. – 78 с.
3. Рекомендации по оценке воздействия малых водохранилищ на окружающую среду / В.М. Широков [и др.]; под общ. ред. В.М. Широкова. – Минск: БГУ, 1994. – 112 с.
4. Максимчук, В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ / В.Л. Максимчук. – Киев, 1981. – 112 с.
5. Левкевич, В.Е. Методические рекомендации по расчету незакрепленных верховых откосов дамб и плотин на малых водохранилищах и прудах мелиоративного назначения / Левкевич В.Е. – Мн.: ЦНИИКИВР, 1989 – 36с.

УДК 628.339

### **ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

*Левчук Н.В. Кобринец Л.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,*

The main thermal methods of waste-water deposits treatment are discussed in the article. Advantages and disadvantages of different devices for thermal processing of deposits are described. High-temperature combustion of deposits as a perspective method is offered by the authors.

#### **Введение**

Водные объекты являются основными приемниками сточных вод. В присутствии микроорганизмов, при наличии запаса кислорода, водоемы и водотоки обладают самоочищающей способностью. Однако большинство водоемов и водотоков все больше загрязняются сточными водами, которые значительно снижают их самоочищающую способность. Такому процессу способствует рост населения городов, строительство и ввод в эксплуатацию новых промышленных предприятий применение новых технологий, приводящих к увеличению

объемов и безвозвратной потере потребляемых водных ресурсов и, как следствие, образованию сточных вод. В процессе очистки сточных вод осадки постоянно накапливаются, и проблема их размещения и удаления становится все более острой.

Одновременно с освоением высокоэффективных методов очистки сточных вод и обработки осадков совершенствуются и технологические процессы промышленных предприятий, в результате которых синтезируются сложные органические, небиогенные вещества, ПАВы и консерванты, которые на сегодняшний день невозможно удалить из сточных вод на очистных сооружениях, используя традиционные методы. Вследствие этого часть сточных вод сбрасывается в водные объекты без соответствия нормативным показателям.

Таким образом, очевидна проблема, связанная с нарастающим антисанитарным состоянием водных источников, а также необходимость решения экологических, экономических и технологических задач по очистке сточных вод и обработке осадков очистных сооружений.

### **Методы термической обработки осадков сточных вод**

Для осадков городских сточных вод характерна загрязненность токсичными веществами, склонность к загниванию и зараженность патогенными организмами. Поэтому традиционные методы обработки осадков, такие как использование в качестве сельскохозяйственного удобрения, сброс в природные водоемы, компостирование, сжигание, захоронение, не всегда эффективны и становятся экологически небезопасными.

При выборе методов обработки канализационных осадков необходимо учитывать следующие социально-экономические факторы :

- Действительно ли рассматриваемый метод способен выполнить те задачи, для решения которых его предполагается использовать?
- Осуществим ли он технически?
- Имеются ли финансовые и трудовые ресурсы, необходимые для его осуществления?
- Является ли рассматриваемый вариант наиболее рентабельным в данных условиях?
- Каковы негативные и позитивные последствия реализации проекта в экологическом аспекте?
- Может ли экологическая эффективность быть существенно увеличена при незначительном увеличении затрат? И наоборот, можно ли значительно снизить затраты при незначительном снижении экологической эффективности? Если да, то есть ли возможность более эффективно использовать освободившиеся средства на экологические цели?
- Предлагаемое решение административно выполнимо и разумно?
- Какое влияние принятие данной политики или технологии окажет на различные слои общества? Достигнутые результаты соответствуют социальным целям общества или противоречат им?
- Общее развитие население в области понимания проблем обработки отходов и развития общества в целом [1].

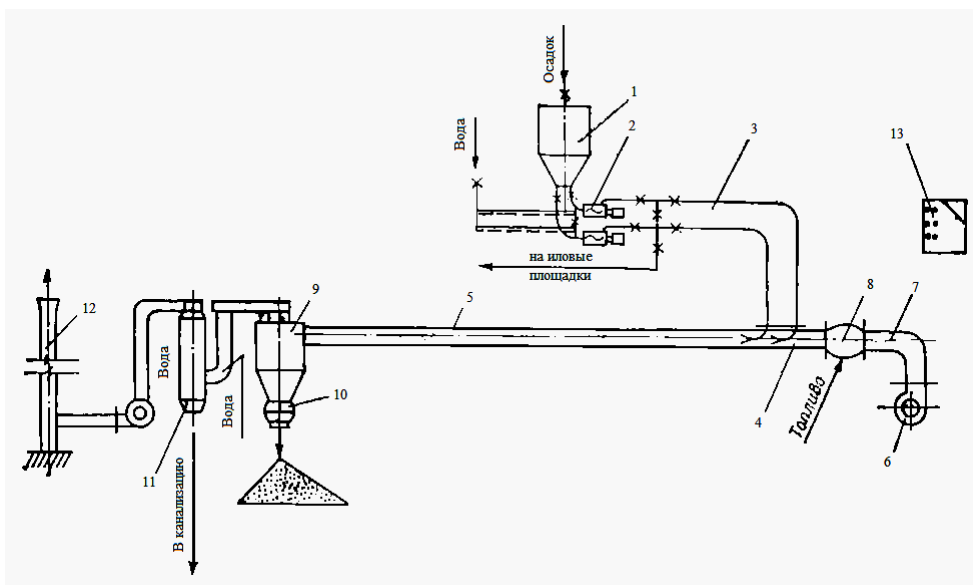
В общей проблеме очистки сточных вод обработка осадков представляет собой сложный и окончательно нерешенный вопрос. Из предлагаемых современных методов перспективными являются методы термической обработки осадков.

При тепловой обработке осадки полностью обеззараживаются, приобретая стабильные свойства и способность к хорошей водоотдаче, что позволяет отказаться от реагентных способов обработки осадков.

Практика внедрения установок высокотемпературной обработки осадка показала целесообразность их усовершенствования. Кроме того, должны соблюдаться и технологические требования, такие как: сушка осадка до влажности не менее 50%; полное обеззараживание осадка; максимальное уничтожение запаха осадка и отработанного сушильного агента; взрывобезопасность установки; исключение возгорания высушенного осадка с целью снижения транспортных расходов; простоту эксплуатации; утилизацию тепла отработанной парогазовой смеси.

Достаточно эффективна установка прямоточной сушки осадка сточных вод влажностью 80-82% [2]. Схема данной установки приведенная на рисунке 1. Влажность высушенного осадка составляет 40-50%.

При обработке осадка совмещаются такие технологические операции, как сушка, обеззараживание и пневмотическое транспортирование на площадку складирования. Обезвоженный в центрифугах осадок с влажностью 80-85% подается в аккумулирующий бункер 1. Далее осадок из бункера подается с помощью винтовых насосов 2 по трубопроводам 3 для его распыления через форсунки 4 в зону сушки рабочего трубопровода 5. С помощью воздуходувок 6 через воздуховод 7 подается воздух в камеру сгорания 8, где он нагревается за счет сжигания топлива, достигая температуры 800-900°C. При транспортировке осадка в высокотемпературной среде происходит его сушка и обеззараживание. Винтовой питатель уплотняет высушенный осадок в 2-4 раза. Парогазовая смесь выбрасывается в атмосферу через дымовую трубу 12 после того, как поступит в мокрый скруббер 11. Пуск оборудования установки и регулировка температурного режима обработки осадка осуществляется с пульта управления оператором.



- 1 – аккумулирующий бункер обезвоженного осадка, 2 – винтовые насосы, 3 – трубопроводы подачи осадка на сушку, 4 – форсунки распыления осадка, 5 – рабочий трубопровод, 6 – воздуходувки, 7 – воздуховод, 8 – камера сгорания, 9 – циклон, 10 – винтовой питатель, 11 – мокрый скруббер, 12 – дымовая труба, 13 – пульт управления

**Рисунок 1 – Схема установки для термической сушки осадка сточных вод в прямоточной пневмотранспортной системе (ПС)**

Из технологической схемы очевидно, что высокотемпературный режим сушки осадка достигается с помощью использования камеры сгорания.

Термически высушенный осадок безопасен в санитарном отношении и является органоминеральным удобрением. Следует учитывать и то, что в городских бытовых сточных водах содержатся значительные количества самых разнообразных производственных стоков и токсичных веществ (яды, химикаты, сорняки, соединения мышьяка, ртути, свинца и др.).

С санитарной точки зрения относительно новым способом переработки отходов является пиролиз. Процесс пиролиза обладает лучшими показателями по сравнению со сжиганием. Пиролиз представляет собой процесс разложения органических соединений под действием высоких температур при отсутствии или недостатке кислорода. В результате работы пиролизных установок был получен твердый продукт (экологит), а также смола пиролиза [2]. В настоящее время существует около 50 систем по пиролизу отходов, которые отличаются друг от друга видом исходного сырья, температурой процесса и конструктивными решениями технологической схемы переработки сырья [3].

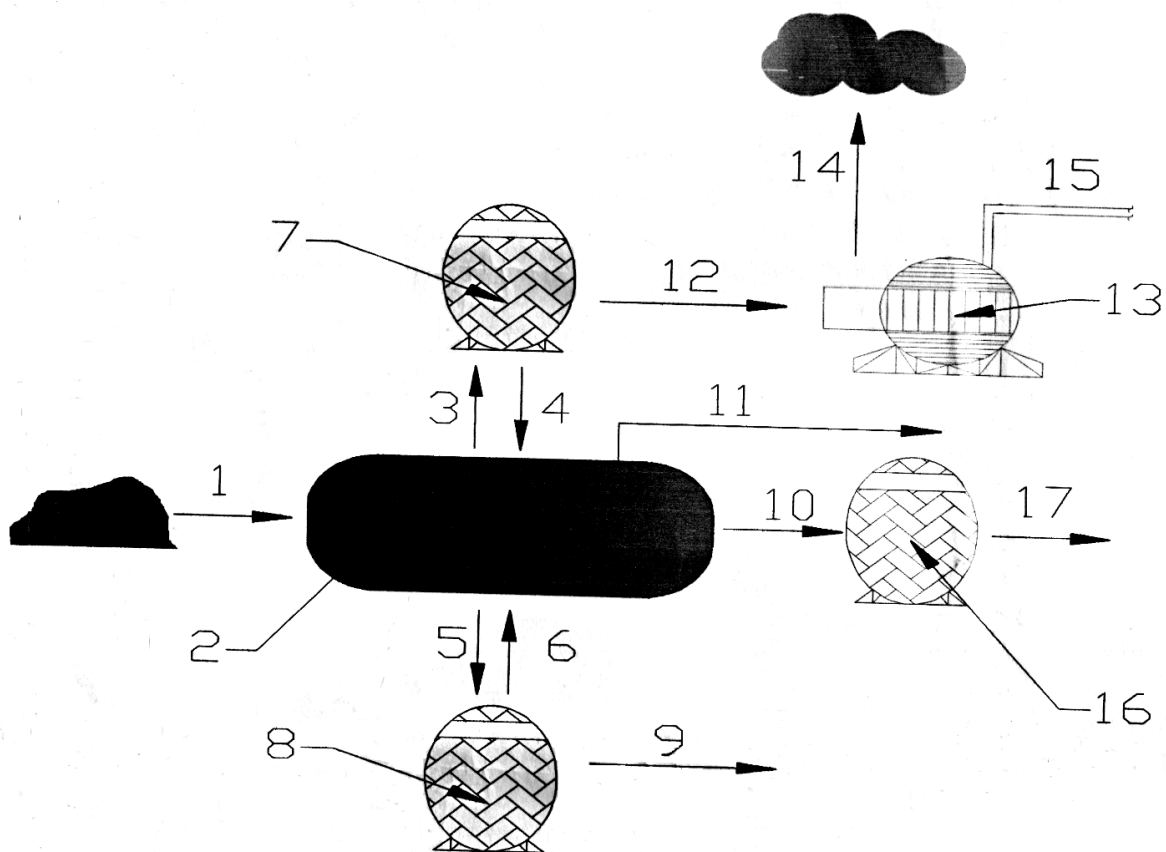
Тем не менее, все системы переработки осадков объединяет главный недостаток – потребление значительного количества топлива для обеспечения температуры, необходимой для сжигания осадка. Избежать данной проблемы можно при использовании взрывной камеры [4]. При взрыве в замкнутом объеме достигается температура 2500-5000°С, что значительно больше температуры, используемой в многоподовых печах и пиролизных установках для сжигания осадков сточных вод, при этом на один килограмм взрывчатого вещества давление может достигать 20-50 ГПа. Это позволяет сделать вывод о том, что при использовании взрывной камеры можно производить сушку, прессование и сжигание осадков иловых площадок, используя в качестве источника энергии – энергию взрыва [5].

Предлагаемое использование взрывных камер предусматривает использование энергии взрыва взрывчатых веществ для термического разложения в сильной ударной волне уничтожаемых материалов.

Технологическая схема утилизации осадков иловых площадок и очистных сооружений с использованием взрывной камеры показана на рисунке 2.

Параметры такой взрывной камеры зависят от следующих физико-химических характеристик взрывчатых веществ: чувствительность к механическим и тепловым воздействиям, химическая и физическая стойкость, плотность [6].

Достаточно сложной является проблема аккумуляции и хранения газа, полученного при высокотемпературной обработке осадков. Во взрывной камере, благодаря отсутствию в зоне сжигания подвижных частей, упрощается конструкция устройства. В результате образования парогазовой смеси уменьшается запыленность отходящих газов. Воздействие высокой температуры и давления улучшает эффективность сжигания осадка сточных вод, появляется возможность сжигания осадка с различной влажностью.



1 – ил (органическое сырье), 2 – взрывная камера, 3 – газовая смесь, 4 – зола на повторный цикл, 5 – твердый остаток, 6 – твердый остаток на повторный цикл, 7 – накопитель газовой смеси с системой очистки, 8 – накопитель твердого остатка, 9 – на утилизацию обезвреженной твердой фракции или выделение из нее определенных ценных веществ, 10 – жидкий остаток, 11 – нагретая вода на отопление или для иных нужд, 12 – очищенная газовая смесь, 13 – турбогенератор, 14 – выпуск газовой смеси в атмосферу, 15 – электроэнергия, 16 – накопитель жидкого остатка, 17 – на утилизацию обезвреженной жидкой фракции или выделение из нее определенных ценных веществ

**Рисунок 2 – Схема утилизации осадков иловых площадок и очистных сооружений с использованием взрывных камер**

### Заключение

Использование данной установки обладает некоторыми недостатками. Выделившаяся при взрыве тепловая энергия передается телам, находящимся вблизи точки взрыва, и поэтому их температура увеличивается. При этом скорость движения частиц, находящихся в замкнутом пространстве, резко увеличивается. Если при движении в некотором направлении частицы встречают препятствие, то они, ударяясь о стенку, стремятся ее сдвинуть. Для того чтобы удержать преграду, требуется приложить силу, т.е. следует учесть мгновенное усиление давления газов на стенки взрывной камеры. Возникает вопрос о создании достаточно термо- и механически устойчивого устройства.

Таким образом, проблемы создания и применения новых методов обработки осадков сточных вод, в том числе и взрывных камер, зависят от прочности материала, из которого выполнена взрывная камера, устойчивости конструкции в целом, физико-химических характеристик взрывчатого вещества и других факторов.

### Список использованных источников

1. Выбор наиболее перспективного направления направления распоряжения канализационными осадками / Экологический фонд «Вода Евразии» [Электронный ресурс] – 2010. Режим доступа: <http://www.ecofond.ru/obzor/4vibor.htm> Дата доступа: 15.03.2010.
2. Традиционные и перспективные методы использования и уничтожения осадков / Экологический фонд «Вода Евразии» [Электронный ресурс] – 2010. Режим доступа: <http://www.ecofond.ru/traditional.htm> Дата доступа: 15.03.2010.
3. Мягков, М.И. Высокотемпературная обработка сточных вод. / М.И.Мягков. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 96с.
4. Сточные воды/ Канализация. [Электронный ресурс] – 2010. Режим доступа: <http://www.clickpilot.ru/canaliz.php?wt=253-304>. Дата доступа: 12.03.2010.
5. Материал о камере /Конструкторско-технологический филиал Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева. [Электронный ресурс] – 2009. Режим доступа: <http://www.sibai.ru/content/view/447/566/>. Дата доступа: 26.04.2009.
6. Левчук, Н.В., Вдовиченко, И.Г. Экологические аспекты применения взрывных камер. / Н.В. Левчук, И.Г. Вдовиченко // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы 9-ой Междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2009г. / Под ред. С.П. Кундаса. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 300с.
7. Взрывная камера для сушки прессования осадка сточных вод очистных сооружений / Левчук Н.В., Вдовиченко И.Г.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – заявка на патент а 20091317 от 2009.09.14.

УДК 662.7, 628.356

### ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Липницкая Е.П.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск, РБ, [kiddy27@yandex.ru](mailto:kiddy27@yandex.ru)*

In article data about the quality of water resources and its problems are described in short. The structure of water usage is given. Attempts are made to analyse water condition in the region. Data are given about its positive and negative changes in the region.

Область занимает второе место в республике по количеству водоемов и водотоков и насчитывает около 500 рек и ручьев общей протяженностью свыше 10 тыс. км, около 400 каналов, свыше 500 озер, прудов и водохранилищ. По территории Минской области проходит водораздел между реками Балтийского и Черного морей — Неманом и Днепром. Поэтому протекающие здесь реки представлены в основном верховьями больших и средних рек и их притоками, которые относятся к малым. Крупнейшими среди них являются: Неман, Березина, Вилия, Птичь и Свислочь. Большинство озер области имеет ледниковое происхождение и кристально чистые прозрачные воды. Они составляют неотъемлемую часть ландшафтов области, различаются величиной, глубиной и формой котловин. Самые большие из них — Нарочь и Свирь. Крупнейшими водохранили-

щами являются Вилейское и Заславское. На территории Минской области расположены 953 объекта-водопользователя, отчитывающихся по форме 1-вода (Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды), в том числе 295 промышленных предприятий, 535 объектов Минсельхозпрода и 123 объекта управлений образования, торговли и здравоохранения облисполкома, комитетов по архитектуре и строительства, по труду, занятости и социальной защиты облисполкома, предприятий Минского областного «Управления жилищно-коммунального хозяйства», а также объектов Министерств связи и информатизации, объектов обороны.

По данным Белгидромета, индекс загрязненности воды (ИЗВ) в 2008 г. по отношению к 2007 г. по рекам незначительно улучшился. К относительно-чистой категории в 2008 г. относится 22 створа. К категории умеренно-загрязненной – 4 створа. Вода таких рек, как Сервечь (район н.п. Кривичи), Плисса (выше и ниже г. Жодино) перешли из категории умеренно-загрязненных в относительно-чистую. Снизился ИЗВ реки Нарочь, хотя в пункт наблюдения реки продолжает оставаться в категории умеренно-загрязненной. В воде рек Нарочь и Сервечь отмечены повышенные среднегодовые концентрации азота аммонийного (1,6 и 1,4 ПДК, соответственно). Проблема «аммонийного загрязнения» этих водотоков наряду с присутствием органических веществ (37,6-39,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> по ХПК<sub>Cr</sub>) сохраняется на протяжении длительного периода наблюдений. В последние два года среднегодовые концентрации N-NO<sub>2</sub> (2,7-2,8 ПДК) в воде р. Нарочь в 5,0 раз превышали аналогичный показатель 2006 г. Несколько уменьшился ИЗВ в р. Березина ниже г.Борисов, р.Неман. ИЗВ р.Свислочь ниже выпуска Минской станции аэрации незначительно уменьшился, но остается в категории «очень грязной» [1].

Результаты наблюдений 2008 г. свидетельствуют об улучшении качества поверхностных вод в бассейне р. Неман по содержанию приоритетных загрязняющих веществ. Увеличение доли «относительно чистых» вод в бассейне р. Неман в 2008 г. объясняется включением в сеть мониторинга 12 пунктов наблюдений, характеризующихся II классом качества (по показателю ИЗВ). Наряду с этим незначительно ухудшилось качество воды оз. Нарочь (10,0 и 2,8 км от кур. пос. Нарочь - II класс). Воды р. Нарочь и оз. Нарочь у ручья Антонисберг, напротив, соответствуют категории «чистых». «Умеренно загрязненными» по-прежнему остаются воды р. Уша ниже г. Молодечно.

Данные мониторинга подтвердили тенденцию роста на протяжении последних 5 лет среднегодовых концентраций азота нитритного в воде р. Уша севернее г. Молодечно (в 2008 г. – 2,2 ПДК). Содержание N-NO<sub>2</sub> в речной воде ниже г. Молодечно увеличилось в 9,0 раз за период 2002-2008 гг. Среднегодовые концентрации азота аммонийного и фосфора фосфатов в воде р. Уша ниже г. Молодечно возросли с 2004 г. в 2,2 и 5,5 раза, соответственно. Следует отметить, что среднегодовое значение бихроматной окисляемости (в 2008 г. – 42,2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) на этом участке было вдвое выше аналогичного показателя 2005 г. Наряду с этим, впервые за 5 лет среднегодовая концентрация нефтепродуктов была ниже ПДК [3].

ИЗВ в 2008 г. по отношению к 2007 г. по водным объектам в целом улучшился. К относительно – чистой категории в 2008 г. относится 11 створов. К категории умеренно-загрязненной – 2 створа. В 2008 г. незначительно увеличился ИЗВ водохранилищ Солигорского, Красно-Слободского, Локтыши.



Наблюдения за состоянием водных экосистем бассейна р. Неман выполнены на озерах Большие Швакшты, Баторино, Вишневское, Мястро, Нарочь, Свирь и вдхр. Вилейское. В 2008 г. начаты режимные наблюдения на оз. Белое. На протяжении ряда лет стабильно хорошим сохраняется состояние водных экосистем озёр Нарочанской группы – Нарочь, Мястро и Баторино. В течение 2008 г. и в многолетнем периоде наблюдений содержание большинства определяемых приоритетных веществ в воде этих озёр было значительно ниже предельно допустимого уровня. Исключение составили повышенные концентрации соединений меди (1,5-2,0 мг/дм<sup>3</sup>) и марганца (2,5-5,6 мг/дм<sup>3</sup>). Для ряда водоёмов, расположенных на водосборной площади р. Вилия, характерной чертой является насыщение водной массы органическим веществом, межгодовые изменения концентраций которого не имеют ярко выраженных тенденций. Значительное содержание органических веществ в воде оз. Швакшты (46,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> по ХПК<sub>Cr</sub> в 2008 г.) было, по всей видимости, обусловлено условиями формирования стока с водосборной площади (залесенность, заторфованность). В воде всех водоёмов в пределах бассейна за последние 2-3 года значительно сократилось содержание нефтепродуктов: в 2008 г. содержание данного органического загрязнителя составляло доли ПДК. Среди водоёмов бассейна, включенных в систему мониторинга в 2008 г., наиболее благоприятная ситуация по содержанию приоритетных веществ характерна для оз. Белое: концентрации биогенных веществ и соединений металлов ниже ПДК и приблизительно равны значениям наиболее чистого в республике озера Свитязь [3].

Результаты гидрохимического анализа проб воды на содержание металлов указывают на наиболее значительное превышение установленного норматива содержания среднегодовых концентраций железа общего (7,6 ПДК) в воде оз. Большие Швакшты. Зафиксированы высокие (до 10,1-21,0 ПДК) среднегодовые значения содержания соединений марганца в воде Вилейского водохранилища, озера Большие Швакшты, Баторино, Вишневское, Нарочь и Свирь.

Минским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды дважды проводилась инвентаризация всех существующих водозаборов Минской области. По результатам проведенных инвентаризаций на территории области насчитывается 6472 артезианских водозабора, из них 788 подлежат тампонажу, 1348 законсервированы. Итого 4336 водозаборов, на которых должны быть установлены приборы учета.

В ходе проведенной работы по контролю за организацией приборного учета на 4140 подземных водозаборах, расположенных на территории области, ведется инструментальный учет используемых вод, что составляет 97.25% от общего количества. Полностью установлены приборы учета на объектах-водопользователях Борисовского, Клецкого, Мядельского, Вилейского, Дзержинского, Копыльского, Любанского, Логойского, Червенского районов.

По состоянию на 1.12.2008 года на всех поверхностных водозаборах области, а также на всех промышленных предприятиях установлены приборы инструментального учета, в том числе на 25 объектах-водопользователях, занимающихся добычей и розливом минеральной воды.

Отметим теперь ситуацию по районам: наибольшим забором поверхностной воды характеризуются Любанский, Солигорский и Червенский районы; по объему забранных подземных вод выделяются Минский, Молодечненский и Слуцкий районы, а также г. Борисов. Схожая ситуация в использовании, где лидерами остаются все те же районы. Следует, однако, отметить, три района с наибольшим использованием питьевой воды на производственные нужды, что конечно не может влиять благотворно на общее состояние водных ресурсов этих регионов – это Минский, Молодечненский и Слуцкий районы (Рис.1). По сбросам сточных вод в природные водные объекты лидерами являлись опять-таки Любанский, Солигорский и Червенский районы, следует отметить высокую долю сбросов также в Молодечненском и Слуцком районах, где высока доля сброшенных нормативно очищенных вод, высока она и в городах Борисове и Солигорске; в этих же районах отмечены максимальные для области объемы сточных вод, имеющих загрязняющие вещества. Больше всего в расчете на человека было забрано в Любанском, Несвижском, Клецком районах – более 140 м<sup>3</sup> на человека, соответственно больше и использовано [1].

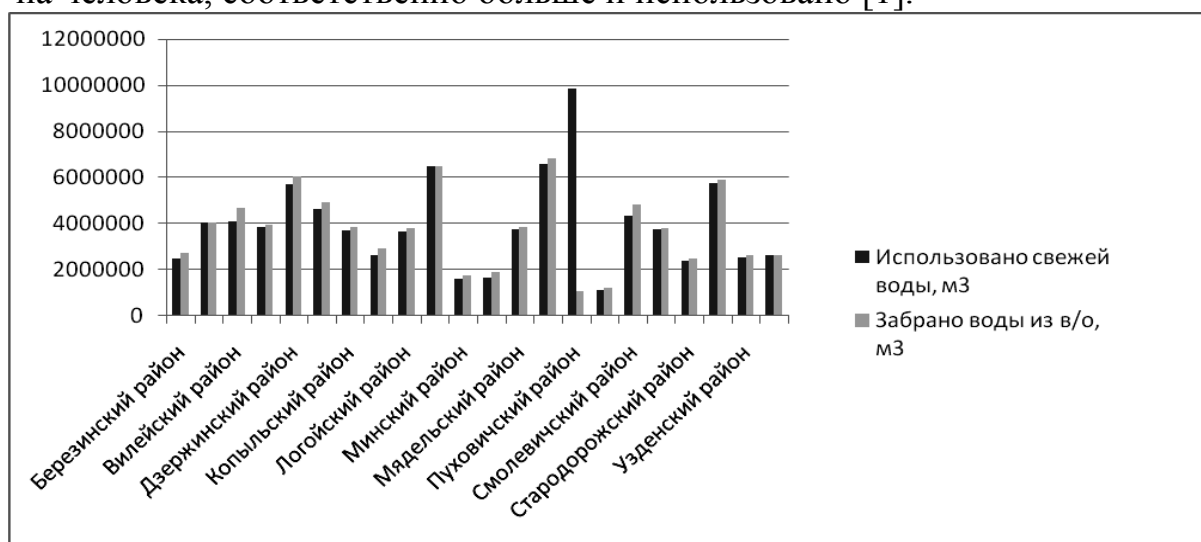


Рисунок 1 – Характеристики водопользования за 2008 год (млн.м<sup>3</sup>/год)

В целом обеспеченность Минской области водными ресурсами достаточная, однако имеются существенные проблемы с их эксплуатацией и состоянием, которые, благодаря усилиям Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и других подведомственных организаций, все же решаются, действует программа «Чистая вода», ряд соглашений по трансграничным рекам, особое внимание в последнее время уделяется малым рекам: их охране и рациональному использованию. В целях обеспечения бесперебойного водоснабжения населенных пунктов чистой питьевой водой и создания благоприятных и безопасных условий проживания населения области комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды ведется работа по выполнению запланированных мероприятий Государственной программы по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода на 2006–2010 годы». Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Минской области осуществляется из 6472 подземных водозаборов, 76 % городского населения и 51% сельского населения пользуется водой из централизованных систем водоснабжения. Остальная часть населения – из

шахтных колодцев [1]. Позитивным изменением в 2008 году стало увеличение процента экономии воды по области до 90%, что свидетельствует о качественном выполнении своих обязательств всеми природоохранными организациями и соблюдении ими водного законодательства.

### **Список использованных источников**

1. Материалы годового отчета 2009 года Минского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды.
2. Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006 – 2010 годы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь – Минск.: РУП «БелНИЦ «Экология», 2006.– 124 с.
3. Национальная система мониторинга окружающей среды: результаты наблюдений / БелНИЦ «Экология», 2009.

УДК 551.481.(075.8)

## **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАРАСТАНИЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

*Донух П.С. \*, Кабушева Т.С. \*\**

*\* Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск, РБ, [lorich49@mail.ru](mailto:lorich49@mail.ru); \*\* Могилёвский государственный университет им.А.А.Кулешова, г.Могилёв, РБ, [shahita84@mail.ru](mailto:shahita84@mail.ru)*

The article is considered to the main factors determining the process of impoundments overgrowing. The common scheme of river impoundments overgrowing is described. A row of methodological recommendations are given for the creating of impoundments on a base of lakes.

На сегодняшний день в Республике Беларусь перед проектными и эксплуатационными организациями стоит проблема сохранения и рационального использования имеющегося водохранилищного фонда. С течением времени в водохранилищах наблюдается активация процессов заиления и зарастания ложа высшими водными растениями, что приводит к снижению эффективности использования данных водных объектов.

В водохранилищном фонде республики насчитывается свыше 140 водохранилищ различного целевого назначения, из них 19 создано на базе существующих озер. В результате интенсивного хозяйственного использования и проведения мелиоративных работ после Второй мировой войны уровень воды в некоторых озерах был зарегулирован или понижен. Мелиоративное переустройство затронуло не только сами водоемы, но и привело к значительным изменениям гидрологического режима водосборов в целом. В перспективе планируется создание озерных водохранилищ как один из путей рационального использования водных ресурсов при разработке схем комплексного использования природных ресурсов в бассейнах рек.

В Беларуси преобладают малые водохранилища, которые практически полностью унаследуют природные особенности территории, на которой создаются, и подвержены влиянию местных факторов. Природные особенности затопляемой территории, впоследствии проявляющиеся в конфигурации котловин, могут ускорять или замедлять процессы, происходящие в водоеме, а также обуславливают гидроморфологические типы водохранилищ, их провинциальные различия.

Для природы водоемов замедленного водообмена характерен ряд общих закономерностей в расселении высшей водной растительности. Основными факторами, способствующими созданию благоприятных условий для развития и распространения макрофитов в малых водохранилищах, являются: наличие мелководий, характер распределения и свойства почвогрунтов, гидродинамический, уровневый и термические режимы, что позволило разработать общую схему зарастания малых речных водохранилищ.

### Обобщенная схема зарастания малых речных водохранилищ

Речная		Озерная		Гидрологические зоны	
Речной	Переходный	Приплотинный		Гидрографические районы	
Сплошного зарастания		Смешанного зарастания	Фрагментарного зарастания		Геоботанические участки
Манниково-рдестово-нимфейный	Камышево-роголистниковый	Камышево-рдестовый	Аиро-рдестовый		Тип поясности
Надводные-манник, реже рогозы, аир, камыш, погруженные-телорез, рдесты, роголистник, плавающие-кубышка, кувшинка	Надводные-камыш, погруженные-рдесты, плавающие-ряски	Погруженные-рдесты	Надводные-аир, Погруженные-рдесты		Геоботанические пояса
Илы, пески заиленные	Пески заиленные, илы	Пески		Преобладающие грунты в зоне растительности	

В естественных водоемах водная растительность создает три основные зоны зарастания, расположенные по акватории концентрическими прибрежными полосами: полоса надводных, погруженных растений и полоса растений с плавающими на поверхности листьями. При зарегулировании озер наблюдается изменение условий обитания макрофитов, что приводит к их гибели в новых гидродинамических условиях. Устойчивый уровневый режим озерного водохранилища приводит к расселению растений в новой мелководной зоне с наступлением очередного вегетационного периода. Речные участки водохранилища и крупные заливы, образованные впадающими реками, формируют специфические участки зарастания с характерными поясами высшей водной растительности, повторяющие общую схему зарастания типичных водохранилищ речного типа.

Проектируя и создавая малые водохранилища озерного типа, необходимо опираться на ряд принципов:

1. Принцип целостности гидросистемы «водосбор-водоем» - учет формирования стока на водосборе озера и степени его трансформации в озерной котловине, чаше озерного водохранилища.

2. Принцип унаследованности природных факторов – учет морфологии и морфометрии озерной котловины.

3. Принцип приобретения новой экосистемой ряда режимных характеристик, не свойственных природным (озерным): вид регулирования стока, изменения режима уровня, амплитуды колебания, проточности и др.

4. Принцип генетической обоснованности – учет типа современной озерной котловины, контура древних (голоценовых) водоемов, биологического типа озера, стадийного развития озерного водохранилища [1].

5. Принцип гидродинамической устойчивости, или приближение параметров будущего озерного водохранилища к параметрам, близким к естественным озерам (контур, конфигурация котловины в плане, равновесной береговой линии в плане и по поперечникам, амплитуде колебания уровня озера за многолетний период или в геологическом отрезке времени).

6. Принцип достаточной сбалансированности экосистемы в результате поддержания единства абиотических и биотических факторов.

7. Принцип необходимого обновления или олиготрофикации лимносистемы с целью увеличения продолжительности оптимальных условий в новой гидроэкосистеме.

8. Принцип комплексности географического мониторинга озера и водохранилища на всех стадиях его создания.

9. Прогноз и моделирование отдельных внутриводоемных и других процессов, влияния озерного водохранилища на прилегающие территории, развития гидроэкосистемы на ближайшую и далекую перспективу [2].

### **Список использованных источников**

1. Лопух, П.С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена, их использование и охрана: монография / П.С. Лопух. – Минск: Изд-во БГУ, 2000. – 332 с.

2. Рекомендации по экологическому обоснованию создания озерных водохранилищ в равнинных условиях: производственно-практическое издание / П.С. Лопух, А.Н. Рачевский. – Мн.: БГУ, 2002. – 22 с.

## **КОРРОЗИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ СРЕД**

**Лукашевич М.В.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [marilu22@yandex.ru](mailto:marilu22@yandex.ru)*

Concrete structures generally make up a significant and important part of the national infrastructure. The operation, maintenance and repair of concrete structures are consuming ever more energy and resources while heavily burdening the environment with the large quantities of waste produced. In recent years, an extensive amount of research work has been carried out in order to better understand and control several of the most important deteriorating mechanisms such as alkali aggregate reactions, freezing and thawing and corrosion of embedded steel.

### **Введение**

Бетонные и железобетонные конструкции обычно составляют значительную и важную часть национальной инфраструктуры. Вопрос о долговечности таких конструкций в зданиях и сооружениях является одним из важнейших. Многие здания и сооружения должны эксплуатироваться в течение 100 лет и более. Однако на практике нередки случаи ошибок в выборе материалов, подборе качественного и количественного состава, реализации технологического процесса.

В большинстве стран огромные расходы приходится на ремонтные работы, технический уход и восстановление существующих конструкций. Большая часть этих расходов вызвана проблемами, связанными с недостаточной прочностью и недолговечностью таких сооружений. Недолговечность и преждевременное окончание срока эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций инициируют не только технические и экономические проблемы, но также оказывают негативное влияние на окружающую среду и безопасность человека [1].

### **Влияние жидких агрессивных хлорсодержащих сред на коррозионные повреждения железобетонных конструкций**

Свойства агрессивных сред и условия их действия на строительные конструкции весьма разнообразны. Анализ большого экспериментального материала и результатов исследований сооружений, подвергавшихся действию различных агрессивных сред, позволил В.М. Москвину выделить три основных вида коррозии бетона [2]. В естественных условиях редко встречается коррозия только одного вида [3].

Весьма часто наблюдаются разрушения бетонных и железобетонных конструкций, соприкасающихся с грунтами, насыщенными или периодически увлажняемыми минерализованными водами, в частности содержащими хлорид-ионы [2].

Хлориды являются распространенным компонентом поверхностных и грунтовых вод. Хлорид-ионы сами по себе инертны по отношению к цементному клинкеру, так как не образуют труднорастворимых соединений с кальцием – главным элементом минералов цементного камня. В основном их агрессивность связывают

только с коррозией стальной арматуры в железобетонных конструкциях. Однако при исследовании влияния жидких агрессивных сред на процессы изменения фазового состава цементного камня необходимо учитывать совместное влияние всех ионов [4].

Коррозия стальной арматуры в бетоне является основной проблемой, с которой сталкиваются исследователи сегодня при попытке поддерживать в работоспособном состоянии бетонные и железобетонные конструкции.

Существуют два основных фактора, которые вызывают коррозию арматуры в бетоне. Это карбонизация и присутствие хлорид-ионов, которые либо были составляющими бетона с самого начала, либо проникли в бетон из окружающей среды за время срока эксплуатации.

Наиболее технически сложной и серьезной причиной повреждения и преждевременного разрушения железобетонных конструкций является неконтролируемое проникновение хлорид-ионов из окружающей среды [1].

Бетон обеспечивает высокий уровень безопасности стальной арматуры от коррозии вследствие высокой щелочности ( $pH \approx 13$ ) растворов, содержащихся в порах. При высокой щелочности сталь находится в пассивированном состоянии. Кроме того, хорошо консолидированный и правильно выдержанный бетон с низким водоцементным отношением обладает низкой водопроницаемостью, что минимизирует проникновение факторов, вызывающих коррозию стальной арматуры, таких как хлорид-ион, углекислый газ, влага и т.д. Если бетон должным образом спроектирован, применен и обслужен, не должно возникать значительных проблем с коррозией стали во время срока эксплуатации конструкций.

Однако часто на практике не соблюдаются все требования по прочности и долговечности железобетонных конструкций. Высокая концентрация хлоридов в защитном слое бетона вызывает депассивацию стальной арматуры. Хлорид-ионы атакуют пассивный слой, но, в отличие от карбонизации, не происходит общего падения  $pH$ . Хлориды действуют как катализаторы для инициации коррозии, когда возникает достаточная концентрация их на поверхности арматуры [1,2].

Риск коррозии арматуры связывается с уровнями содержания хлорид-иона как в некарбонизированном бетоне, так и в карбонизированном бетоне, что представлено в таблице.

**Таблица – Риск коррозии в бетоне, содержащем хлорид-ионы**

Общее содержание хлорид-иона (массовая доля % цемента)	Состояние бетона, смежного с арматурой	Риск коррозии
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Менее чем 0,4%	Карбонизированный	Высокий
	Некарбонизированный, сделанный с цементом, содержащим меньше 8% $C_3A$	Умеренный
	Некарбонизированный, сделанный с цементом, содержащим 8% или более $C_3A$	Низкий
0,4%-1,0%	Карбонизированный	Высокий
Более чем 1,0%	Некарбонизированный, сделанный с цементом, содержащим меньше 8% $C_3A$	Высокий
	Некарбонизированный, сделанный с цементом, содержащим 8% или более $C_3A$	Высокий
	Все случаи (карбонизированные)	Высокий

Важность хлорид-ионов в процессе коррозии арматуры в бетоне привела к концепции порогового значения хлоридов или критической концентрации хлоридов, которая может быть определена как минимальный уровень хлоридов в глубине арматуры, что вызывает активную точечную коррозию арматуры.

В литературе уровень пороговых значений обычно варьирует от 0,17 до выше 2 % по весу цемента. В Великобритании, в Норвегии, например, максимально допустимое значение общего хлорида по весу цемента в нормальном бетоне – 0,4 %. В Америке Американский Институт Бетона рекомендует максимально допустимое значение общего хлорида по весу цемента – 0,2 [1].

В заключение отметим. Наиболее интенсивные коррозионные повреждения железобетонных конструкций отмечаются при действии на них жидких агрессивных сред, содержащих хлориды. Агрессивные хлорсодержащие среды вызывают коррозию стальной арматуры в железобетонных конструкциях, которая значительно сокращает сроки эксплуатации водохозяйственных объектов, а также ряда других объектов, подверженных контакту с хлорсодержащими средами. Невысокая прочность, недолговечность и преждевременное окончание срока эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций вызывают экологические проблемы, а также проблемы, связанные с охраной окружающей среды и утилизацией природных ресурсов.

#### **Список использованных источников**

1. Ferreira, R.M. Probability-based durability analysis of concrete structures in marine environment / Rui Miguel Ferreira. – Guimaraes, Portugal. – 2004.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.]. – М: Стройиздат, 1980. – 536с.
3. Горчаков, Г.И. Строительные материалы: учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.
4. Юхневский, П.И. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / П.И. Юхневский, Г.Т. Широкий. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 476 с.

УДК 626 (075.8)

## **КОМПЛЕКС ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА РЕКЕ ЩАРА**

*Мороз М.Ф., Водчиц Н.Н., Глушко К.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ*

The characteristic of the unique structures of the water-power development on the River Shchara in the river-head of the Oginskiy Channel is given.

### **Введение**

При разработке схем водного туризма следует учитывать, что комплекс гидротехнических сооружений на реке Щара, включающий два водосбросных сооружения, плотину Пуаре и судоходный шлюз, является исторически важным объектом.

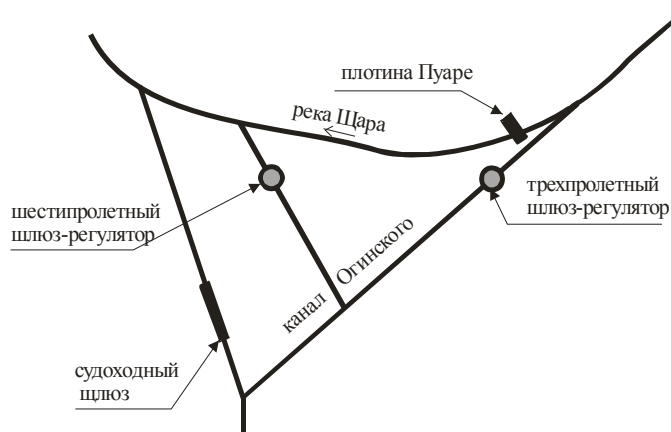


## Комплекс гидротехнических сооружений

В настоящее время проводится реконструкция канала Огинского, который проходит по территории Пинского, Ивацевичского и Ляховичского районов Брестской области, соединяет Ясельду (приток Припяти) и Щару (приток Немана). Канал Огинского протяженностью 54 километра - часть водного пути из Днепра в Неман, он является наиболее ярким памятником гидротехнического строительства XIX-XX вв.

Особый интерес, с позиции истории гидротехники, представляет комплекс гидротехнических сооружений на реке Щара. Комплекс включает судоходный шлюз, трех- и шестипролетный шлюзы и плотину Пуаре, расположенный в месте пересечения канала Огинского с р.Щара.

Комплекс, ранее построенный по индивидуальному проекту и разрушенный во время Первой мировой войны, был восстановлен в 1933-1936 гг. Размеры восстановленных сооружений назначены из условий обеспечения пропуска максимальных весенних расходов и для пополнения озера Выгонощанское в меженный период, а также обеспечения судоходных глубин. Дополняет функциональное назначение гидроузла судоходный шлюз, расположенный на прокопе, соединяющем реку Щара и Выгонощанское озеро.



Уникальность комплекса сооружений определяется следующими причинами:

- *во-первых*, функциональное назначение и местоположение гидротехнических сооружений увязано с особенностями гидрологических условий на линии водораздела Балтийского и Черного морей;

- *во-вторых*, в составе комплекса имеется плотина Пуаре, входящая в число впервые построенных на территории Беларусь, а подъемно-силовое оборудование затворов шлюзов, изготовленное на заводах Кракова, характеризуется уникальными конструктивными особенностями;

- *в третьих*, комплекс расположен в районе исторических мест, где постоянно проходили сражения партизан с немецкими захватчиками во время Второй мировой войны.



*Плотина Пуаре* представляет собой защищенный от размыва лоток прямоугольного сечения, ограниченный флютбетом и боковыми стенками и оборудованный металлическими поворотными фермами, на которых фиксируются щиты (или спицы), обеспечивающие поддержание требуемого напора. Конструкция плотины была предложена

французским инженером Пуаре в 1838 году, как техническое решение, дающее возможность легко и быстро пропускать не только воды весеннего паводка и ледоход, но и плавсредства на реке Щара. Фермы плотины закрепляются на водобойной части флютбета нормально к оси плотины на расстоянии 1-1,5 м друг от друга. Шарнирное соединение с водобоем, обеспечивает поворот ферм по осевой линии плотины. Для открытия пролета плотины вначале удаляются все щиты с напорной части плотины, затем с помощью лебедки и цепи фермы укладываются на дно водобоя. После прохода паводка фермы восстанавливаются на прежнее место при помощи той же лебедки. Верх установленных ферм соединяется легкими элементами служебного мостика, с которого производится установка щитов. Боковые стенки плотины представлены береговыми устоями, которые сопрягаются с верхним и нижним бьефами посредством открылков. На левом береговом устое располагается подъемное устройство, а на противоположном - ниша для размещения ближайшей к устью фермы.

*Трехпролетный шлюз-регулятор* представляет собой лоток прямоугольного



сечения шириной 10,15 м, защищенный от размыва флютбетом и сопряженный с берегами с помощью береговых устоев. Основным элементом флютбета является водобойная часть длиной 4,5 м, выполненная из монолитного железобетона. В пределах ширины водобоя размещены три пазовые рамы шириной 3,38 м каждая. Регулирование уровней воды на

каждом пролете осуществляется вручную с помощью подъемных механизмов состоящих из двух цевочных реек с зацепами деревянных щитов и редуктора. Для маневрирования затворами со стороны верхнего бьефа предусмотрен служебный мостик с перильным ограждением из профильных уголков и лестницы для подъема на мостик с правого и левого береговых устоев.

Правый и левый береговые устои выполнены из монолитного железобетона и сопрягаются с берегами подводящего и отводящего русла посредством открылков, заведенных в плоскость берега на глубину, равную 4,5 м.

Для сопряжения с подводящим руслом предусмотрен понур длиной 12,5 м, а сопряжение с отводящим руслом выполнено посредством рисбермы длиной 8,0 м.

*Шестипролетный шлюз-регулятор* представляет собой лоток прямоугольного сечения шириной 14,9 м, защищенный от размыва флютбетом и сопряженный с берегами с помощью береговых устоев. Основным элементом флютбета является водобойная часть длиной 4,5 м, выполненная из монолит-





ного железобетона. В пределах ширины водобоя размещено шесть пазовых рам шириной каждая по 2,5 м. Регулирование уровней воды на каждом пролете осуществляется вручную с помощью подъемных механизмов, состоящих из двух цевочных реек с зацепами деревянных щитов и редуктора. Для маневрирования затворами со стороны верхнего бьефа предусмотрен служебный мостик с перильным ограждением из профильных уголков и лестницы, для подъема на мостик с правого и левого береговых устоев.

Правый и левый береговые устои также выполнены из монолитного железобетона и сопрягаются с берегами подводящего и отводящего русла посредством открьлков, заведенных в плоскость берега на глубину, равную 4,5 м.

*Судоходный однокамерный шлюз* – это подпорное гидротехническое сооружение, пропускающее суда и плоты на плаву с верхнего бьефа (ВБ) в нижний (НБ) и обратно, с помощью неподвижной камеры. Судно и уровни воды могут



занимать любое положение в пределах уровня в ВБ и до уровня воды в НБ. Основными элементами шлюза являются головы (верхняя и нижняя), камера и подходы к шлюзу. В головах шлюза, выполненных из монолитного бетона, располагается механическое оборудование – ворота и механизмы управления ими. Они могут открываться и закрываться для пропуска судов

в камеру и из нее, только при выровненных уровнях перед и за воротами. В закрытом состоянии угол между полотнищами составляет  $135^{\circ}$ - $140^{\circ}$ . Нижняя голова судоходного шлюза смещена в левую сторону на 1,5 м относительно осевой линии верхней головы.

Камера – это ограниченная головами и стенками водная акватория длиной 52 м, шириной 10 м, и глубиной 3,5 м. В верхней части, выше меженного уровня воды, камера с берегами сопрягается откосом заложением  $m=1,5$ , закрепленный плитами. Наполнение камеры осуществляется через клинкеты, устроенные в полотнищах ворот. По правой и левой сторонам камеры предусмотрена причальная площадка шириной 45 см. Для схода к ней на откосах попарно с левой и правой сторон, предусмотрены железобетонные лестничные марши на пять ступенек каждый.

### **Заключение**

Приведенная характеристика комплекса сооружений обосновывает целесообразность проведения предварительных исследований по специальному Положению Совета Министров РБ N 651 от 22 мая 2002 года «Об охране археологических объектов при проведении земляных и строительных работ».

## ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ НЕМАНА

*Пеньковская А.М., Дубенок С.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, РБ, [asyap@rambler.ru](mailto:asyap@rambler.ru), [dsnega@list.ru](mailto:dsnega@list.ru)*

In this article the main problems of water resources usage and protection in the river Neman basin are stated and the ways to solve them are outlined.

### **Введение**

Одной из основных задач схем комплексного использования и охраны вод бассейна реки, разрабатываемых в настоящее время в республике, является выявление проблем, возникающих при использовании и охране водных объектов в пределах бассейна, и формулирование основных возможностей их решения с целью повышения эффективности водопользования.

Детальный анализ состояния водных ресурсов и их использования в бассейне реки Неман позволил выявить приоритетные экологические и водохозяйственные проблемы и наметить основные пути их решения.

### **Основные экологические проблемы в бассейне Немана**

Сеть мониторинга за состоянием поверхностных вод в бассейне реки Неман насчитывает 24 действующих гидрологических поста и 62 пункта гидрохимических наблюдений, охватывающих 22 водотока и 12 водоёмов в пределах бассейна.

В связи с закрытием в последнее время ряда гидрологических постов на реках бассейна сократились ряды наблюдений, необходимые для достоверной оценки гидрологических характеристик.

Результаты анализа данных о качестве поверхностных вод бассейна Немана свидетельствуют [1] о неудовлетворительном качестве воды реки Россь ниже г. Волковыска: практически 75 % проб в 2008 г. характеризовалось повышенным содержанием азота нитритного (1,4-2,3 ПДК), 50 % – фосфора общего (1,1-2,1 ПДК) и 100 % - фосфора фосфатного (2,0-5,1 ПДК). Значительное загрязнение претерпевает река Уша в районе г. Молодечно. Содержание азота нитритного в створе ниже г. Молодечно за период 2002 – 2008 гг. увеличилось в 9,0 раз, азота аммонийного – в 2,2 раза, фосфора фосфатного – в 5,5 раза.

Основная масса загрязняющих веществ в водные объекты бассейна поступает от стационарных и рассредоточенных источников загрязнения. Причём, доля рассредоточенных источников в пределах бассейна изменяется от 40 до 90 %.

В пределах бассейна организованные сбросы сточных вод в водные объекты осуществляют 97 предприятий, 33 из которых включены в систему локального мониторинга, объектом наблюдения которого являются сбросы сточных вод и поверхностные воды.

В 2008 году в бассейне Немана сброшено 163 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. Из этого объёма в природные водные объекты поступило 131 млн. м<sup>3</sup>, в том числе 3 млн. м<sup>3</sup> загрязнённых и недостаточно очищенных, 115 млн. м<sup>3</sup> нормативно очищенных и 13 млн. м<sup>3</sup> нормативно чистых вод.

На большинстве промышленных предприятий имеются локальные сооружения для очистки сточных вод, однако эксплуатация этих сооружений не на всех объектах организована удовлетворительно, в результате чего в городские коммунальные сети и на очистные сооружения попадает значительное количество загрязнений, осложняя работу городских очистных сооружений.

Зачастую снижение качества очищенных сточных вод является следствием залповых сбросов концентрированных производственных сточных вод и других грубых нарушений установленных условий приема производственных стоков в сети канализации.

Проблемой является отсутствие очистных сооружений в большинстве посёлков городского типа.

В результате инспекционных проверок, выполненных в 2008 г., обнаружено, что не всегда обеспечивались установленные нормативы допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, отводимых после очистки в водные объекты, на следующих предприятиях: РУП КУП «Ивенецкое ЖКХ», РКУП «Вилейский водоканал» (п. Илья), РУП «Узденское ЖКХ», РУП «Молодечненское ЖКХ», ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», РУП «Столбцовское ОКС».

Задачей большинства предприятий является повышение степени очистки сточных вод, сокращение потребления свежей воды и дальнейшего развития систем оборотного водоснабжения.

Показатели оборотного водопотребления по бассейну реки Неман значительно ниже, чем средние по стране, что указывает на наличие резервов по внедрению на предприятиях систем оборотного водоснабжения.

Необходимо внедрение новых технологий, направленных на снижение сброса сточных вод, строительство локальных очистных сооружений на промышленных предприятиях, интенсификация действующих очистных сооружений.

В настоящее время в бассейне приборным учётом охвачено 337,65 (90 %) млн. м<sup>3</sup> забранной воды и 113,02 млн. м<sup>3</sup> (69 %) сброшенной воды.

Качество воды подземных источников водоснабжения в бассейне зачастую не соответствует требованиям санитарных норм по содержанию железа. Обеспеченность действующих систем питьевого водоснабжения сооружениями подготовки воды недостаточна.

Инструментальным учётом охвачено менее 50 % эксплуатируемых скважин от общего числа водозаборов, в основном за счёт низкого оснащения приборами первичного учёта водопотребления объектов Минсельхозпрода.

Проблемой является переброска необходимого количества воды, как для обводнения города Минска, так и обеспечения пропуска в нижний бьеф Вилейского водохранилища, и выполнение надлежащих водоохраных мероприятий по трассе Вилейско-Минской водной системы.

## Пути повышения эффективности водопользования

Водосбережение на промышленных предприятиях и в коммунальном секторе может быть обеспечено разными путями:

- применением маловодных и безводных технологий; заменой водоемкого оборудования на более экономное;
- увеличением объема оборотного водоснабжения;
- увеличением повторного использования воды.

Несмотря на сокращение использования воды в промышленности по экономическим причинам, проблема высокого потребления питьевой воды на технологические нужды (более 20 % от общего потребления) остается острой.

Существующая система налогообложения в республике не стимулирует экономию воды, поскольку тариф за услуги по обеспечению населения питьевой водой в настоящее время составляет только около 21 % от ее себестоимости.

Средний показатель расхода воды в благоустроенном секторе, по данным анализа группового учета, составляет 310-380 л/сут. на человека, что больше средневропейского показателя (130-180 л/сут.). От 10 до 50 % питьевой воды, прошедшей водоподготовку, теряется из-за неисправности водопроводных сетей, использования несовершенного санитарно-технического оборудования, отсутствия регуляторов избыточного давления в сетях, высокой аварийности трубопроводов.

В условиях сложного финансового положения большинство промышленных предприятий не располагает возможностью замены существующих технологий и промышленного оборудования на новые, сокращающие потребление свежей воды. Тем не менее, на многих из них успешно реализуются планы водосбережения путем установки более экономного санитарно-технического оборудования, выявления скрытых утечек, замены насосного оборудования на более экономичное, обеспечивающее более высокие коэффициенты полезного действия насосных станций и гарантирующие требуемые напоры и узловы отборы в диктующих точках при различных режимах водопотребления по часам суток и др.

С целью оценки эффективности водосберегающих технологий проанализированы многолетние данные по системам оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, функционирующим на промышленных предприятиях бассейна Немана (таблица 1).

**Таблица 1 – Использование оборотных систем водоснабжения на предприятиях**

Год	Забрано воды из водных объектов, млн. м <sup>3</sup>	Использовано воды (Q <sub>св</sub> ), млн. м <sup>3</sup>	Оборотное и повторно-последоват. водоснабжение (Q <sub>об</sub> ), млн. м <sup>3</sup>	Сброшено сточной воды (Q <sub>сб</sub> ), млн. м <sup>3</sup>	Коэффициент оборота $K=1-\frac{Q_{св}}{Q_{св}+Q_{об}}$
2002	445,52	373,34	854,23	190	0,70
2003	426,73	362,76	859,11	188	0,68
2004	406,65	398,1	838,21	182	0,68
2005	407,59	336,52	841,95	177	0,71
2006	388,23	325,37	856,67	173	0,72
2007	397,67	308,37	838,48	169	0,73
2008	373,44	286,52	848,39	163	0,75

Приведенные данные свидетельствуют о том, что коэффициент использования оборотной воды за последние годы несколько возрастает.

Следует отметить, что оценка эффективности внедрения систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, с использованием в качестве показателя коэффициента использования оборотной воды, на предприятиях правомерна только в том случае, если загрязняющие вещества, накапливающиеся в оборотной системе, полностью утилизируются и надежно изолированы от повторного поступления в водные объекты. В противном случае эффект внедрения оборотных систем обесценивается дополнительным ущербом от загрязнения поверхностных или подземных вод продувочными водами и затратами на их очистку.

В целом можно констатировать, что в бассейне имеются резервы экономии воды путем дополнительного внедрения систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения на промышленных предприятиях. Однако меры стимулирования их строительства в настоящее время недостаточно эффективны. Одним из таких мероприятий могли бы служить дифференцированные тарифы за забор воды с учетом степени внедрения оборотных систем водоснабжения.

Одним из основных условий обеспечения устойчивого водопользования является платность водопользования, с помощью которой стимулируется рациональное использование водных ресурсов. Однако действующая система налогообложения не позволяет в полной мере реализовывать основные задачи платности водопользования – возмещение затрат на водохозяйственные мероприятия и стимулирование рационального водопользования. Средства, поступающие в бюджет в виде экологического налога, недостаточны для полного покрытия необходимых затрат на водоохраные и водохозяйственные мероприятия. Остро стоит проблема расточительного водопользования, особенно в сфере жилищно-коммунального хозяйства и сельского хозяйства, велики потери при транспортировке воды.

Одним из путей решения указанных проблем является повышение ставок экологического налога. Вместе с тем, резкое повышение ставок может привести к негативным последствиям. В связи с этим представляется необходимым рассмотреть другие возможности повышения фискальной и регулирующей роли налогообложения.

Плата за водопользование в основном способствует стимулированию рационального использования водных ресурсов в промышленности. В сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве функция стимулирования рационального водопользования отсутствует. Усилению функции стимулирования будет способствовать установление повышенной ставки платы за нерациональное использование водных ресурсов, что позволит стимулировать рациональное водопользование, не увеличивая в целом стоимость водных ресурсов для водопользователей.

Основой охраны водных источников от загрязнения служит предотвращение поступления в них даже очищенных сточных вод. В подавляющем большинстве случаев это мероприятие, во всяком случае, для промышленных предприятий даёт не только природоохраный, но и экономический эффект. Предотвращение поступления сточных вод в речную систему возможно только при переходе на безотходную технологию, что в настоящий период нереально.

Для снижения уровня загрязнений сточных вод на некоторых предприятиях уже выбираются более эффективные методы доочистки и обеззараживания сточных вод с использованием новейших технологий ультрафиолетового обеззараживания.

### **Список использованных источников**

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2008). – Мн.: Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь, 2009. – 111 с.

## ОСОБЕННОСТИ ИОННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

*Равленко Л.И., Шитова Е.М.*

*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, lfk@brsu.brest.by*

The article contains the research materials of the subterranean and middle water used for drinking and features the result of the chemical content analysis of such metabolically active elements as Fe, Mn, Pb, Si, Cl.

The obtained data prove certain off-standard deviations of chemical concentration of the mentioned elements in the drinking water samples.

The result of the research have utmost significance in physiological prognostication of disbolism in the community and assessment of the drinkable quality of water.

### **Введение**

Состояние природных вод является актуальной проблемой современной экологии. Антропогенное воздействие на геохимическую среду привело к опасности получения некачественной питьевой воды как из открытых, так и из закрытых (подземных) водоисточников. Нарушение химического баланса в почвах и водах приводит к серьезным медико-биологическим последствиям регионального и государственного масштабов.

### **Задачи и методы исследования**

В исследовании поставлены задачи осуществления эколого-валеологического мониторинга за содержанием в подземных водах отдельных районов Брестской области важных в физиологическом отношении химических соединений.

Пробы питьевой воды взяты из колодцев и артезианских скважин различных районов Брестской области, которые отбирались по стандартной методике (ГОСТ 4979-49) [1] и исследовались на содержание железа, марганца, свинца и хлора с использованием «ФЭК-56» [1].

Данные элементы представляют особый интерес, так как являются биологически активными соединениями, которые из водных растворов окружающей среды поступают в организм с питьевой водой или мигрируют через сложные цепи питания. Обеспеченность организма человека такими метаболически активными соединениями и ионами в значительной степени определяет нормальное функционирование практически всех физиологических систем. Данные ионы имеют различную степень миграции в водных растворах.

Химические соединения в питьевой воде, указанные выше, в оптимальном соотношении поставляют необходимые ионы во внутриклеточную среду, но гипо- и гиперэлементозы приводят к серьезным нарушениям метаболизма в организме [2].

Данные по содержанию исследуемых микроэлементов в пробах питьевой воды приведены в таблице 1.



**Таблица 1 – Результаты исследования питьевых водоисточников на содержание железа, марганца, свинца и хлора**

Название населенного пункта		Содержание элементов в воде (мг/л)			
		Нормы по СанПин			
		0,30	0,10	0,03	0,20
		Fe	Mn	Pb	Cl
1	Барановичский р-н, водопровод	0,30	0,11	0,015	0,05
2	г. Белоозерск. водопровод	0,27	0,10	0,022	0,10
3	Дрогичинский р-н. Залужье, колодец	0,35	0,07	0,005	0,0
4	г. Брест (Ковалево), водопровод	0,15	0,12	0,018	0,12
5	г. Брест (Вулька), водопровод	0,22	0,12	0,012	0,12
6	г. Ивацевичи, колодец	0,12	0,09	0,002	0,0
7	Сталинский р-н. колонка 9,5м	0,38	0,18	0,008	0,0
8	г. Малорита, водопровод	0,33	0,140	0,024	0,15
9	Пинский р-н, д. Мерсацы, колодец!2м	0,09	0,09	0,017	0,01
10	Брестский р-н, д. Медно. колодец	0,03	0,10	0,011	0,0
11	Пинский р-н, д. Мерсацы, водопровод	0,32	0,09	0,019	0,19
12	Брестский р-н, д. Б. Мотыкалы колодец	0,36	0,10	0,009	0,0

Одним из существенных ингредиентов водной среды является железо. Его основная биологическая роль - участие в синтезе гемоглобина крови.

В исследуемых питьевых водоисточниках обнаружены концентрации железа с большим диапазоном отличий. Превышение нормы наблюдалось в 50% проб (Дрогичинский, Сталинский, Пинский, Брестский районы, г. Малорита), что свидетельствует о необходимости обезжелезивания указанных вод.

Свинец относится к наиболее известным среди современных токсикантов. Наиболее опасной стороной его метаболизма является способность накапливаться в организме. Превышение предельно допустимых концентраций приводит к отравлению, а постепенное накопление в тканях значительно тормозит процессы умственной деятельности. Свинец ингибирует активность многих ферментов.

По содержанию свинца пробы исследуемой воды не являются опасными и не содержат избыточных концентраций. Приближаются к предельно допустимым (0,03 мг/л) лишь пробы водопроводной воды г. Малорита (0,024 мг/л), г. Белозерска (0,022 мг/л).

Хлориды, как важные электролиты, присутствуют во всех жидкостях организма. Хлор широко используется в повседневной практике как дезинфицирующее вещество. Хлорсодержащие соединения используются в городах для ускорения таяния снега и льда. Все эти мероприятия приводят к значительному подъему его присутствия в почвах, водах, растениях.

Исследование питьевых водоисточников на содержание хлора не выявило избыточных концентраций в большинстве проб. Повышены уровни этого элемента в водопроводной питьевой воде г. Бреста и г. Белозерска.

Из 26 наиболее важных для организма элементов марганец включен в число 11 особо значимых, т.к. является необходимой активной частью металлов ферментов. Избытки марганца в природе носят, как правило, техногенное происхождение.

Накопление марганца в организме человека токсически влияет на центральную нервную систему.

Исследование питьевой воды на содержание марганца выявило превышение его содержания по отношению к норме в трех из двенадцати проб. Такие повышенные концентрации обнаружены в водопроводной воде г. Бреста и Барановичского района. Присутствие марганца в предельно допустимых концентрациях найдено и в некоторых пробах колодезной (грунтовой) воды, в частности, в пробах д. Медно, д. Большие Мотыкалы Брестского района.

В многочисленных источниках популярной литературы оздоровительного направления пропагандируется роль кремния, как минерала, обогащение которым питьевой воды делает ее лечебной в отношении многих пред- и патологических состояний [3]. Но научные исследования предостерегают от излишнего использования кремниевой воды. Авторы указывают на опасность развития мочекаменной болезни, что типично для местностей с высоким содержанием кремния во всех звеньях биогеохимической цепи. В районах, эндемичных по высокому содержанию кремния значителен уровень заболеваний детей и взрослых рассеянным склерозом, раком желудка, мочевых путей, холециститом, хроническим гастритом. Доказано патогенное влияние повышенных доз кремниевой кислоты в этиологии указанных заболеваний. Кремний в концентрациях, превышающих 5 мг/л, становится опасен [2].

Исследовалось содержание кремния в питьевых водах г. Бреста и Брестского района фотометрическим методом.

Для определения содержания кремния в питьевых водоисточниках Брестской области были взяты 22 пробы, 10 из которых из Сталинского района. Полученные данные, представленные в таблице 2, показали низкое содержание кремния во всех исследуемых пробах.

**Таблица 2 - Концентрация кремния в питьевых водоисточниках Брестской области (предельная концентрация - 10 мг/л)**

Исследуемая местность	Концентрация кремния (мг/л)	Исследуемая местность	Концентрация кремния (мг/л)
г. Пружаны (водопровод)	2,28068	Кобринский р-н, д. Верхолесье	1,2844
д. Федоры (водопровод)	1,8472	Столинский р-н, д. Рубель (колодец)	1,27412
Сталинский р-н, д. Ольпень (колодка)	1,78252	г. Столин (колодка)	1,21944
Столинский р-н, д. Рубель (колодка)	1,69268	Ивацевичский р-н, д. Яглевицы (колодец)	1,1978
г. Береза (водопровод)	3,63092	Столинский р-н,	1,13284
Иваневичский р-н, д. Яглевицы (колодка)	1,52264	Столинский р-н, д. Бережное (колодка)	1,11116
Пинский р-н, д. Молотковичи (колодец)	1,50432	Столинский р-н, г. Давид-Городок (водопровод)	1,11116
Столинский р-н, д. Хопск (колодка)	1,4834	Пинский р-н, д. Чухово (колодец)	1,08952
г. Дрогичин (колодец)	1,4206	г. Барановичи (водопровод)	1,02425
г. Малорита (водопровод)	1,4206	Ивановский р-н, д. Мотоль (колодец)	0,96016
Каменецкий р-н, д. Верхи (колодец)	1,39272	Столинский р-н, д. Ольшаны (колодец)	0,95956

Из таблицы 2 видно, что наиболее низкую концентрацию кремния содержит проба воды, взятая из колодца в д. Ольшаны Столинского р-на (0,959 мг/л), а наиболее / высокая – в пробе воды, взятой из водопровода в г. Пружаны (2.2807 мг/л).

Во всех пробах не наблюдается превышение предельно допустимых концентраций / (ПДК), и в среднем содержание кремния колеблется в диапазоне 1,5-2 мг/л. Что свидетельствует о незначительной насыщенности питьевых вод источников этим элементом. Известно, что в зависимости от глубины залегания вод концентрации кремния в них различны: межпластовые воды более минерализованы, нежели грунтовые. Располагающиеся на территории Бреста скважины имеют глубину около 200 м, тогда как колодцы - 10-12 м, чем и объясняется разница в содержании кремния в пробах, взятых из разных мест залегания.

Одним из этапов работы являлось изучение вопроса - насколько зависит концентрация кремния от времени нахождения минерала в воде. В связи с этим были исследованы пробы воды, в которых минерал находился сутки (1,52 мг/л), неделю (1,52 мг/л) и полгода (1,56 мг/л). Как показали исследования этих проб, значительного изменения в содержании кремния с течением времени не происходит.

Результаты полученных измерений позволяют сделать следующие заключения:

- наличие в пробах питьевой воды гипо- и гипермикрорезультатов указывает на необходимость систематического мониторинга фунтовых и межпластовых вод;
- существенные отличия в химическом составе водоемов в отдельных районах Брестского региона вызывает потребность в районированном гидрологическом картографировании;
- присутствие в питьевых водах ионов тяжелых металлов требует изучения источников загрязнения и их нейтрализации.

#### **Список использованных источников**

1. Вода питьевая. Методы анализа / Сб. Гос. стандартов. – М.: 1984. – 238 с.
2. Смоляр, В. И. Гипо- и гипермикрорезультаты / В.И. Смоляр. - Киев: Здоровье, 1989. – 152 с.
3. Воронков, М. Г. Кремний в живой природе / М. Г. Воронков, И. Г. Кузнецов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 160 с.

УДК 502.3:613.15

## **ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВБЛИЗИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Резько Н.А.**

*Учреждение образования «Брестский государственный университет  
им. А.С. Пушкина», г. Брест, РБ [Peter.rezko@tut.by](mailto:Peter.rezko@tut.by)*

The article highlights water and air pollution. The author gives examples of nature-conservative measures connecting air protection. In the article it is shown interaction of air protection and water sources.

### **Введение**

Благодаря научно-техническому прогрессу, человек, по образному выражению В.И. Вернадского, превратился в ведущую геологическую силу на планете

и по интенсивности воздействия на нее превосходит естественные факторы. Поэтому принципы противоборства человека с природой вызывают локальные и региональные экологические кризисы и ставят под угрозу существование человеческого общества.

Широкое развитие производства в любой отрасли народного хозяйства немислимо без внедрения принципиально новых подходов к природопользованию. Эти подходы связаны с разработкой инженерных основ природопользования, т.е. с инженерной экологией. Инженерная экология рассматривает влияние конкретной технологии, в зоне которой формируется новая функциональная система биогеоценозов с конкретной структурой, продуктивностью, санитарно-гигиеническими и другими параметрами, изменяющимися во времени и пространстве в соответствии с изменениями технологии и технологических средств.

В настоящее время к профессиональным задачам инженера добавляются задачи экологизации строительного производства и окружающей среды в зоне строящихся объектов:

- сохранение качества окружающей среды в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами;
- восстановление и планомерное повышение продуктивности сельскохозяйственных, водных и иных угодий, рекультивация нарушенных земель;
- обеспечение оптимального интенсивного развития промышленного и сельскохозяйственного производства в пределах застраиваемой и осваиваемой территории с учетом всей совокупности природных и народнохозяйственных интересов настоящих и будущих поколений.

### **Выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение водных объектов**

Вопросы сохранения экологически чистой окружающей среды включены в программы почти всех политических партий, возникло всемирное движение «зеленых».

Производство строительных материалов и изделий из них связано с пылеобразованием и выделением в ряде случаев углеводородов, сажи, сернистого газа, что приводит к загрязнению не только атмосферного воздуха, но и водных объектов. Значительными загрязнителями как атмосферы, так и водных объектов являются асфальтобетонные, известковые, цементные, деревообрабатывающие заводы, заводы по выпуску керамзита, товарной бетонной смеси и сборного железобетона, предприятия по добыче и переработке нерудных материалов и т.д.

Запыленность и загазованность атмосферы, тепловое загрязнение приводит к изменению уровня радиации, выпадению осадков (дождя и снега), таяния снега, уровней относительной влажности, температуры воздуха, ветрового режима, т.е. к созданию новых, отличных от естественных климатических условий на урбанизированной территории и загрязнению водоёмов. Неблагоприятно воздействует на организм человека и изменение химического состава воды и воздуха, содержание в них повышенных концентраций загрязняющих веществ.

Загрязнение воздуха, воды и почвы – результат промышленного производства, работы транспорта, а также образующихся коммунально-бытовых отходов. Их количество в современном городе постоянно растет и в настоящее время состав-

ляет 1,5 – 2,5 кг твердых отходов и до 8 л жидких на каждого человека в день. В этих отходах содержатся такие токсические вещества, как моющие и другие составы, требующие для своего разбавления большого количества чистой воды. Воздействие урбанизированных территорий на окружающую природу и само качество среды на этой территории определяется в первую очередь решениями, заложенными при проектировании, затем соответственно качеством исполнения и далее – условиями эксплуатации объектов.

При проектировании определяется будущий характер взаимоотношений проектируемого объекта и окружающей природной среды. Можно составить проект объекта таким, чтобы его существование и деятельность не наносили ущерба окружающей среде – воздуху, воде, почве, флоре и фауне, но можно и так, что в результате его эксплуатации будет нанесен ущерб природе, для восстановления которого потребуются большие затраты сил, времени и средств.

Следовательно, степень экологической обоснованности и продуманных проектов во многом определяет не только будущее состояние окружающей среды, но и величины будущих общественно необходимых затрат труда и средств на восстановление нарушенных природных условий.

Для проведения в жизнь государственной экологической политики необходима гармонизация взаимоотношений человека и природы, предполагающая формирование экологического мышления у всех слоев населения, руководителей всех рангов и специалистов различных отраслей народного хозяйства.

Осуществить эти задачи можно только при наличии доступной, своевременной и объективной экологической информации о состоянии окружающей среды, ее изменениях под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Согласно статистическим данным, полученным с использованием удельных показателей выбросов по обобщенным группам мобильных источников, работающих с использованием бензина, дизельного топлива, сжатого и сжиженного газа, керосина и авиационного бензина, а также данным об объемах израсходованного топлива в 2008 году валовые выбросы в Республике Беларусь составили 1200,6 тыс. т, в том числе в Брестской области 180,0 тыс. тонн [2, с. 28].

С мобильными источниками связаны выбросы высокотоксичного бенз(а)пирена. В 2008 году выброс его составил 1 тонну. Выбросы свинца от автотранспорта отсутствуют, так как этилированный бензин в Республике Беларусь не используется.

Валовые выбросы от стационарных и мобильных источников в 2008 году составили по РБ 1596,6 тыс. тонн (75,25 % от мобильных источников и 24,8 % от стационарных), в том числе по Брестской области 208,2 тыс. тонн.

В Брестской области проводится большая работа по снижению загрязнения атмосферного воздуха. В частности, Брестское отделение Белорусской железной дороги разработало ряд мероприятий по охране атмосферного воздуха окружающей среды (табл. 1).

**Таблица 1 – Мероприятия по охране атмосферного воздуха на 2010 год**

Наименование мероприятий	Затраты на разработку и внедрение мероприятий (тыс. руб.)
Перевод автомобилей на газ	Снижение выбросов (1000,0)
Установка солнечного коллектора на котельной г. Брест, г. Жабинка	Снижение расхода топлива, выбросов в атмосферный воздух (40 600,0)
Реконструкция котельной ул. Боброва, 8/1 с заменой неэкономных котлов с низким КПД на более эффективные	Снижение расхода топлива, выбросов в атмосферный воздух (98 000,0)
Замена котлов ДЕ на VISSMAN в депо Брест-Восточный	Снижение выбросов (73 872,0)
Использование лакокрасочных материалов с низким содержанием НМЛОС при покраске тепловозов	Удельное снижение выбросов на 10 % на 1 тонну лакокрасочных материалов (22 346,0)
Приобретение газоанализаторов для контроля выбросов в дымовых газах котельных локомотивного депо	Снижение выбросов при сжигании топлива (18 805,0)
Замена паровых котлов котельной Брест-Полесский вагонного депо на водогрейные	Снижение выбросов загрязняющих веществ на 10 %
Модернизация системы вытяжной вентиляции на ПТО Брест-Полесский	Снижение выбросов загрязняющих веществ
Строительство котельной на местных видах топлива п/у БГТЛ Брест-Северный	Снижение выбросов загрязняющих веществ

Кроме того, в 2008 году уже выполнен ряд природоохранных мероприятий (табл. 2).

**Таблица 2 – Выполнение природоохранных мероприятий за 2008 год**

Наименование объекта, предприятия, наименования мероприятий	Снижение выбросов	
	вещество	т/год
1	2	3
<b>Дистанция гражданских сооружений Бел. ж. д.</b> Перевод 1 а/м на газовое топливо		0,01
<b>Локомотивное депо Бел. ж. д.</b> Использование лакокрасочных материалов с низким содержанием ЛОС при покраске тепловозов	ЛОС	10 % на 1 т ЛКМ
<b>Мехдистанция Бел. ж. д.</b> Совершенствование аспирационной системы деревообрабатывающего цеха на участке Брест-Северный	Пыль древ.	На 60 %
<b>Дистанция пути Бел. ж. д.</b> Установка циклона Ц-450 Ц-600 в цех распиловки шпал	Пыль древ.	0,2
<b>СП ОАО «Брестгазоаппарат»</b> Установка агрегатов ПУА на НФС в ЭмЦ, ТрЦ, ЭнЦ Замена эмали В.ФЛ-1199 на В-МЛ-1167 на участке покраски МГЦ Внедрение ГОУ на резьбонакатном станке МГЦ	Пыль Ксилол аммиак Масло мин.	0,12 1,58 0,14 0,02
<b>ОАО «Брестхлебопродукт»</b> Замена 4 циклонов-разгрузителей ЦР на У2-БЦР в размольном отделении мельницы (пневмотранспортные сети № 1) Реконструкция котельной с заменой котлов и газового оборудования	Пыль мучная	0,01 2,43
<b>СООО «Брестская строительная компания»</b> Замена АСУ ДС 185657 на АСУ ДС 168637 с фильтрующими элементами	ТВ. Част.	12,0

Как видим, определенные мероприятия дают существенный эффект.

Вопрос о воздействии человека на атмосферу и водные объекты находится в центре внимания специалистов и экологов всего мира. И это не случайно, так как крупнейшие глобальные экологические проблемы современности – «парниковый эффект», нарушение озонового слоя, выпадение кислотных дождей, связаны с антропогенным загрязнением атмосферы [1, с. 10].

Таким образом, за последние годы в области охраны атмосферного воздуха окружающей среды достигнуты определенные успехи по созданию и совершенствованию новых высокопроизводительных технологий, что позволяет в короткие сроки апробировать практикой и получить массовое внедрение этих технологий в производство.

#### **Список использованных источников**

1. Кудиненко А.Д. Экологические основы архитектурного проектирования / А.Д. Кудиненко. – Брест. Издательство БГТУ, 2003. – 110 с.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. Бюллетень 2008 / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2009. – 406 с.

УДК 626.8:631.43

### **ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ ЗАБОЛОЧЕННЫХ МАССИВОВ СО СЛОЖНОЙ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРОЙ**

***Стельмашук С.С., Водчиц Н.Н.***

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [shgtm@bstu.by](mailto:shgtm@bstu.by)*

The levelling of shallow-lying mineral-wedged peats tends to improve the physical and physicothermal properties of soils as well as positively effect the ground-water level coditious.

#### **Введение**

От эффективности использования и охраны мелиорированных земель во многом зависит экономическая, социальная и экологическая ситуация в стране.

В последние годы сократился уровень эксплуатации мелиоративных систем, происходит ухудшение состояния осушенных земель. На мелиоративных системах, построенных более 20 лет назад, продуктивность сельскохозяйственных земель снизилась на 30...50 процентов против проектной. В особом внимании нуждаются осушенные земли с высоким удельным весом торфяных почв и особенно мелкозалежных торфяников с наличием минеральных включений.

#### **Планировка мелкозалежных торфяников с наличием минеральных выклиниваний**

В составе осушенных сельскохозяйственных земель торфяные почвы занимают 901 тыс. гектаров. Около 70 процентов этих почв представлено маломощными торфяниками (до 1 метра) с наличием минеральных выклиниваний. Помимо почвенной пестроты, также заметна разница в микрорельефе, что создает

значительное различие почвенных режимов и, соответственно, влияет на рост и развитие растений и снижает продуктивность мелиорированных угодий в этих условиях.

Такие болотные массивы характеризуются неравномерностью уровня грунтовых вод, следствием которой является различный режим влажности на торфяниках и минеральных включениях.

Мозаичная структура почвенного покрова, более ускоренные темпы сработки торфа требуют особой технологии при освоении и сельскохозяйственном использовании этих земель. Общей чертой этой технологии является перемешивание торфяной почвы с минеральной с одновременным выравниванием поверхности.

Особенностью мелиорации этого вида земель является не только устройство осушительной сети, но и изменение характера поверхности осушаемых земель для создания оптимальных условий роста и развития сельскохозяйственных культур, которая должна включать выравнивание (планировку) поверхности и выравнивание по площади почвенных характеристик.

Опыты по пескованию торфяных почв в целях сохранения торфяно-болотных почв и улучшения их качества проводились многими исследователями. Пескование осушаемых болот практикуют во многих странах, особенно в Финляндии, ФРГ, Швеции, Голландии.

Обогащение торфяной почвы добавками минерального грунта увеличивает содержание в ней твердой фазы. В результате заметно изменяются водно-физические свойства торфа, повышаются плотность и плотность твердой фазы, снижаются полная влагоемкость и пористость.

Наиболее существенно изменяется плотность. Применение даже относительно небольших доз минерального грунта ( $200...300\text{м}^3/\text{га}$ ) вызывает увеличение плотности почвы в  $1,5...2,5$  раза, плотность твердой фазы увеличивается в  $1,2...1,4$  раза, пористость уменьшается на  $7...10\%$ . После внесения минерального грунта в дозах  $600...800\text{м}^3/\text{га}$  верхний слой торфяника по водно-физическим свойствам лишь незначительно отличается от минеральной почвы [1, 2].

При одинаковых дозах вносимого в торф грунта водно-физические свойства почвы разных болот могут заметно различаться. Это вызвано не только разными исходными свойствами торфов, но и разными химико-механическими показателями применяемого минерального грунта. Результаты зависят также от глубины и давности внесения, степени перемешивания и т.д. По этой причине в разных исследованиях торфяных почв, обогащенных одними и теми же дозами минерального грунта, приводятся нередко разные значения плотности, полной влагоемкости [3]. Наблюдения за динамикой объемной влажности торфяной почвы показывают, что в верхнем слое ( $0...15$ ), где торф перемешан с песком, влажность по отношению к контролю несколько снизилась.

На мелкозалежных торфяных почвах по варианту  $400\text{м}^3/\text{га}$  песка влажность слоя почвы  $0...10\text{см}$  была в среднем за вегетационный период ниже по отношению к контролю на  $5\%$ .

В опытах В.В. Калининой определялось влияние различных доз пескования ( $300$  и  $500\text{м}^3$  на  $1\text{га}$ ) на изменение режима влажности, плотности и других



свойств. На опытном участке в течение трех лет влажность почвы в ее опытах была ближе к оптимальной в вариантах с пескованием и не подвергалась резким колебаниям. На контрольном участке (без песка) влажность резко менялась за вегетационный период (от избытка влаги до острого ее недостатка). Так, при песковании  $500\text{ м}^3/\text{га}$  полная влагоемкость в слое  $0...20\text{ см}$  в течение трех лет исследований изменялась от 145,6 до 174,1%, при песковании  $300\text{ м}^3/\text{га}$  – от 181,1 до 214,8%, а на контроле, т.е. без внесения песка – от 327,1 до 338,3% от абсолютно сухой массы почвы.

В опытах, проведенных Новгородской ОМС (И.М. Бурматов, И.М. Емельянова, М.П. Петрова) получены аналогичные закономерности в режиме влажности почвы по отдельным вариантам пескования и глинования торфяника. В этом опыте наибольшее количество дней с близкой к оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы наблюдали в вариантах пескования и глинования дозами  $200...400\text{ м}^3/\text{га}$ . После внесения высоких доз песка ( $600...1500\text{ м}^3/\text{га}$ ) влажность почвы была заметно меньше, чем в остальных вариантах, т.е. имеющиеся данные весьма противоречивы [3].

Западины на полях препятствуют раннему севу сельскохозяйственных культур, мешают равномерному созреванию возделываемых культур и уборке урожая, снижается производительность сельскохозяйственных машин, затрудняется проведение осушительно-увлажнительных мероприятий.

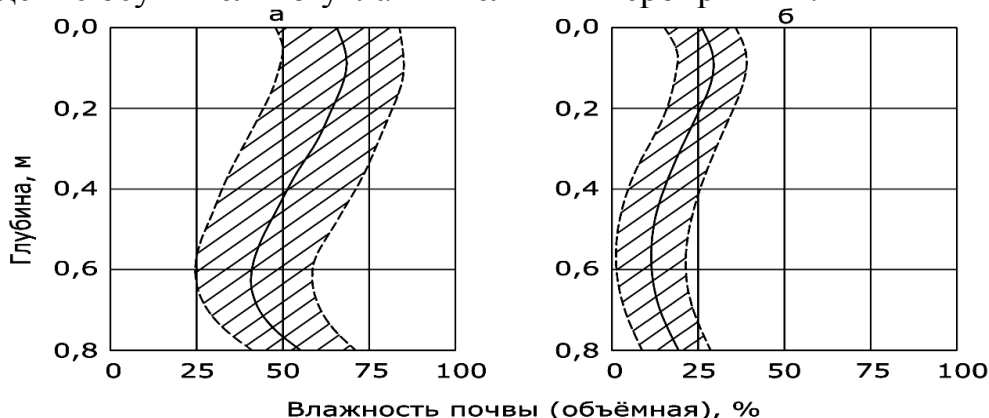


Рис. 1 Типичные профили влажности осреднённые за вегетационные периоды (IV-IX) на контрольных вариантах: а - торфяно-болотных почвах (понижение); б - минеральных почвах (повышение).

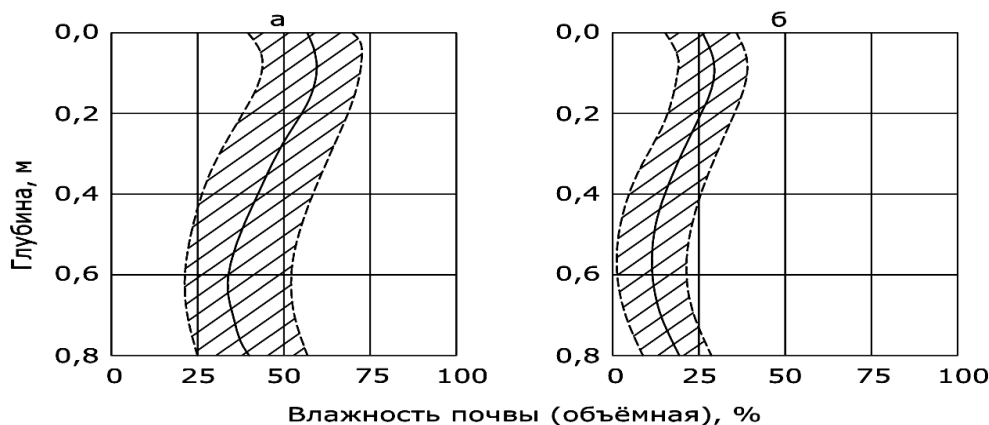


Рис. 2 Типичные профили влажности осреднённые за вегетационные периоды (IV-IX) на контрольных вариантах: а - торфяно-болотных почвах (понижение); б - минеральных

Искусственная ликвидация минеральных выклиниваний, устранение мелко-контурности полей обработки, перемещение минерального грунта на пониженные элементы рельефа (торфяники), изменение основных свойств почвы и ее режимов на массивах с естественным рельефом и на искусственно выравненном – все это представляет научное и практическое значение.

Нами исследовано влияние планировочных работ и выравнивания поверхности осушаемых заболоченных массивов со сложной почвенной структурой на водно-физические свойства почв.

Годы исследований (пять лет) существенно различались по погодным условиям. Так, вегетационный период первого года по осадкам был близким к среднемноголетней норме – количество осадков составило 444,6 мм, а обеспеченность – 44%; второй год – сухим (количество осадков 320,3 мм, обеспеченность – 80%); вегетационный период третьего года – влажный (количество осадков 517,2 мм, обеспеченность – 17%); четвертый год – среднезасушливый (количество осадков 363,2 мм, обеспеченность – 65%) и вегетационный период пятого года исследований был средневлажный (осадки составили 454,9 мм, обеспеченность – 35%).

На рис. 1 и рис. 2 представлена объемная влажность в процентах по глубине почвенного профиля торфяно-болотных почв (понижение), минеральных почв (повышение), а также спланированных торфяно-болотных и минеральных почв.

За время исследований объемная влажность торфяно-болотных почв (понижение) значительно отличалась от влажности минеральных почв (повышение) (рис. 1). Объемная влажность торфяно-болотных почв в слое 0...30 см за годы исследований изменялась от 48 до 78% от объема, в то время как влажность минеральных почв в этом слое изменялась от 16 до 45% от объема.

Изменялась объемная влажность как на спланированных торфяно-болотных почвах, так и на спланированных минеральных почвах (рис. 2). Влажность спланированных торфяно-болотных почв в слое 0...30 см за годы исследований изменялась от 37 до 73% от объема, в то время как влажность спланированных минеральных почв в этом же слое изменялась от 8 до 53% от объема.

**Вывод:** Таким образом, объемная влажность спланированных торфяно-болотных почв отличается от влажности неспланированных торфяников, а влажность неспланированных минеральных почв также отличается от влажности спланированных минеральных почв.

### Список использованных источников

1. Белковский, В.И. Влияние минеральных компонентов на водные свойства и влагозапасы торфяной почвы / В.И. Белковский, М.В. Загурский, Д.Б. Даутина // Мелиорация переувлажненных земель – Мн.: Ураджай, 1975. – № 23 – С. 147–154.
2. Стариков, Х.Н. Коренное улучшение торфяных почв минеральными добавками / Х.Н. Стариков, В.А. Шкаликов // Обзорная информация ЦБНТИ Минводхоз, 1978. – № 11.
3. Зубец, В.М. Осушение и водно-физические свойства торфа / В.М. Зубец, В.И. Дубрава // Мелиорация и проблемы органического вещества. – Мн.: БелНИИМиВХ, 1974. – С. 29–43.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ПОДАВЛЕНИЯ ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА

*Усачева Л.Н.<sup>1</sup>, Усачева К.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, [l.usachova@mail.ru](mailto:l.usachova@mail.ru)

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск, РБ

During the laboratory experiment on bulking suppression the dynamics of species diversity in activated sludge was discovered. Optimal conditions for increase in species quantity of investigated biocenosis from 5-7 to 13-14 were determined. Simultaneous replacement of indicator species was observed. In conditions of unit sewage load decrease and aeration increase the suppression of activated sludge bulking and biocenosis succession can be performed in 14 days' laboratory experiment.

### **Введение**

В настоящее время все большее внимание уделяется очистке сточных вод [1].

Особое значение имеет следующая за механической стадия биологической очистки. Она осуществляется с использованием специально культивированной для этих целей совокупности микроорганизмов под названием активный ил. Этот биоценоз уникален для отдельно взятых сооружений очистки и адаптирован к конкретному химическому составу поступающих сточных вод [2].

Несмотря на то, что организмы активного ила способны существовать в довольно широком диапазоне условий, в ряде случаев может произойти деградация биоценоза, что ведет к ухудшению качества очистки. Подобные изменения могут произойти по многим причинам: увеличение объема сточных вод, поступающих на очистку, изменение (часто скачкообразное) их химического состава, режима удельной нагрузки на ил, соотношения важнейших компонентов сточных вод, концентрации отдельных загрязняющих веществ, в том числе токсичных для микроорганизмов активного ила. Нередко подобные изменения приводят к сукцессии биоценоза ила в пользу более устойчивых при данных условиях видов и развитию так называемого процесса вспухания. При возникновении вспухания на смену флокулирующим бактериям чаще всего приходят нитчатые прокариоты. Такой тип вспухания называется нитчатым [3].

Нитчатое вспухание активного ила является актуальной проблемой для многих очистных сооружений, однако ее решение не может быть однозначным и нуждается в отработке методики в каждом конкретном случае [4].

В норме активный ил состоит на 90–95% по массе из особых флокулирующих бактерий. Они являются начальным звеном большинства цепей питания активного ила, расщепляют основную часть загрязнений, а также выполняют очень важную функцию хлопьеобразования. По количеству, размеру, форме и плотности хлопьев можно судить о численности флокулирующих бактерий, а также о степени развития биоценоза в целом. Как правило, в присутствии достаточного количества сформированных хлопьев в активном иле появляется большое раз-

нообразии питающихся ими эукариотических организмов. Так, например, существует множество видов, ведущих прикрепленный к хлопьям образ жизни. Как и в любой экосистеме, многие обитатели активного ила являются индикаторными и свидетельствуют об определенных нарушениях функционирования либо, напротив, удовлетворительном качестве очистки [5].

Целью работы являлось изучение динамики биоценоза вспухшего активного ила городских очистных сооружений в модельном эксперименте по подавлению процесса вспухания.

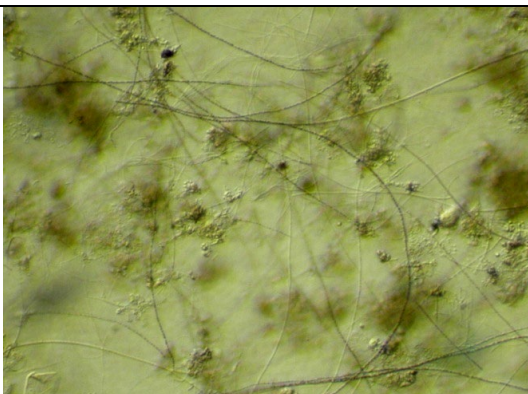
Изучение объектов проводили микроскопическим методом *ex tempore* [6].

### **Определение видового разнообразия гидробионтов**

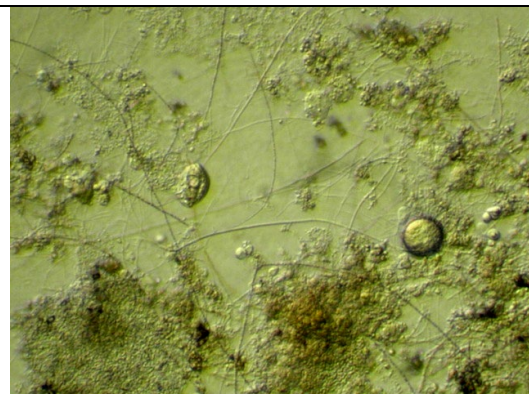
Анализ структуры хлопьев и видового разнообразия активного ила показал развитие процесса вспухания. Хлопья активного ила практически отсутствовали, были очень мелкими, прозрачными, причиной чего являлось значительное снижение численности флокулирующих бактерий. Инициаторами вспухания стали нитчатые бактерии, развившиеся в большом количестве и вытеснившие основные виды обитателей ила. Нитчатые формы были представлены 8 видами бактерий: *Thiothrix nivea*, *Eikelboom type 0961*, *type 1863*, *type 021N*, *type 1701*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Beggiatoa alba* и *Sphaerotilus natans*. Однако массовое развитие в данном биоценозе получили два вида – *Thiothrix nivea* и *Eikelboom type 0961* (рис. 1).

Эукариотические организмы насчитывали 4-6 видов в различных пробах активного ила. Все виды являлись индикаторами плохого качества очистки сточных вод. Были обнаружены бесцветные жгутиконосцы родов *Vodo* и *Oicomonas*, брюхоресничные инфузории *Aspidisca costata*, прикрепленные инфузории *Vorticella microstoma*, сосущие инфузории, раковинные амобы *Pamphagus hyalinum*, а также круглые черви рода *Nematoda*, присутствующие в единичных экземплярах. Преобладание в биоценозе *Vodo sp.* и *V. microstoma* свидетельствует об ухудшении работы очистных сооружений, позволяет говорить о перегрузке органическими веществами при недостатке кислорода [2].

Микроскопический анализ выявил также деградацию хлопьев ила. Они были мелкими, прозрачными, диспергированными. В то же время, отмечалось большое количество покоящихся форм организмов. В исследуемом вспухшем активном иле присутствовало много яиц и цист, которые являлись показателем ухудшения условий обитания гидробионтов (рис. 2).



*Рисунок 1 – Развитие нитчатых бактерий в активном иле (100x)*



*Рисунок 2 – Хлопья ила и циста в начале проведения эксперимента (100x)*

Численность наиболее часто встречаемых в активном иле видов организмов была использована для подсчета параметра, описывающего разнообразие и распределение видов в биоценозе – индекса *Cuba*. Для исследуемого активного ила он составил 7,23. Целая часть модифицированного индекса *Cuba* отражает видовое богатство присутствующих организмов – как видно, для исследуемого биоценоза оно невелико. Однако особенно важной характеристикой является дробная часть модифицированного индекса *Cuba* ( $\{D_m\}$ ), которая показывает равномерность распределения численности организмов по всем видам [2]. Значение дробной части составило 0,23 и приближалось к критической отметке 0,2. Это позволило оценить биоценоз ила как разрушающийся, близкий к деградированному состоянию, в котором доминировали лишь два вида организмов – нитчатые бактерии *Thiothrix nivea* и *Eikelboom type 0961*, не обеспечивающие достаточный уровень очистки сточных вод.

Для восстановления биоценоза активного ила был проведен лабораторный эксперимент с использованием оригинальной опытной установки, в которой культивировали иловую смесь в условиях сниженной нагрузки сточными водами и повышенного содержания растворенного кислорода [7]. Изменения состояния активного ила регистрировались на 4, 6, 14, 17 и 25 сутки проведения опыта. В качестве контроля использовали возвратный активный ил, поступающий в аэротенки.

В результате микроскопического анализа было установлено, что в иловой смеси опытных сосудов начался процесс снижения численности нитчатых бактерий, вызвавших вспухание ила: серобактерий *Thiothrix* стало меньше в 2,8...11,6 раза по сравнению с начальным этапом исследования; бактерий типа 0961 – в 8,4...16,3 раза. На 4 сутки проведения опыта исчезли все малочисленные виды нитчатых прокариот, после 6 суток культивирования филаменты *Eikelboom type 0961* были полностью вытеснены из биоценоза, а численность *Thiothrix nivea* снизилась с 5000...11000 до 70...150 нитей в 1 г абсолютно сухого илового осадка. В таком количестве эти бактерии опасности не представляют.

В течение всего периода испытаний в исследуемой иловой смеси происходило повышение численности флокулирующих бактерий и, как следствие, формирование и уплотнение иловых хлопьев. Они приобрели нормальную структуру к 14 суткам опыта. Хлопья имели размеры в среднем от 40 до 120 мкм, были достаточно плотными и хорошо сформированными. Такие хлопья уже способны удерживать колониальные формы гидробионтов.

Благодаря восстановлению начального звена пищевых цепей произошло довольно быстрое повышение численности и разнообразия эукариотических организмов. Об улучшении условий их существования можно было судить в первые же сутки проведения эксперимента по уменьшению количества покоящихся форм, за чем последовало стремительное развитие видового состава биоценоза. Уже на 4 сутки в разных модельных сосудах насчитывалось 10–12 видов гидробионтов. После двухнедельного культивирования видовое разнообразие достигло 14.

В режиме повышенной аэрации заметно снизилось по сравнению с начальным уровнем количество бесцветных жгутиконосцев – в 2,5...5,4 раза. Вместе с тем, появились *Vorticella convalaria*, *Epistylis plicatilis*, *Opercularia coarctata*, *Zoogloea ramigera*, коловратки родов *Notommata*, *Rotaria*, *Lecane*. К концу опыта были отмечены свободноплавающие формы *Paramecium caudatum*, раковинные амёбы *Arcella vulgaris*, а также малощетинковые черви *Aelosoma* (рис. 3).



Интересно отметить, что в каждом из опытных сосудов, в зависимости от созданных условий, формировался свой биоценоз, несмотря на использование общей исходной смеси активного ила.

Дробная часть индекса Сuба для экспериментальной иловой смеси превысила 0,6, что свидетельствовало о стабилизации распределения численности изучаемого биоценоза по видам и его адаптации к химическому составу очищаемых сточных вод.

За время проведения эксперимента видовое разнообразие контрольного активного ила не изменилось, в частности, преобладающими организмами остались нитчатые бактерии, а дробная часть индекса Сuба по-прежнему имела значения, близкие к критическому.

Таким образом, в результате проведенного эксперимента показана положительная динамика видового состава гидробионтов активного ила с 4-6 до 13-14 видов. Произошла смена качественного состава микроорганизмов при одновременном увеличении их численности. В условиях снижения удельной нагрузки сточных вод и повышения аэрации процесс подавления вспухания активного ила и смена биоценоза в лабораторных условиях может произойти в течение 14 суток.

### Список использованных источников

1. Яромский, В.Н. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий / В.Н. Яромский. – Минск: Издательский центр БГУ, 2009. – 171 с.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Jenkins, D. Manual on Cases and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming / D. Jenkins, M. Richard, G. Daigger. – Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1993. – 2nd ed. – 191 с.
4. Шевченко, В.С. Опыт борьбы с вспуханием активного ила / В.С. Шевченко, А.П. Шевченко // Водоснабжение и санитарная техника, 2005. – № 2, Ч. 2. – С. 24–29.
5. Фауна аэротенков (Атлас) / Под ред. Л.А. Кутиковой. – Л.: Наука, 1984. – 264 с.
6. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. – Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
7. Usachova, K. The development and manufacturing application of the methods of activated sludge quality regeneration / K. Usachova // The Material of 16 International Environmental Project Olympiad, Turkey, Istanbul, 1–4 June 2008 г. – Istanbul, 2008. – P. 55.



## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННЫЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СЛОЖНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Халецкий В.А., Тур Э.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, chalecki@inbox.ru*

Water-borne paints for different type of mineral surfaces offer great interest due to their high exploitation properties and extremely low content of volatile organic compounds. The recipe of water-borne paint based on styrene-acrylic copolymeric dispersion for cement tile and roofing slate was elaborated by the authors. Paint performs high water resistance, good adhesion and excellent convenience for application.

### Введение

Традиционно состав атмосферостойких лакокрасочных материалов (красок, лаков, грунтовок) было невозможно представить без органических растворителей, прежде всего уайт-спирита, ксилола, толуола. Наличие их в рецептуре приводит к тому, что при проведении окрасочных работ требуются специальные мероприятия по охране труда (вентиляция помещений, использование респираторов) [1, с. 57-64]. Такие меры предосторожности обусловлены способностью растворителей вызывать острое и хроническое отравление, сопровождающееся раздражением слизистых оболочек, головной болью, головокружением, слабостью, раздражительностью, отсутствием аппетита [2, с. 66-75, 98-101, 106-107]. Экологические и санитарно-токсикологические требования к содержанию уайт-спирита, ксилола, толуола в атмосферном воздухе, согласно требованиям технических нормативных правовых актов, действующих в Беларуси [3, 4] приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Экологические и санитарно-гигиенические требования к пространственным органическим растворителям в составе ЛКМ**

Растворитель	Класс опасности	Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест, мкг/м <sup>3</sup>			Предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов, мг/см <sup>2</sup>
		Макс.	Среднесут.	Среднегод.	
Уайт-спирит	4	1000	400	100	–
Толуол	3	600	300	100	0,05
Ксилол	3	200	100	20	1,75

Однако последнее десятилетие ознаменовалось широкой экспансией водно-дисперсионных лакокрасочных материалов (ВД ЛКМ) на рынке строительных материалов Беларуси. Данные материалы содержат пленкообразователь не в форме раствора полимера в органическом растворителе, а в виде водной полимерной дисперсии. Первоначально они воспринимались потребителем как

краски низкого качества, имеющие малый срок эксплуатации. Однако в последние годы ситуация начала изменяться, высокие потребительские свойства последних поколений водных красок увеличили лояльность потребителей к таким материалам.

Связующим в современных ВД ЛКМ выступают полиакрилаты, сополимеры полиакрилатов и стирола, сополимеры винилверсататов и этилена, полиуретаны и другие малореакционноспособные полимеры. Это позволяет многократно увеличить срок службы лакокрасочных покрытий. Кроме того, применение широкого комплекса функциональных добавок (пеногасителей, реологических добавок, смачивателей, диспергаторов, коалесцентов, плёночных и внутритарных консервантов и др.) в значительной степени изменяет технологические и эксплуатационные характеристики лакокрасочного материала, облегчая его нанесение и увеличивая прочностные свойства покрытия. Благодаря всему этому, водные краски начинают применяться в тех областях строительной промышленности, где ранее их использование казалось невозможным, например, для окраски металла, древесины или сложных минеральных субстратов [5, с. 48-79; 6, с. 261-266; 7, с. 159-169, 8].

Целью исследования, проведённого авторами, была разработка рецептуры ВД ЛКМ для окраски листов асбестоцементных (шифера) и цементно-песчаной черепицы, а также исследование свойств полученного покрытия.

#### **Методика изготовления и исследования свойств полученных ВД ЛКМ и покрытий на их основе**

Изготовление пробных замесов краски осуществлялось с помощью лабораторного диссольвера в полимерной ёмкости в две стадии. Первоначально был изготовлен полуфабрикат, представляющий собой композицию на основе минеральных наполнителей, функциональных добавок и части полимерного связующего. На данной стадии скорость вращения фрезы диссольвера составляла 800 об/мин. Примерная рецептура полуфабриката ВД ЛКМ представлена в табл. 2. Расчетная объёмная концентрация пигмента (ОКП) в полуфабрикате составляет 54%.

На второй стадии изготовления краски в полученный полуфабрикат вводили оставшуюся часть плёнкообразователя (26,33 масс.%), пигментную препаративную (7,95 масс.%) и регулировали вязкость путём введения полиакрилового загустителя. Для того, чтобы полученное лакокрасочное покрытие было эластичным при низких температурах в рецептуре использовалась смесь двух плёнкообразователей одинаковой химической природы (водная дисперсия сополимера полиакрилатов и стирола), но имеющие разные показатели относительного удлинения полимерной пленки при разрыве (умеренно «жёсткая» дисперсия с удлинением 300% и «мягкая» дисперсия с удлинением 1000%). Умеренно «жёсткую» и «мягкую» дисперсию брали в соотношении 6 : 1. Увеличивать долю мягкого полимера не имело смысла, поскольку при этом покрытие приобретает остаточную липкость, что крайне нежелательно при высоких температурах эксплуатации в летний период, а также по экономическим соображениям, поскольку стоимость «мягкой» дисперсии значительно больше.



Тонирование краски осуществлялось введением полимерных препаратов, изготовленных на основе неорганических железоксидных пигментов (P.R. 101, P.Bk. 11, P.Br. 6) и оксида хрома (P.G. 170). Данные пигменты были выбраны в силу их высоких эксплуатационных характеристик: высокой светостойкости и атмосферостойкости, а также устойчивости к щелочным основаниям.

**Таблица 2 – Примерная рецептура полуфабриката ВД ЛКМ для окраски минеральных поверхностей**

№	Наименование компонента	Содержание, масс. %
1.	Вода	38,30
2.	Кальцит (мраморный порошок), фракция 2 мкм	16,39
3.	Кальцит (мраморный порошок), фракция 5 мкм	27,60
4.	Полимерный плёнкообразователь (водная дисперсия сополимера полиакрилатов и стирола)	13,80
5.	Гидроксиметилцеллюлоза (реологическая добавка)	0,52
6.	Полиакриловый загуститель (реологическая добавка)	0,17
7.	Коалесцент (Dalpad Filmer™, Dow Chemical Europe)	1,21
8.	40%-ный водный раствор полиакрилата натрия (диспергатор)	0,31
9.	Эмульсия силиконового масла (пеногаситель)	0,28
10.	Тарный консервант	0,48
11.	Плёночный консервант	0,62
12.	Полифосфат натрия (умягчитель воды)	0,31
13.	Аммиак (регулятор кислотности)	0,02

Авторами было проведено исследование полученной ВД ЛКМ, причём была исследована как сама краска, так и покрытие на её основе. Методики испытаний соответствовали действующим в лакокрасочной отрасли техническим нормативным правовым актам. Динамическая вязкость по Брукфилду определялась на 20 об./мин. при 20°C с помощью шпинделя № 05 на ротационном вискозиметре модели RVDV-E производства Brookfield Engineering Inc. Вязкость по ICI определялась на 750 об./мин. при 23°C на вискозиметре типа «конус-плита», модели CPD 2000 D1LT, производства Research Equipment London. Результаты исследования представлены в табл. 3.

### **Выводы и заключение**

Результаты испытаний показали, что разработанное лакокрасочное покрытие обладает всем комплексом требуемых эксплуатационных свойств (стойкость к статическому воздействию воды, время высыхания и др.).

Высокое качество краски было подтверждено ускоренными климатическими испытаниями в лаборатории строительной химии БелНИИС (г.Минск). Стойкость покрытия к воздействию климатических факторов по ГОСТ 9.401 составила более 100 циклов, что соответствует 10 условным годам эксплуатации покрытия в условиях умеренного климата. После испытания на лакокрасочном покрытии отсутствовали пузыри и сморщивание, не происходило отслаивание покрытия от подложки.

Проведённые в НИИ ПБ и ЧС МЧС РБ (г.Минск) испытания показали, что разработанная краска также имеет высокие показатели пожарной безопасности.

Установлено, что полученное лакокрасочное покрытие относится к группе горючести Г1 (по ГОСТ 30244) и группе воспламеняемости (по ГОСТ 30402), что полностью соответствует требованиям, предъявляемым к фасадным краскам.

**Таблица 3 – Характеристика разработанной ВД ЛКМ для окраски минеральных поверхностей**

№	Наименование показателя	Метод испытания	Фактическое значение
1.	Внешний вид покрытия	ГОСТ 28196	Ровная и однородная матовая поверхность
2.	Массовая доля нелетучих веществ, %	ГОСТ 17537	52,0
3.	Водородный показатель, рН	ГОСТ 28196	8,5
4.	Укрывистость высушенной пленки, г/м <sup>2</sup>	ГОСТ 8784	150
5.	Степень перетира, мкм	ГОСТ 6589	25
6.	Стойкость покрытия к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С, ч	ГОСТ 9.403	Не менее 90
7.	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2)°С, ч	ГОСТ 19007	Не более 1
8.	Вязкость краски по Брукфилду, 20 об./мин., сП		8000
9.	Вязкость краски по ICI, 750 об./мин., сП		120

Таким образом, разработанная краска в полной мере может служить качественной экологически полноценной альтернативой органорастворимым ЛКМ, которые до сих пор применяются для окраски таких сложных поверхностей как асбестоцементные листы и цементно-песчаная черепица.

#### Список использованных источников

1. Безопасность труда при производстве окрасочных работ: практ. пос. / Сост. А. В. Семич. – Минск: ЦОТЖ, 2003. – 87 с.
2. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей: в 3 т. / Под ред. засл. деят. науки проф. Н. В. Лазарева и докт. мед. наук Э. Н. Левиной. – Изд. 7-е, пер. и доп. – Том I. Органические вещества. – Л.: Химия, 1976. – 592 с.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест. ГН 2.1.6.12-46-2005 – Введ. 01.05.2006 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2006. – 190 с.
4. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы – Введ. 01.07.2009 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2009. – 146 с.
5. Schwarz, M. Waterbased Acrylates for Decorative Coatings / M. Schwarz, R. Baumstark. – Hannover: Vincentz Verlag, 2001. – 282 p.
6. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
7. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
8. Khaletzky, V. Novel Roof Coatings Based on Styrene-Acrylic Copolymeric Dispersions / V. Khaletzky // Chemistry 2001: 5<sup>th</sup> National Lithuanian Conference, Vilnius, September 27, 2001. / Institute of Chemistry, Vilnius University, Lithuanian Chemical Society. – Vilnius, 2001. – P.124.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ: НОРМАТИВНО-ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ВЗАИМОСВЯЗИ**

**Ценаев С.П.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, cenaevsp@tut.by*

Ecological knowledge and ecological programs are interrelated and contain norms and institutions. Contemporary society produces risks. Inconsistency of interests, norms and institutions are basis of risk. Ecological knowledge is the basis of ecological programm.

### **Введение**

Сформировалось немало теорий, объясняющих причины экологического кризиса и соответственно значительное количество идей и программ изменения схемы управления социально-природными системами. Нормативность экологических программ базируется на потребностях и интересах, поэтому институциональная интерпретация объекта оказывается первичной в сложных системах, где одной из сторон остается субъект с его интересами, а реакция общества, его институтов на появление и распространение рисков, формирующихся в ходе социальных изменений, угрожающих жизни общества и жизни природы, к настоящему времени оказалась в центре внимания.

### **Экологическое знание и экологические программы (нормативно-институциональная взаимосвязь)**

Нормативно (институционально) оформленная экологическая программа должна определять оптимальную с позиций интересов общества форму его производственных и воспроизводственных процессов, но их содержание приобретает смысл, если ясна перспектива развития общества. Признания в качестве исходных принципов основных императивов коэволюции недостаточно, последняя должна быть раскрыта через иерархию, порядок, системную сложность реально имеющихся возможностей развития социоприродных систем.

Необходимо отметить, что современное социальное знание преимущественно развивается в рамках методологий, требующих исключения из схемы объяснения естественно-природных факторов, а само «социальное» интерпретируется на основе фундаментальных принципов, сформулированных зачастую априорно-аксиоматическим образом.

Человеческая общность объясняется как нечто независимое от системы экологических закономерностей, влияния и императивов окружающей (природной) среды, а характер экологических императивов к ресурсному самоограничению зависит как от позиции их носителя, так и соответствующего социально-политического контекста. В массовом сознании появляется представление о допустимости риска. Главный источник рисков в трансформирующемся обществе — императив противопоставления социального природному, детерминирующий всеобщую подчиненность человека множеству отчужденных от него систем.

Специфика социальных феноменов, являющихся предметом экологического знания, определяется неспособностью человека к восприятию в действительном масштабе времени динамики и характеристик окружающей природной среды, включающих многие принципиально важные для человека экологические процессы. Экологические нормативные ограничения проникают в сознание и практику медленно, а риски осознаются уже после экологических катастроф. Критическое состояние социальной экосистемы наступает тогда, когда производство рисков становится определяющим в социальном производстве, сопровождающееся соответствующей трансформацией социальных институтов и норм.

Настоятельна необходимость реальных шагов по формированию социоэкологической системы, включающей природную, социально-экологическую и социально-экономическую подсистемы. Важным в этом процессе является формирование соответствующей парадигмы экологического знания, которое императивно и отражает процессы, характеризующиеся насущностью. Это сознание природно-детерминированной обеспокоенности.

Реакция на экологические проблемы носит опосредованный и отдаленный во времени характер, ее порождает не сама экологическая проблема, а ее общественно значимые последствия. Поэтому состояние социально экологической напряженности выступает критерием степени остроты социально-экологических процессов.

В последние годы произошел сдвиг от «технологической» риск-рефлексивности в сторону социальной и политической интерпретации проблемы. Сбои в нормативных системах имманентно содержат в себе риски в нераскрытом виде, в качестве подчиненного момента или косвенного результата. Грань между нормой и отклонением становится все более относительной, более того, при легитимности отклонений понятие риска теряет свой смысл и значение. Кризис есть реализация рисков, это состояние общества, риск же – процессуальная характеристика деятельности.

Однако у социума есть некоторый запас «нормативной устойчивости», позволяющий накапливать риски без изменения системы норм и институтов, хотя в настоящее время объемы рисков в социально-экологической сфере возрастают, а ее нормативная устойчивость уменьшается. Система норм и институтов перестала сдерживать риски. Более того, она стала их провоцировать, влияние старых и формирование новых институционально рискогенных систем стало усиливаться. Справедливо утверждение, что общество не только модернизируется, но и демодернизируется, последнее сопровождается актуализацией соответствующих институциональных структур.

Трансформация сопровождается активностью по сдерживанию процессов дезинтеграции за счет традиционализации нормативных и институциональных структур. Девиантные, отклоняющиеся системы стали подчинять своим интересам те структуры, которые сохранились от прежних времен, используя ресурсы, доставшиеся в ходе модернизации.

Уменьшается культурный ресурс, требуемый для адаптации к изменившимся условиям существования социума. Поэтому способность общества к риск-рефлексии становится ресурсом самосохранения и выживания, а это требует системной институционализации риск-рефлексии, перехода к взаимным, нормативно закрепленным самоограничениям, поскольку налицо дестабилизация некоторого всеобщего основания самосохраняющего поведения человека. В обществе всеобщего риска – равновесие смещается в сторону производства рисков, поэтому ценность производимых благ становится сомнительной.

Разумеется, сознание социальных субъектов сопротивляется принятию актуальности проблемы риска. Для нормативной системы принятие «риск- императива» означает базисные преобразования, а значит системные институционные изменения, чего в настоящее время не происходит, и не отражается в экологических программах. Последние адекватно раскрывают свою нормативную структуру только в контексте всех социальных параметров своего оформления.

Социальный контекст нормативности экологического знания не позволяет использовать жесткие логики (формальные логические системы) в построении экологических программ, а требует неформальных «мягких» логик, где упор делается не на исходные принципы, а на выявление возможностей реализации поставленных задач.

Требование такого подхода объясняется тем, что соотношение социальных сил в каждом конкретном случае специфично, характеристика этих сил и содержание их интересов не имеет жесткой линейной детерминации, исходящей только из одного основания. Поэтому трансформация принципов и значений в систему норм и правил распадается на противоречащие друг другу уровни.

Сложность проблемных ситуаций, фиксируемых нормативным аспектом экологического знания, приводит к значительному разнообразию познавательных нормативных моделей. Целостный характер проблемных ситуаций в социоприродных системах требует искать соответствующие средства теоретического осмысления и такие способы ее нормативного представления, чтобы стало возможным практическое использование системы норм для построения эффективных механизмов регулирования в социоприродных системах.

Парадигма выражает в своем содержании остроту социальных проблем, определяет систему императивов, т.е. правил и норм, обеспечивающих взаимосвязи в социальных системах. Она необходима для репродукционирования всех пластов культуры и служит легитимизации институтов общества.

Фундаментальность экологического знания не сводится к фундаментальности естественно-научных знаний, а выходит на мировоззренческий уровень, это касается и его нормативного содержания. Целостная фундаментальная концепция, отражающая социоприродный процесс, возникает не в ходе дедуцирования положений из неких установок, которые детерминированы нормативными системами большего уровня общности, а как итог обобщений накопленного опыта решения конкретных социально-экологических задач, причем данный опыт возникает вследствие реализации определенных интересов, соотношение которых зафиксировано в норме.

Экологическое знание и соответствующие программы природоохранной деятельности возникают как результат потребности социума целенаправленно изменять природную среду с тем, чтобы сохранить и развить органическое единство между природой и обществом.

Прикладные нормативные экологические модели должны быть просты с точки зрения их применения, адекватность реальному положению вещей должна обеспечиваться непосредственным включением эмпирически определяемых коэффициентов, зависимостей, статистических совокупностей и т.д. Поэтому необходимо найти способы нормативной декомпозиции сложной экологической ситуации на систему более простых моделей, для реализации которых имеются эффективные и надежные алгоритмы.

Необходимо учитывать, что в процессе реализации экологических программ возникает потребность определения роли и значения каждой отраслевой задачи всего программного комплекса. Это достижимо тогда, когда входящие в программу задачи представлены некоторой системой нормативно формализованных моделей, в полной мере отражающих интересующую нас социально-экологическую проблемную ситуацию, при этом задать нормативные взаимосвязи между отдельными задачами программы – значит упорядочить экологическое знание в определенную систему, которая выступает как знание, включающее в себя: сложившиеся представления о нормативной стороне процессов взаимодействия общества и природы и представления о целесообразной нормативной организации самой человеческой деятельности, ориентированной на определенный класс целей.

Поэтому экологическую программу следует строить как модель функционального синтеза, а всякую теоретическую интерпретацию социально-экологической проблемы необходимо рассматривать как модель, которая определяет конкретную программу решения упомянутой задачи.

Уровень экологических обобщений и, соответственно, степень общности практических задач зависит от масштабов функционального моделирования (и соответственно масштабов нормативного выражения), а их глубина — от степени детализации моделей и конкретизации нормативных схем. В зависимости от уровня и глубины моделирования социально-экологических систем изменяются требования к масштабам и глубине функционального синтеза экологических знаний. Этим сложности не исчерпываются, необходимо найти механизмы согласования несопадающих масштабов нормативности и противоречивости институционального выражения.

По мере углубления экологического знания исходные глобальные модели разветвляются в систему моделей. Отдельные их части перестают быть элементарными функциональными блоками и преобразуются в довольно сложные модели, требующие для своего построения более конкретной информации, возникает иерархия моделей знания и соответствующего экологического поведения, выражающая иерархию социально-экологических проблем и способы их видения.

Конкретная структура экологической программы, а следовательно, процедура конструирования экологического знания как ее основания и соответствующего институционального оформления зависит от способов выделения проблем и задач, за которыми скрываются интересы.

Экологическая программа формируется как система подпрограмм, каждая из которых отвечает определенному территориальному уровню. На всех уровнях программы должно предусматриваться построение комплексных нормативных моделей окружающей среды, включающих определение основных параметров хозяйственной деятельности моделируемого уровня и параметры, описывающие состояние соответствующего этому уровню природного комплекса, что дает возможность адекватно ставить вопрос о качестве среды, т.е. региональном показателе экологического благополучия, поэтому модель должна ориентироваться на максимизацию качества окружающей среды при соблюдении ограничений по затратам. Эти ограничения должны быть получены на основе анализа нормативных моделей, определяющих экономическое развитие региона.

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ И УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОСИСТЕМ И БИОСФЕРНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ

*Шведовский П.В., Волчек А.А., Шведовская Д.В.\**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, ofig@bstu.by*

*\*УО «Лицей № 1», г. Брест, РБ*

### ABSTRACT

The features of forecasting of catastrophic changes in water-resource systems and opportunity of management by them are considered. Are in details analyzed both possible groups of the decisions, and applicability of the existing mathematical theories to the decision of prognosis tasks. Is marked, that most authentic can be only prognosis models basing on the theory of indistinct processes, which basis on the theories of indistinct sets and measures.

### Введение

Анализ накопленного к настоящему времени опыта организации и управления оптимально функционирующих экосистем [1, 2, 3, 4] обуславливает значимость принципов уникальности, максимального биоразнообразия, репрезентативности, взаимодополняемости, адекватности, равновесия и социально-экономической выгоды, для обеспечения сохранности их продуктивности, регенерирующей способности, биоразнообразия и потенциала для выполнения в настоящем и будущем экологических и социально-экономических функций на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Любая эволюция экосистем (от природных до антропогенизированных), в соответствии с генетической структурой [2], включает в себя четыре элемента иерархического уровня - ключевые «ядра» (полюс концентрации экотехсистем, агроэкосистем и антропогенных нагрузок и полюс концентрации экосистем), транспортные коридоры (антропогенная сеть - сельскохозяйственное производство, природопользование, население и промышленное производство), буферные зоны (компенсационно-ресурсная сеть) и территории экологической адаптации (экологическая сеть — климат, флора, фауна и ландшафт) - которые, в основном, и формируют экологический каркас.

А так как любые техногенные воздействия в той или иной мере оказывают влияние на экологическую устойчивость, то знание критических уровней воздействия является важнейшим этапом как при разработке проектов природообустройства, так и использования биосферных ресурсов.

Вместе с тем известно, что даже для простейшей луговой экосистемы площадью до 10 га характерны не менее двух тысяч значимых компонент и межкомпонентных связей, знания о которых более чем на 80% малодостоверны, т.е.

неадекватны либо сущности, либо их истинности. При этом равновесное состояние экосистем возможно только до момента, когда антропогенные возмущения не выходят за пределы ее адаптивных возможностей. А эти пределы, как и компоненты и их связи, чаще всего и неопределены.

### **Особенности оценки неопределенностей в функционировании экосистем**

Изменения в динамике протекания многих природных процессов привели к некоторым нарушениям глобального равновесия, что и обуславливает неопределенность не только состояния природной среды, но и соответственно стратегию и тактику управления рекреационными, ландшафтно-экологическими, водно-ресурсными и другими природными системами.

Высокая цена ошибочных решений, при прогнозировании этих изменений, определяет необходимость базировать все прогнозы не на классических моделях, а на моделях, использующих аппарат производящих функций и принципы максимума неопределенностей.

Так как прогнозирование эколого-фитоценологических изменений в биосистемах эффективно базировать на принципах теории хаоса [2], то, используя предложенную группу критериев, связанных с гомогенизацией гидроэкологической структуры (разнообразии видового состава фитоценозов) и потенциалом природных ресурсов, нами были классифицированы масштабы воздействий, экологических эффектов и последствий с их расчетными показателями (табл. 1).

**Таблица 1 – Масштабы и расчетные показатели воздействий, эффектов и экологических последствий**

Масштабы и эффекты воздействия	Показатели экологических последствий
<b>А. Временной</b> - кратковременное - временное - долговременное - хроническое	до суток от суток до сезона от одного сезона до года более года
<b>Б. Пространственный</b> - точечный - локальный - местный - субрегиональный - региональный	$F < 100 \text{ м}^2$ (F-площадь) от $100 \text{ м}^2$ до $1 \text{ км}^2$ $1-100 \text{ км}^2$ $> 100 \text{ км}^2$ весь регион
<b>В. Обратимость изменений</b> - обратимые (острый стресс) - слабообратимые - необратимые (хронический стресс)	Восстановление параметров состояния среды и биоты: - не более одного сезона - от одного сезона - не менее трех лет
<b>Г. Степень воздействия</b> - незначительная - слабая - умеренная - сильная	Изменение среды и биоты: - неразличимы на фоне естественной (природной изменчивости) - обратимые (кратковременные) стрессы в биоте ниже порога минимума реакций на уровне популяций - нарушение среды и стрессовые изменения в биоте без признаков деградации и утраты способности системы к самовосстановлению - четко фиксируемая устойчивая структурная и функциональная перестройка природных и биотических сообществ

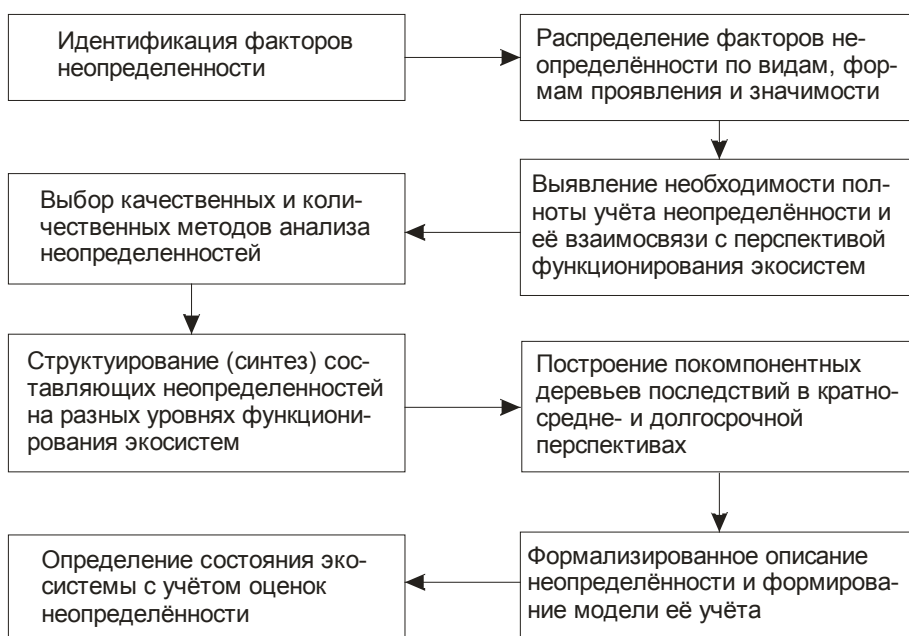


Что касается биоты, то зависимость эффектов от уровня техногенных стрессов может быть представлена следующим образом (рис. 1).



**Рисунок 1 – Взаимосвязь техногенных стрессов и эффектов для биоты**

Отсюда, принципиальная схема учета и оценки неопределенности должна иметь вид (рис. 2).



**Рисунок 2 – Принципиальная схема учета и оценки неопределенности в функционировании экосистем**

Конфликтная природа негативных процессов требует как формализации неопределенной информации, так и комплексного и взаимодополняющего подхода к прогнозам их развития [2, 6].

Так как изменчивость (проявление негативных процессов) может быть стохастической, детерминированной и импульсно-разделяющейся, то, в целом, неопределенность может быть записана в виде

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3, \quad (1)$$

где  $R_1, R_2, R_3$  - соответственно неопределенности вероятностей формирования опасных факторов, определенных уровней их действия на конкретные элементы экосистемы и возможностей долгосрочных последствий в области социально-экономических, эколого-ландшафтных и других условий.

### **Выводы**

Все это позволяет проблему учета неопределенностей техногенных изменений рассматривать как абстрактную систему, познание которой возможно с помощью анализа с функциональным или структурным подходом и синтеза с синергическим или эмерджентным подходом.

При этом наиболее перспективным, с позиции максимального учета большинства факторов и характеристик неопределенности, является теория нечетких множеств и мер, базирующаяся на нечетких процессах при соответствующей формализации нечетких данных.

Вместе с тем, следует отметить, что при оценке неопределенности функционирования экосистем в целом, важнейшим и первичным является выявление ее рискозащищенности, как параметра, характеризующего вероятность сохранения работоспособности внутрисистемных связей и адаптационную способность структурных составляющих и компонент системы к возможным экстремальным внешним и внутренним техногенным воздействиям.

### **Список использованных источников**

1. Шведовский, П.В. Концептуальные основы оптимизации решений экологических проблем: матер. межд. научно-практ. конф. «Проблемы гидрометеорологии и экологии» / П.В. Шведовский, А.А. Волчек, М.Ж. Бурлибаев – Алма-Аты: КАЗНИИМОСК, 2002. – С. 353–357.
2. Бурлибаев, М.Ж. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах / Шведовский П.В., Волчек А.А., Бурлибаев М.Ж. – Казань, Алматы. – 2003. – 532 с.
3. Исаченко, А.Г. Оптимизация природной среды (географический аспект). – М.: Гидрометеоиздат, 1980. – 264 с.
4. Эйларт, Я.Х. Экологическая оптимизация агроландшафта. – М.: Гидрометеоиздат, 1987. – 240 с.
5. Бобылев С.Н. Экономическая оценка биоразнообразия / С.Н. Бобылев, О.В. Медведева, В.Н. Сидоренко [и др.] – М.: Госкомэкология, 1999. – 216 с.
6. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: КНЦ РАН, 1992. – 306 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

*Яловая Ю.С., Вакульская О.А., Яловая Н.П.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, yalnat@yandex.ru*

Studying and the account of influence of ecological factors on definition of cost of objects of the real estate is a new and perspective direction in scientific and financial and economic sphere. Ecological factors at a real estate estimation are necessary for considering as its metainfrastructure (a condition of a life of a society), essentially influencing a real estate project cost. In turn, value of this metainfrastructure, accepting the monetary form, defines the contribution of set of ecological factors to a real estate project cost. The contribution of an ecological metainfrastructure to a real estate project cost can be both positive, and negative. In the conditions of market economy by means of functioning of the market of the real estate value of an ecological metainfrastructure finds the adequate reflexion in structure of market cost of the real estate.

### **Введение**

Изучение и учет влияния экологических факторов на определение стоимости объектов недвижимости является достаточно новым и перспективным направлением в научной и финансово-экономической сфере.

Под экологическими факторами в контексте оценки недвижимости понимается совокупность чисто природных и природно-антропогенных факторов, не являющихся средствами труда, предметами потребления или источниками энергии и сырья, но оказывающих непосредственное воздействие на эффективность и полезность использования объекта недвижимости.

Экологические факторы при оценке недвижимости необходимо рассматривать как ее метаинфраструктуру (условия жизни общества), существенно влияющую на стоимость объекта недвижимости. В свою очередь, ценность этой метаинфраструктуры, принимая денежную форму, определяет вклад совокупности экологических факторов в стоимость объекта недвижимости. При этом вклад экологической метаинфраструктуры в стоимость объекта недвижимости может быть как позитивным, так и негативным. В условиях рыночной экономики посредством функционирования рынка недвижимости ценность экологической метаинфраструктуры находит свое адекватное отражение в структуре рыночной стоимости недвижимости.

В зависимости от научно-технических и экономических возможностей целенаправленного изменения характеристик экологических факторов их подразделяют на управляемые и неуправляемые.

**Таблица 1 – Классификация экологических факторов**

Экологические факторы	
<i>управляемые</i>	<i>неуправляемые</i>
уровень чистой потребляемой воды	загрязнение воздушного бассейна
лесистость территории и разнообразие зеленых насаждений	шумовое, радиационное, антропогенное воздействия
режим увлажнения	сейсмичность территории
оползневая опасность и т. д.	тип почв
	рельеф местности
	ветровой и температурный режим

Представленная классификация экологических факторов достаточно условна и в существенной мере зависит как от уровня развития научно-технического прогресса, так и от уровня социально-экономического развития конкретного региона. Например, в определенной мере шумовое загрязнение в аспекте использования жилых и офисных зданий можно рассматривать и как управляемый экологический фактор, так как в настоящее время имеется целый ряд технических средств, снижающих негативное воздействие шума на обитателей этого вида недвижимости – шумопоглощающие оконные рамы, внутренняя перепланировка здания с целью снижения прямого воздействия шума и так далее.

### **Экспертиза негативных экологических факторов**

Экспертиза негативных экологических факторов проводится с целью конкретизации основных параметров качественного состояния окружающей природно-антропогенной среды оцениваемого объекта недвижимости при определении его рыночной стоимости с учетом оценки негативных экологических факторов.

1) *механическое*. Захламление (например, мусор) территории (участка земли) объекта недвижимости, оказывающее лишь механическое негативное воздействие без физико-химических последствий. В качестве единицы измерения уровня механического загрязнения могут быть использованы показатели плотности захламления — отношение массы или объема мусора (т/га, кг/м<sup>2</sup> и т.д.) на единицу площади либо доля (в процентах) захламленной площади к общей площади, занимаемой объектом недвижимости;

2) *химическое*. Изменение химических свойств атмосферы, почвы и воды (в случае наличия в структуре объекта недвижимости обособленного водного объекта), оказывающее негативное воздействие как непосредственно на объект недвижимости (снижение урожайности сельскохозяйственных культур на сельскохозяйственных угодьях, коррозия металлических конструкций зданий и сооружений и так далее), так и на обитателей рассматриваемого объекта недвижимости (проживающих в жилом доме, работающих в офисе и так далее). В качестве единицы измерения этого вида загрязнения используются уровни концентрации (мкг/ м<sup>2</sup>, мг/ л и т.п.) по отдельным ингредиентам примеси и по видам сред (воздух, вода, почва) либо кратности предельно допустимых концентраций и индексы уровня загрязнения соответствующей среды (более подробно смотри следующий раздел);

3) *физическое*. Изменение физических параметров окружающей природно-антропогенной среды объекта недвижимости; тепловое, волновое (световое, шумовое, электромагнитное), радиационное и тому подобное:

– тепловое загрязнение рассматривается как повышение температуры среды вокруг объекта недвижимости, например, в связи с выбросами нагретого воздуха, отходящих газов и воды от источников загрязнения (промышленных или иных предприятий), расположенных недалеко от рассматриваемого объекта недвижимости. В качестве единицы измерения этого вида загрязнения используется прирост температуры в градусах (атмосферы и водного объекта) относительно естественно-климатических условий данного географического ареала;

– световое. Изменение естественной освещенности территории объекта недвижимости вследствие действия затенения от ближайших объектов недвижимости и искусственных источников света. Такого рода изменения приводят к аномалиям в жизни человека, растений, животных, расположенных на территории рассматриваемого объекта недвижимости. В качестве измерения этих изменений используется прирост или уменьшение световых потоков в люксах на единицу площади (люкс/м<sup>2</sup>);

– шумовое. Увеличение интенсивности шума сверх природного уровня, влияющее на проживающих либо работающих на рассматриваемом объекте недвижимости (у человека такое увеличение интенсивности шума ведет к повышению утомляемости, снижению умственной активности и при достижении 90-100 дБ (децибел) к постепенной потере слуха). В качестве единицы измерения используется уровень шума в децибелах (дБ) с коррекцией по шкале “А” стандартного шумомера при логарифмическом осреднении за годовое (ночное) время. Необходимо различать две категории шума и источников шума; 1– проникающие в помещение звуки, источники которых находятся вне рассматриваемого объекта недвижимости ( жилого дома, офиса и так далее); к числу таких источников шума относятся транспорт, шумящие агрегаты и установки производственных предприятий и других объектов, а также внешние шумы ( школьные двory, спортивные площадки и так далее); 2 — звуки, проникающие в отдельные помещения рассматриваемого объекта недвижимости от источников, находящихся в том же здании объекта недвижимости (шума лифтов и другого инженерного оборудования здания, шумы, проникающие от соседних помещений здания и так далее);

– электромагнитное. Изменение электромагнитных свойств среды, в пространстве которой находится объект недвижимости (от линий электропередач, радио и телевидения, работы промышленных установок и так далее). Эти изменения могут приводить к местным географическим аномалиям и деструкции в тонких биологических структурах, к которым также относится человек. Этот вид загрязнения имеет достаточно многообразную систему измерений и в этой связи при проведении экологической экспертизы этого вида загрязнения считается возможным лишь качественный анализ его характеристик, то есть можно ограничиться констатацией его наличия (либо отсутствия) и приведением перечня основных источников, их мощности, (например, уровень напряжения тока высоковольтной линии электропередач, мощность радиорелейной установки и так далее) в зоне поражения рассматриваемого объекта недвижимости;

– радиационное. Превышение естественного уровня содержания в среде радиационных веществ, в пространстве которой находится рассматриваемый объект недвижимости. В качестве единицы измерения для этого вида загрязнения используются часовые и осредненные за год уровни радиации (микрорентгены и так далее). Источники радиации могут быть как внешние, так и внутренние относительно рассматриваемого объекта недвижимости. Внешние — объекты типа АЭС, свалок промышленных отходов, промышленные и научно-исследовательские предприятия, обладающие ядерными установками и т.п., зона радиационного действия которых охватывает и место размещения рассматриваемого объекта недвижимости. Внутренние — наличие загрязненных либо радиационно-небезопасных материалов в зданиях или сооружениях рассматриваемого объекта недвижимости (применение вторичного огнеупорного кирпича в кладке стен, каминов и других, ранее использованного для облицовки металлургических печей, вяжущих материалов, добытых из загрязненных карьеров и тому подобное).

### **Экспертиза позитивных экологических факторов**

При экологической экспертизе объектов недвижимости наряду с инвентаризацией и анализом рассмотренных выше негативных последствий загрязнения окружающей природно-антропогенной среды объекта недвижимости определяются и характеристики благоприятных (позитивных) экологических факторов, которые рассматриваются как позитивный экологический и психосоциальный эффект, в существенной мере влияющий на рыночную стоимость объекта недвижимости. Например, если предположить, что объект недвижимости находится в экологически чистой природно-антропогенной среде, то экологический психосоциальный эффект может характеризоваться рядом полезностей:

– наличие природного ландшафта и возможность его созерцания из окон рассматриваемого объекта недвижимости:

– высокая и эффективная доступность обитателей объекта недвижимости к экологически чистым природным объектам (парк, водоем, заповедник, заказник и тому подобное);

– многообразие видов зеленых насаждений и их высокая экологическая эстетичность на территории размещения объекта недвижимости.

Многообразие такого вида экологических полезностей далеко не исчерпывается представленным перечнем. Система измерений этих благоприятных экологических факторов, влияющих на рыночную стоимость объекта недвижимости, достаточно сложна, учитывая субъективную основу их ценности. В этой связи при проведении экологической экспертизы этих факторов можно ограничиваться лишь качественным анализом, но при этом аналитик должен достаточно полно раскрыть их качественную характеристику. Последнее весьма необходимо для реализации метода сравнимых продаж, с помощью которых можно выявить адекватную стоимость этих экологически элитарных благ.

## Реальная экспертиза

В реальности экологический фактор в стоимости жилья формируется, во-первых, под воздействием субъективного представления каждого покупателя о том, что такое хорошая и плохая экология, а во-вторых, по сложившимся стереотипам и визуальной оценке.

Причина такого подхода – недостаток информации в доступных источниках о состоянии территорий, качестве материалов, используемых при жилищном строительстве и т. п. С одной стороны, это происходит в силу незаинтересованности застройщиков в распространении такой информации, с другой – из-за отсутствия отработанной системы и механизма доведения ее государственными органами до сведения населения.

Таким образом, наибольшее влияние на цену недвижимости оказывают факторы, воздействие которых можно оценить визуально, не затрачивая особых усилий. Среди них – экология района, поскольку есть возможность установить наличие промзон, парков, уровень шума и загазованности воздуха. Экологию дома или квартиры визуально оценить сложнее (например, уровень радиации на глаз не определить). В этом случае существенное влияние на стоимость оказывает только оценка физического износа и вида из окон квартиры, хотя он, безусловно, меняется в зависимости от времени года и даже времени суток. Кроме «видимых» экологических факторов, влияют на стоимость и «невидимые» факторы при условии, что покупателю стало о них известно. Однако не стоит забывать, что именно они могут оказывать наиболее пагубное воздействие на здоровье.

За счет такого информационного вакуума и создается почва для манипуляций со стороны строительных компаний, например, использования некачественных материалов для снижения себестоимости, экономия на квалифицированной рабочей силе и качестве работ. Это одно из отличий новостроек от домов вторичного рынка, ведь в эксплуатируемых домах различные огрехи уже всплыли наружу, тогда как в новостройке они какое-то время могут быть незаметны, поэтому строительные компании не заинтересованы в предоставлении информации по всем аспектам строительства. Высококачественные дорогие материалы используют в лучшем случае для отделки фасадов и холлов. Даже в рекламных кампаниях акцент делают обычно на использование дорогих материалов в отделке, ведь это покупатель сможет оценить визуально.

Трудности, возникающие при оценке экологических факторов, и ее субъективность дают широкие возможности для извлечения прибыли, особенно при использовании методов активного маркетинга и агрессивной рекламы. Степень влияния экологических факторов на стоимость зависит от класса жилья и цены квадратного метра. Строительные компании все чаще занимаются улучшением экологии мест строительства.

Высокая оценка покупателями экологии жилища дает возможность сделать дом или жилой комплекс действительно уникальным и получить существенную

экономическую выгоду: разница в цене 1 кв.м может достигать сотен и тысяч долларов. А поскольку строительство даже небольшого дома измеряется тысячами квадратных метров, прибыль может составить миллионы долларов.

В последние год-два при проектировании, строительстве и проведении рекламных кампаний акценты делают на озеленение фасадов, ландшафтный дизайн и благоустройство придомовой территории (особенно, если она огорожена и охраняется). Создаются ландшафты, значительно повышающие привлекательность объектов: декоративные водоемы, альпийские горки и т. п.

Более того, некоторые концепции продвижения тех или иных жилых комплексов на рынке недвижимости успешно строят именно вокруг организации ландшафтного дизайна. Показательно и различие в цене квартир одинаковой планировки и площади, расположенных в доме-новостройке на одном или соседних этажах, в зависимости от вида из окна.

Таким образом, с уверенностью можно говорить о том, что влияние экологических факторов на стоимость весьма существенно, а инвестиции в улучшение экологии жилых кварталов могут приносить ощутимый доход.



# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 678.057.9

## УНИВЕРСАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОСБЕРЕГАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

*Выдумчик С.В., Гавриленко О.О., Павлюкевич Т.Г., Ксенофонов М.А.*

*Научно-исследовательское учреждение “Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко” БГУ, г. Минск, РБ, lab\_dozator@mail.ru*

In work the complexes of the equipment developed by authors for manufacture of the most effective products from polymeric compositions for preservation of thermal energy in heat-, delivery ducts are described. Complexes contain original design and engineering decisions with use of microprocessor engineering and the special software. The equipment is universal and can be used for processing various polymeric compositions systems for manufacturing rigid, elastic and integrated foams.

### **Введение**

В настоящее время в мировой практике наиболее широкое распространение нашли пенополиуретаны, обладающие самыми лучшими теплоизоляционными и эксплуатационными характеристиками, широким температурным диапазоном эксплуатации, высокой физико-механической прочностью.

Пенополиуретаны устойчивы к растворителям, пластификаторам, минеральным маслам, различным видам топлива, разбавленным растворам кислот и щелочей, алифатическим и ароматическим углеводородам, агрессивной промышленной атмосфере, не подвержены разложению и гниению, нетоксичны, имеют высокую адгезию практически ко всем материалам и не вызывают коррозию.

Такие свойства пенополиуретана обусловлены особенностями строения макромолекул и организацией газоструктурных элементов. Матрица пенополиуретана представляет собой сетчатый полимер пространственного строения с развитой системой физических и химических связей, а газоструктурные элементы материала представляют собой элементарный объем газовой и твердой фаз, который повторяется с определенной периодичностью и высокой степенью упорядоченности во всем пеноматериале, что делает преобладающим в нем содержание закрытых пор.

### **Технология и оборудование для производства изделий из пенополиуретана**

Технологию получения изделий из пенополиуретанов реализуют путем смешения в течение нескольких секунд двух взаимодействующих жидких композиций, сразу после чего с высокими скоростями начинаются процессы поликонденсации, вспенивания и отверждения.

Принципы мономерно-олигомерной технологии, основанные на превращении реакционноспособных соединений в газонаполненные полимеры путем прямого перехода жидкости в конденсированное состояние, невозможно осуществить без эффективного смесительно-дозировочного и формообразующего оборудования.

Жесткие временные ограничения процессов смешения и подачи в формообразующие устройства композиций, широкий диапазон их соотношений и количеств, высокие адгезионные свойства образующихся продуктов, необходимость точного поддержания установленных технологических параметров для обеспечения получения изделия с заданными свойствами предъявляют особые требования к такому классу оборудования.

Такие машины являются основным технологическим элементом при производстве предварительно изолированных пенополиуретаном пластмассовых и стальных труб в полиэтиленовой и металлической гидрозащитной оболочке; трехслойных конструкций типа сэндвич, стеновых панелей, плит для теплоизоляции зданий, кровель; форм для изготовления строительной опалубки; цистерн, хранилищ, емкостей в рефрижераторной, криогенной технике и других промышленных объектов; деталей из эластичного пенополиуретана для шумоизолирующих экранов в кабинах автомобиля; деталей и изделий любых марок и типов из жестких, эластичных и интегральных пенополиуретанов.

В данной работе представлены разработанные авторами оригинальные конструкторские и инженерные решения с использованием микропроцессорной техники и специального программного обеспечения, позволившие создать отличающиеся по назначению и производительности автоматизированные комплексы оборудования для переработки пенополиуретановых композиций, которые по своим технико-экономическим характеристикам не уступают лучшим зарубежным аналогам, в том числе смесительно-дозировочные установки высокого давления.

В состав комплекса входят автоматизированная смесительно-дозировочная установка (рисунок 1) и формующее оборудование (рисунок 2), которые предназначены для изготовления изделий из жестких пенополиуретанов – полуцилиндров, сегментов, отводов, тройников, сборно-разборных конструкций для запорной арматуры трубопроводов для теплоизоляции газо-, нефтепроводов, водоводов горячего и холодного водоснабжения, инженерных сетей химических и нефтехимических производств.



*Рисунок 1 – Смесительно-дозировочная установка высокого давления*

Работа комплекса основана на дозации, смешении и подаче в форму быстро реагирующих компонентов при высоком давлении (17,0-25,0 МПа) по принципу реакционно-инжекционного формования, что позволяет перерабатывать мономерно-олигомерные композиции высокой вязкости и получать изделия из вспененных полимеров в широком весовом интервале (0,05-50,0 и более кг). Достоинством установок высокого давления является использование в них самоочищающихся смесительных устройств, не требующих промывочных жидкостей. В смесительном канале корпуса устройства установлен с возможностью возвратно-поступательного перемещения плунжер, выполняющий функции запорного и очищающего механизмов.

В состав смесительно-дозировочной установки входят следующие функциональные блоки: дозирующий узел, смесительный узел, станция гидропривода, устройство термостабилизации, поворотная стойка для перемещения смесительного узла, емкости для компонентов, пульт управления, контрольно-измерительные и регулирующие приборы.

Формующее оборудование (рисунок 2) представляет собой однопозиционный пресс с закрепленными в нем сменными формами. Пресс снабжен подвижной верхней плитой с электромеханическим приводом и обеспечивает смыкание форм с усилием не менее 15 кН.



*Рисунок 2 – Формующее оборудование*

Форма для получения пенополиуретановых теплоизоляционных изделий является разъемным устройством закрытого типа со свободным литьем через заливочное отверстие.

Подача реакционной смеси в форму производится через литниковый канал, который закрывается специальным запорным элементом для предотвращения вытекания смеси из формующей полости. Запорный элемент повторяет геометрию литникового канала. Для герметизации формы в зоне смесительного устройства и литникового канала предусмотрены уплотнительные витонные кольца. С целью исключения накопления воздуха в форме разъем расположен по верхней наружной кромке изделия с зазором не более 0,1 мм между сопрягаемыми разъемными элементами, что позволяет получать изделия без раковин и нарушения сплошности.

## КУРС ФИЗИКИ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*В. И. Гладковский, В.Я. Хуснутдинова*

*Учреждение образования “Брестский государственный технический университет”, г. Брест, РБ, [vigladkovski@bstu.by](mailto:vigladkovski@bstu.by)*

In the article effectiveness of knowledge transfer from one known situation to the other (unknown) situation for the purposes of specialists training in the area of nature modernization and energy conservation is considered.

### **Введение**

Возможности для жизнедеятельности человека ограничены определенными условиями, характеризующимися множеством факторов как природного, так и антропогенного характера. Конкретные природные условия могут быть как благоприятными, так и неблагоприятными для существования. Но человек, в отличие от других представителей живой природы, может приспособливать окружающую среду к своим потребностям. В наше время ни для кого не является секретом то, что природообустройство может быть осуществимо лишь в определенных рамках, при тщательном учете соответствующих требований по отношению к природе, иначе создаваемые условия снова станут непригодными для жизни, но уже по другой причине — из-за нарушения природного баланса, загрязнения и засорения окружающей среды, истощения природных ресурсов. Другими словами, деятельность человека всегда должна быть согласованной с параметрами окружающей среды. Это трудная, но разрешимая задача, и решать ее надо в комплексе, используя методы различных наук. В основе энергосбережения и рационального природообустройства прежде всего лежит знание законов функционирования соответствующих систем. Многие из этих законов связаны с физикой либо прямо, либо опосредованно. Поэтому на лекциях по физике необходимо в обязательном порядке обращать внимание студентов на возможность практического применения рассматриваемых физических явлений. Дело в том, что для успешной профессиональной деятельности специалисту необходимо уметь применять “старые” знания в “новых” условиях, отличающихся от тех, в которых эти знания были получены. Профессионал обязан ориентироваться в разных ситуациях, в том числе и в тех, которые ранее ему не встречались. Для этого надо обладать навыками переноса знаний и умений из одной ситуации в другую, генетически связанную с предыдущей.

### **Теоретические основания метода переноса знаний**

Почти любой человек может достаточно легко запомнить набор конкретных фактов и научиться применять полученную информацию в определенных условиях, особенно если учить его этому долго и упорно. Но понимание связей между явлениями появляется не сразу. При ремесленном подходе обучение происходит по готовым рецептам, связанным с конкретной ситуацией. Однако деятельность, пригодная для узкого круга ситуаций, может быть успешной

лишь в ограниченном числе случаев. Гораздо лучше научить студентов умению переносить навыки решения из одной ситуации в другую на основе глубокого понимания характерных закономерностей. Такой подход требует от преподавателя глубоких профессиональных знаний высокого качества, что также дается немалым трудом. Кроме того, важно учитывать, что, присваивая знания, всякий человек затем их переосмысливает на основе своего жизненного опыта и по-своему их интерпретирует. Цель обучения должна состоять в формировании такого образа действия, в котором сознательно вырабатывается полноценная ориентировочная основа действия. Этого можно, на наш взгляд, добиться в том случае, если при чтении лекций по физике обращать специальное внимание на те аспекты этого курса, которые имеют прямое или опосредованное отношение к вопросам природообустройства и энергосбережения.

### **Описание конкретных ситуаций**

При чтении лекции по теме “Тепловое излучение” желательно обратить внимание на то, что на основании закона Кирхгофа можно в значительных пределах регулировать температуру верхнего слоя почвы с помощью агротехнического приема мульчирования. В качестве покрытий, изменяющих теплоотдачу поверхностного слоя, применяют молотый мел, торфяной и угольный порошки, битум, нигрозин и др. Для повышения поглощательной способности почвы применяют мульчу темного цвета, для понижения — наоборот [1, с. 501].

При изучении темы “Радиоактивность” поясняется сущность метода меченых атомов и показывается, что с помощью этого метода успешно изучаются такие важные для природообустройства вопросы, как протекание фотосинтеза в зеленых насаждениях, рациональное применение удобрений, дифференцированное усвоение питательных веществ разными элементами растений, внекорневая подкормка растений, перемещение воды в почве, миграция насекомых, ареал воздействия инсектицидов [3, с. 232-240].

При объяснении формулы Борелли-Жюрена желательно обратить внимание студентов на то, что в очень тонких капиллярах уровень подъема жидкости может быть не таким малым, как мы к этому привыкли. Например, при радиусе капилляра в 1 мкм вода может подниматься на высоту до 30 м. Известно, что поступление питательных веществ в корневую систему растений регулируется преимущественно процессами диффузии, а подъем питательного раствора по стеблю растения или стволу дерева в значительной степени обусловлен явлением капиллярности. Уменьшая диаметр почвенных капилляров с помощью прокатки или увеличивая их посредством боронования, устанавливают водный режим почвы, необходимый с точки зрения природообустройства. У этого явления есть и отрицательная сторона. Так, при отсутствии или повреждении гидроизоляции по капиллярам кладки зданий происходит подъем грунтовой воды, приводящий к промоканию стен [1, с. 201-202].

Уравнение Бернулли также имеет большое значение для энергосбережения. Например, предположим, что есть водный поток, движущийся вниз по наклонному трубопроводу. Если в конце трубопровода имеется подвижная заслонка, которая периодически перекрывает трубопровод на короткий промежуток времени, то при каждом таком перекрытии потока динамическое давление резко

спадает до нуля, а статическое так же резко возрастает, перегоняя при этом часть воды по вертикальной трубе в водонапорный бак. Таким образом, можно экономить энергию, которую в противном случае пришлось бы затратить на работу электрического насоса при накачке воды на большую высоту. С помощью уравнения Бернулли и условия неразрывности также можно объяснить и процесс аэрации почвы, выражающийся в обогащении внутрипочвенного воздуха кислородом, а приземного слоя – углекислотой. Именно такие условия являются наиболее благоприятными для развития растений, что, безусловно, имеет отношение к вопросам природообустройства [1, с. 84-87].

При изучении эффекта Доплера следует обратить внимание на то, что хаотическое тепловое движение атомов светящегося газа вызывает уширение спектральных линий. Величина уширения возрастает с ростом температуры, вызывающим увеличение скорости теплового движения молекул. Такое явление можно использовать для определения температуры нагретого газа с помощью лазерной анемометрии, являющейся незаменимым методом получения результатов в подобных случаях [2, с. 346].

В процессе природообустройства необходимо производить большое количество работ различного характера. Например, для предупреждения оврагообразования необходимо провести организацию поверхностного стока, а также планировку территории, рациональную прокладку трасс водотоков. Все это обязательно производится в комплексе с лугомелиоративными и лесообустроительными мероприятиями. Доказано, что предпосевная обработка семян лазерным лучом позволяет повысить энергию прорастания, всхожесть и интенсивность развития проростков. Растения, полученные из облученных семян, отличаются более быстрыми темпами роста и развития [3, с. 229].

Технология лазерной обработки металлических деталей с целью повышения таких параметров, как твердость и износостойкость, также представляет определенный интерес и для нужд природообустройства [3, с. 231]. Еще одно применение лазерный луч находит, например, в нивелировании – геодезической операции, весьма широко распространенной в мелиоративном строительстве [3, с. 231-232].

Вопросы энергосбережения помогают решать оптические методы контроля качества теплозащиты зданий и сооружений. Для этой цели используются сканирующие радиометры (тепловизоры), работающие в инфракрасном диапазоне [4, с. 42-43].

Для активизации познавательной деятельности студентов можно использовать метод вопросов. Например, как и в каких пределах можно регулировать температуру верхнего слоя почвы? С помощью какого закона можно рассчитать его температуру? Какой чайник остывает быстрее: белый или черный? Почему морским судам не рекомендуется близко подходить друг к другу при следовании параллельным курсом?

Не вызывает сомнений, что и набор ситуаций, подходящих для переноса знаний, и количество вопросов, предназначенных для активизации познавательной активности студентов, можно увеличить. Цель данной работы состоит всего лишь в обозначении такой возможности.

### Список использованных источников

1. Грабовский, Р.И. Курс физики (для сельскохозяйственных вузов): учеб. пособие / Р.И. Грабовский. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 608 с.
2. Детлаф, А.А. Курс физики: учеб. пособие для студ. вузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр “Академия”, 2008. – 720 с.
3. Галузо, И.В. Физика в сельском хозяйстве / И.В. Галузо, Л.П. Кузнецов. – Мн.: Ураджай, 1996. – 302 с.
4. Ялышев, Ф.Х. Оптические методы контроля зданий и сооружений: Контроль качества теплозащиты / Ф.Х. Ялышев. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1989. – 80 с.

## ДРЕВЕСНЫЙ ГАЗ И ЭКОЛОГИЯ

*Ежи Брылка, Лех Магрел*

*Белостокский политехнический институт, Белосток, Республика Польша*

### Понятие о древесном газе

Древесный газ возникает в процессе обработки дерева газом. Состоит из смеси горючих газов: окиси углерода(II), водорода и метана, а также негорючих газов, таких как азот, окись углерода(IV), и водяного пара. Состав газа зависит от многих факторов, например:

от температуры,

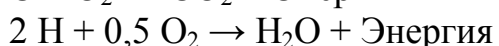
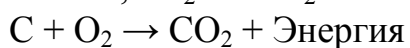
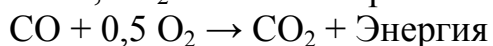
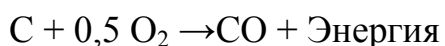
от влажности топлива

Технология загазовывания постоянного топлива была известна уже 200 лет назад. В начале XIX века использовали так называемый городской газ, например, для поддержания работы уличных фонарей и газовых плит. Тогда его получали из угля. Газ, полученный искусственно из твёрдого топлива, называют генераторным газом. Технология его получения связана с серией термохимических реакций, в результате которых создаётся горючий газ. Процесс этот идёт в специальных установках, которые называют газогенераторами.

Генераторный газ утратил своё значение при открытии залежей нефти и природного газа. Газ, полученный из древесного топлива, возвратился в промышленность во время Второй мировой войны, когда гражданские жители, имеющие автомобили, испытывали трудности в приобретении жидкого топлива. В то время стал распространённым термин «holzgas».

### Производство holzgasa

При температуре выше 700°C наступает окисление находящихся в топливе соединений водорода и углерода. В результате этого процесса создаются окись и двуокись углерода (CO и CO<sub>2</sub>) и также водяной пар. Это является первым этапом сгазования топлива. При этом происходят следующие реакции:



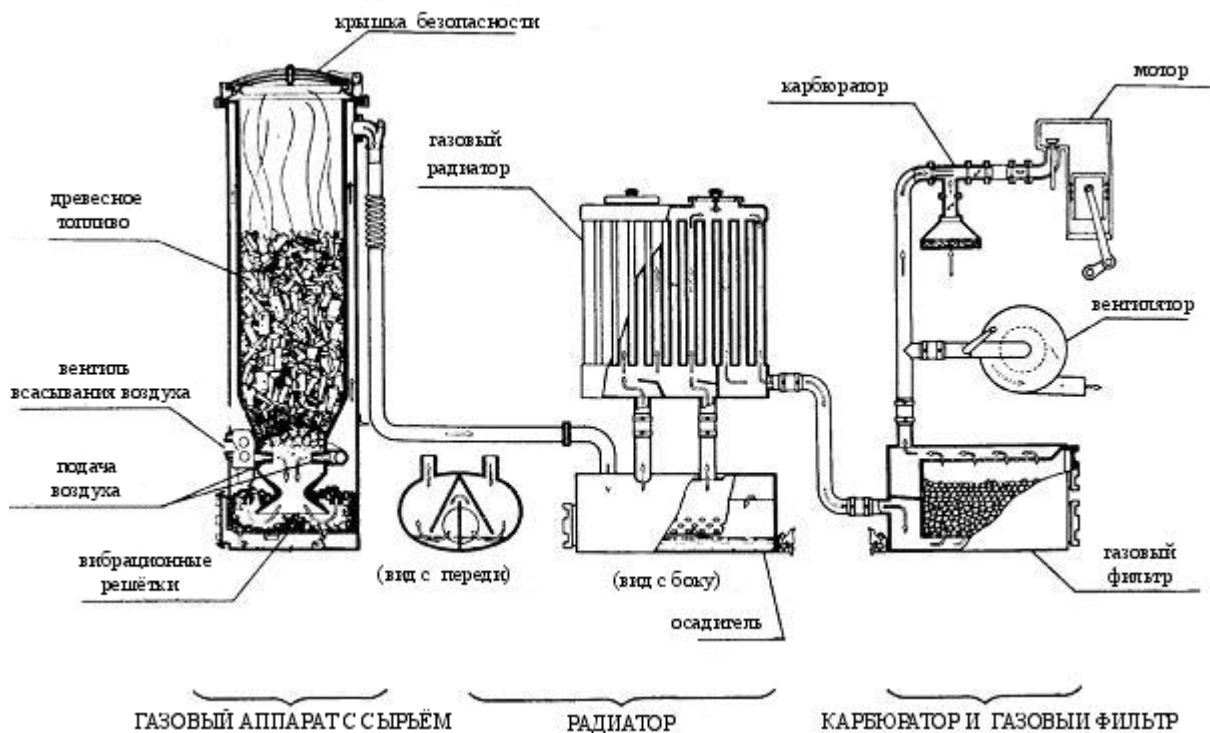


Во время пропускания ранее возникших газов через слои раскалённого угля возникает реакция редукции  $\text{CO}_2$  и водяного пара до окиси углерода  $\text{CO}$  и водорода  $\text{H}_2$ . Это является главным этапом при продукции древесного газа:



### Обработка полученного газа

На рисунке 1 представлена схема газогенератора. Сверху газогенератор плотно закрыт крышкой, поддерживаемой металлическими пружинами. Пружина эта действует так, что крышка в случае опасного повышения давления в генераторе служит предохранительным клапаном. Во время работы газогенератора крышка закрыта. Сверху загружается в генератор топливо. Топливо падает вниз в топку и подогревается теплом, которое производится в топке, вследствие чего происходит испарение воды, содержащейся в древесном топливе, а также выделение из него летучих субстанций в процессе пиролиза. В топке дерево превращается в древесный уголь, который в последующем служит источником тепла в процессе редукции. На рисунке виден грубый слой древесного угля, лежащий на колосниковой решётке. Газ проходит через устройства, очищающие его от твёрдых частиц (пепел и пыль) и смолистых веществ. Чаще всего этим отстойником является скоростной или центробежный циклон.



*Рисунок 1 – Схема газогенератора системы Имберта*

Генераторный газ сразу на выходе из генератора имеет высокую температуру (порядка  $200 - 600^\circ$ ). При такой температуре он не может быть использован для двигателей, поскольку не является насыщенным и низкоэнергетичным в расчёте на единицу объёма. Двигатель на этом газе не будет работать и не достигнет



необходимой мощности. Далее наступает очищение генераторного газа от водного пара, который не должен находиться в газе, так как он разжижает газ, уменьшая его горючие свойства, может вызвать коррозию внутренних элементов двигателя после его остановки. Водяной пар оседает в виде капель на стенках радиатора.

Вторичная обработка древесного газа происходит на поверхности вторичного фильтра. Этот фильтр обладает большой поверхностью соприкосновения с газом, например, слой ткани, пробки, а также древесные опилки и даже шишки. Частицы, загрязняющие газ, приклеиваются к поверхности фильтрующих субстанций. Далее газ смешивается с воздухом и подаётся в двигатель.

Воздух в генератор проникает через систему отверстий, находящихся в топке. После прохождения через топку древесный уголь уже представляет собой разогретый древесный газ. Впоследствии он проходит между двумя плоскостями генератора, где охлаждается, одновременно подогревая находящуюся в сборнике древесину.

Далее газ направляется в отстойник, в котором удаляется некоторая часть пыли, выносящейся с газом из генератора. На стенках отстойника осаждаются вода и смола. После выхода газа из отстойника он проходит через радиатор, в котором наступает дальнейшее охлаждение газа и оседание капель водяного пара.

Очередным этапом приготовления газа является очистка на втором поверхностном фильтре. Функция этого фильтра связана с удалением из газа мелких частиц пыли, которые проникают через отстойник. В случае генератора Imberta в состав этого фильтра входит пробка. В связи с тем, что пробка является неустойчивым материалом к высокой температуре, фильтр этот должен быть установлен за радиатором, чтобы проходящий через фильтр газ был уже охлаждённым.

Над фильтром устанавливается вентилятор, поддерживающий в генераторе движение воздуха. Когда полученный газ будет соответствовать горючим свойствам, выключается насос и включается двигатель. Перед двигателем газ смешивается с воздухом в аппарате, называемом карбюратором.

Газогенератор Imberta загружается древесным топливом влажностью, как правило, 20-25%. Созданный «holzgas» имел горючие свойства около 5 – 6 МДЖ/м<sup>3</sup> и следующий состав: 42% N<sub>2</sub>, 10%CO<sub>2</sub>, 2% CH<sub>4</sub>, 18% H<sub>2</sub>, 23% CO. Из 1 кг древесного сырья газогенератор производил около 2,5 м<sup>3</sup> holzgasa, горение составляло: 2,5 древесного сырья пропорционально одному литру бензина.

### **Использование holzgasa**

В прошлом древесный газ использовался в качестве двигательного топлива. Использовали его ещё задолго до того, как открыли залежи нефти и была разработана технология производства бензина и машинного масла. Двигатели на древесном газе служили для приведения в движение машин, а также стационарных устройств (помпы; агрегаты, производящие электрический ток). Древесный газ можно с успехом применять для отопления помещений. Отопление при помощи дерева – один из самых дешёвых способов обеспечения теплом. «Будущее» отопления - это биомасса, так как биомасса является топливом воспроизводимым.

Произвольный четырёхтактный двигатель может работать вместо бензина или машинного масла на древесном газе. Это относится как к двигателям, работающим на бензине, так и к дизельным двигателям. Из литературных источников известно, что газ, полученный из 2,5-4 кг древесного сырья, равен одному литру бензина.

#### **Древесный газ является топливом воспроизводимым и не эмиссионным**

Эмиссию двуокиси углерода, появляющуюся в результате сгорания древесного газа, принято считать нулевой. Это не означает, что в выхлопных моторных газах такое газовое топливо не будет иметь этого составляющего. Именно двуокись углерода несколько десятков лет тому назад находилась в атмосфере, откуда адсорбировалась деревом. Поэтому можно сказать, что при длительном сгорании holzgasa не будет значительной эмиссии двуокиси углерода в атмосферу. В отношении окислов серы так же можно сказать, что их эмиссия будет мала в сравнении с эмиссией серы при сгорании угля. Древесное топливо вообще не содержит соединений серы. Наиболее важным для охраны природы является газовая переработка древесных отходов или лесных шишек.

## **ФЕРМЕНТАЦИЯ ОТХОДОВ ОТ УБОЯ СКОТА**

*Лех Магрел, Ежи Брылка*

*Белостокский политехнический институт, Белосток, Республика Польша*

### **Введение**

Установки выработки биогаза выполняют в разных странах различные задачи. В Азии, где уже работают миллионы малых установок, энергию их используют для освещения помещений и для кухонных целей. В Китае в НИИ утилизации органических отходов разработано много программ по их ферментации. Подобные институты работают в США, Италии, Великобритании и Испании в направлении охраны природы и производства нетрадиционной энергии. В Европе биогазовые установки работают преимущественно в сельском хозяйстве для удовлетворения её внутренних потребностей. В Дании построены дорогие центральные автоматизированные сети биогазовых установок. В Австрии эти системы работают преимущественно в животноводстве при утилизации органических отходов для энергетических целей и переработки сельскохозяйственной продукции. В Германии существуют небольшие, средние и мощные биогазовые сельскохозяйственные установки. Эти системы развиваются наиболее энергично и выполняют комплексные программы охраны окружающей среды по объединению разрозненных местных источников энергии. В будущем в Германии планируется ввести в эксплуатацию несколько десятков тысяч биогазовых установок. Число людей, обслуживающих эти установки, составляет 280000 человек [6]. Для реализации программы утилизации органических остатков создано 150 научно-проектных и конструкторских бюро. Биогазовые установки влияют на окружающую среду, являются источниками энергии,

непосредственно участвуют в процессах утилизации сельскохозяйственной продукции, производимой на неосновных сельхозугодиях. В Польше исследования, связанные с разработкой биогазовых установок, основаны на технологиях, разработанных в Швейцарии. В 80-х годах эти исследования были прекращены, потому что энергия, полученная в биогазовых установках, не нашла там практического применения. Эти идеи утилизации также не поддерживались в руководящих органах. Отсутствует определённый энтузиазм изучения этого опыта в Европе и в мире в целом.

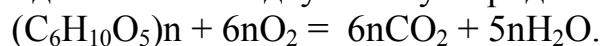
### **Выработка биогаза**

Бескислородная утилизация органических остатков – это комплекс биохимических процессов, в которых органические соединения натурального происхождения, такие как углеводы – целлюлоза, крахмал, пектины, гемицеллюлоза, сахара, а также белок, растительные и животные масла, раскладываются до метана и двуокиси углерода. Этот процесс издавна применяется на станциях очистки бытовых сточных вод, поскольку создаёт возможность превращения осадков в сухую безводную массу. Конечным продуктом этой технологии является биогаз, состоящий из метана 55-75% и двуокиси углерода в количестве 25 – 45%. В зависимости от состава ферментационной биомассы количество биогаза выходит разным. Наибольшее количество биогаза можно получить при ферментации масел органического и животного происхождения. В зависимости от состава первичных продуктов биогаз может быть получен из:

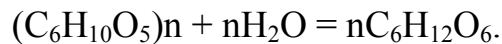
- осадков сточных вод – осадка, взятого из первичных камер осаждения, осадка фильтров грубой очистки;
- осадков сточных производственных вод – спиртоводочных и дрожжевых фабрик;
- жидких отходов предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции – масляных, мясных и молочных комбинатов, птицеферм, продуктов переработки яиц, фруктов и овощей, отходов мясобоен и продуктов с просроченными сроками годности [1];
- отходов животноводческих ферм – навоз, навозная жижа [2, 7];
- органических отходов растительного происхождения – травы, соломы, листья сахарной свеклы, картофеля, кукурузы, просроченных остатков силоса, остатков послеуборочной продукции – ржаной, репейной и пшеничной соломы, органических частей осадков бытовых сточных вод;
- растений, используемых для продукции биоэнергии – вторичный урожай зерновых, трав, *Miscanthus Gigantea*.

### **Биохимические процессы при ферментации**

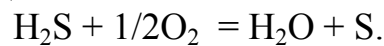
Процесс разложения органической субстанции может происходить в условиях как кислородных, так и бескислородных. В кислородных условиях разложение органического материала используется для производства органической основы выращивания грибов. В этих кислородных условиях конечными продуктами разложения углеводов являются двуокись углерода и вода:



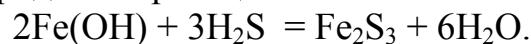
В бескислородных условиях продуктами разложения углеводов является метан и двуокись углерода [3]. В первой фазе этого процесса должен происходить гидролиз углеводов по схеме:



Кроме приведенных выше соединений, в этой реакции происходит синтез новых продуктов. Оставшиеся твердые субстанции используются для получения компостов. Также, в зависимости от химического состава ферментационного материала, в составе производимого биогаза будут находиться разные незначительные примеси, влияющие на энергетические свойства биогаза и технологию его очистки. В составе биогаза обычно присутствуют несколько сотен газообразных продуктов в очень малых количествах. Однако они оказывают существенное влияние на практическое использование биогаза. Например, содержащийся в них сероводород удаляют разными способами, но наиболее дешевым является способ окисления биогаза в вентиляционном реакторе. Тогда происходит следующая реакция:



Традиционно сероводород изымается из биогаза в колонках, наполненных болотно-дерновой рудой. Амфотерные оксиды и гидроксиды железа при этом соединяются с сероводородом по реакции:



После насыщения сернистыми соединениями руда регенерируется воздухом. При этом сера восстанавливается до молекулярной.

Для извлечения сероводорода из биогаза, производимого на очистных станциях, используется комплексное металлоорганическое соединение версениан (*wersenian żelaza* (II),  $Fe(EDTA)_2$ ). В новых технологиях по очищению биогаза от сероводорода используются морские водоросли.

### **Предпосылки для создания биогаза**

На процесс метановой ферментации органического вещества влияют физические, химические, биологические факторы. Среди них главными являются:

- температура;
- время выдерживания;
- смешивание;
- содержание сухой массы;
- происхождение органического материала;
- потенциал содержания летучих органических продуктов.

Среди главных химических факторов, которые контролируются при процессе ферментации органической биомассы, отмечают:

- pH;
- щелочность;
- содержание летучих органических кислот;
- содержание редких и рассеяных веществ;
- содержание токсических соединений.

В качестве inoculum (активатора) могут использоваться клоны бактерий, работающие в биохимических реакторах при анаэробной ферментации стоков, бактерии осадков сточных вод и бактерии, живущие в отходах животноводческих комплексов. Адаптация этих бактерий к термофильным условиям обычно длится 2-4 месяца, а иногда – до одного года.

Температура ферментационного процесса метанового разложения органической субстанции является очень важным условием, влияющим на степень конверсии субстанции, кинетику разложения биомассы, стабильность и качество образующихся остатков, а также количество возникающей энергии нетто. Этот метаногенный процесс в обычных условиях проходит при температуре 4 – 98<sup>0</sup> С, однако с выделением трех подпроцессов оптимальной температуры:

- а) 20 – 25<sup>0</sup> С – для бактерий психрофильных;
- б) 35 – 37<sup>0</sup>С – для бактерий мезофильных;
- в) 55 – 60<sup>0</sup> С – для бактерий термофильных.

При высокой температуре возрастает скорость процесса конверсии биомассы, однако снижается его стабильность. Высокая температура влияет на эффективность разложения органического материала, а также на уничтожение болезнетворных микробов. Количество энергии, необходимой для поддержания реакции в пределах температуры 55<sup>0</sup>С почти на 120% выше, чем при мезофильном процессе, но это компенсируется возрастанием в несколько раз производимого биогаза [4].

Перемешивание активной биомассы в процессе её ферментации также является важным условием и производится механически при рециркуляции бактерий, а также при транспортировке биогаза. Рециркуляция культур бактерий имеет много положительных характеристик. Технически она выполняется с использованием насосов. Добавление органической массы в реактор проводится 1-3 раза в день, однако известны новые конструкции реакторов, в которых загрузка реакторов проводится один раз в 20 дней с заменой сточного оборудования.

Биомасса может содержать ингибиторы в виде разных ксенобиотиков и антибиотиков, средств защиты растений и аммиак. Высокое содержание аммиака, выделяющегося в результате ферментации биомассы, действует каталитически на гидролиз углеводов, но останавливает процесс ферментации отходов при высоких значениях рН.

Содержание сухой массы в ферментированной биомассе может составлять меньше 1% и быть выше 50%. Такое широкий диапазон содержания сухой массы в биомассе при термофильной ферментации значительно изменяет тепловые характеристики процесса. Известны случаи, когда при ферментации отходов с содержанием сухой массы в 1% в мезофильных условиях полностью произведённая энергия и еще 10% дополнительной энергии было использовано только на функционирование работы ферментатора. Когда же содержание сухой массы в биомассе составляло 10-15%, то на узел ферментатора использовалось только несколько процентов энергии, предназначенной для регулирования всего процесса ферментирования. Надежная изоляция реактора, а также монтаж реактора под землей может еще более снизить потери тепловой энергии. От

условий течения реакций ферментации зависит количество производимого биогаза, его состав, калорийность газа, степень загрязнения, а также качество произведенной послеферментационной массы органического материала.

### **Сырьевой материал, предназначенный для производства биогаза**

Известен материальный состав субстанции, предназначенный для продукции биогаза. Наиболее популярными являются осадки бытовых сточных вод, поступающие на станции очистки сточных вод, а также отходы мусоросборных полигонов. В сельском хозяйстве и животноводстве наиболее используемыми для производства биогаза являются отходы домашних животных, а также специально выращенные энергетически ценные растения.

### **Виды и типы биогазового оборудования**

Биогазовые установки в сельском хозяйстве должны соответствовать определенным требованиям. Например, куриный помет, содержащий песок, может быть переферментирован только в специальном реакторе, снабженном приспособлениями для очищения от песка. В устройствах другого назначения птичий помет очищается от песка в предварительной камере очистки, где мелкий и крупный песок падает на дно специального отстойника, откуда его отсеивают.

### **Основные элементы безопасной работы на биогазовых установках**

Функционирование биогазовых сельскохозяйственных установок должно соответствовать требованиям, содержащимся в Постановлении министра сельского хозяйства и продовольствия от 7 октября 1997 года (Dz. U. Nr 132, poz. 887). В соответствии с этим документом расстояние между ферментационными и другими технологическими камерами и камерами аккумуляции газа при их ёмкости более 100 м<sup>3</sup> должна составлять 30 м. Это распоряжение практически запрещает строительство и монтаж биогазовых установок в небольших и средних по размерам хозяйствах.

### **Список использованных источников**

1. Weiland, P. (1993) One-and two-step Anaerobic Digestion of Solid Agroindustrial Residues. *Water Science and Technology* 27(2), 145-151
2. Hansen, K. H., Angelidaki, I and Ahring, B. K. (1998) Anaerobic Digestion of Swine Manure Inhibition by Ammonia. *Water Research*, 32, 5-12
3. De Baere, L. (1999) Anaerobic Digestion of Solid Waste: State of the Art., *Water Science Technology* Vol. 41, No 3 pp 283 – 290
4. Ahring, B. K., A.A. Ibrahim, et. Al. (2001). Effect of Temperature Increase From 55 to 65°C on Performance and Microbial Population Dynamic of an Anaerobic Reactor Treating Cattle Manure. *Water Research* 35(10) : 2446-2452
5. Wilkie, A. C. (200) Reducing Dairy Manure Odor and Producing Energy. *BioCycle* 41(9) 48-50
6. Kottner M. (2001) Biogas in Agriculture and Industry. Potentials Present Use, and Perspectives. *Renewable Energy World* (44) 133-143
7. Dennis A. Burke P. E. (2001) Dairy Waste Anaerobic Digestion. Handbook. Environmental Energy Company.
8. Oleszkiewicz, J. A., and Poggi-valardo, H. M. (1997) High-Solids Anaerobic Digestion of Mixed Municipal Solid Waste. *J. Env. Eng.* 23(11) 1087-1092.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

**Мацко И.И.**

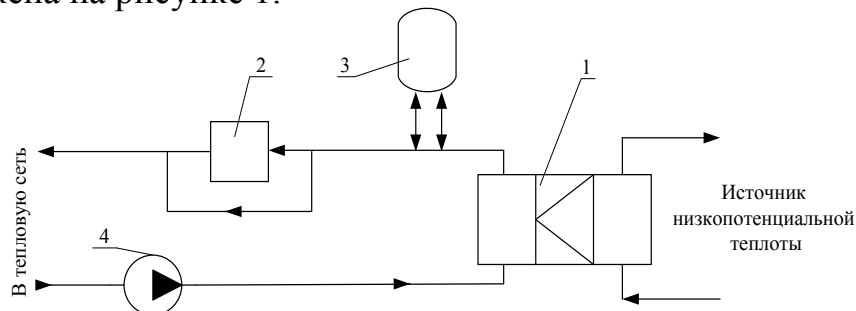
*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, РБ, i-matsko@yandex.ru*

Among heat sources that have good prospects for the Republic of Belarus are large combination thermocompressor plants including vapor compression water-to-water ther-mocompressor units, hot water boilers and accumulation tanks. This is connected with high degree of heat supply centralization and the existence of concentrated flows of dis-charge heat. To study power efficiency of the combination thermocompressor plant as a source of heat of centralized heat supply it is necessary to select optimum parameters of operation and work out a heat circuit. The methods are developed for analyzing power ef-ficiency of the combination thermocompressor plants use allowing for specific features of seasonal heat consumption depending on the temperature chart of the heat supply system, low-grade heat source temperature and climatological parameters of the region.

### Введение

В системах теплоснабжения требуется теплота с небольшим значением эксергии [1]. При этом приходится сжигать топливо, химическая энергия которого практически целиком представляет собой эксергию. Получение эксергетически менее ценного тепла для систем теплоснабжения возможно с помощью тепловых насосов.

Для РБ, в связи с высокой степенью централизации теплоснабжения и наличия концентрированных потоков отходящей теплоты, наиболее перспективными являются крупные комбинированные теплонасосные станции (КТС), состоящие из парокомпрессионных теплонасосных установок (ТН), водогрейных котлов (ВК) и баков-аккумуляторов. Назначение водогрейных котлов – обеспечить идентичные с ТЭЦ и районными котельными параметры сетевой воды. Назначение баков-аккумуляторов тепловой энергии – обеспечить возможность работы КТС не только по свободному, но и по принудительному графику энергопотребления: в часы провалов суточных графиков электрической нагрузки энергосистем. Принципиальная схема КТС для закрытой системы теплоснабжения изображена на рисунке 1.



1 – тепловой насос, 2 – водогрейный котёл, 3 – бак-аккумулятор тепловой энергии,  
4 – сетевой насос

**Рисунок 1 - Схема комбинированной теплонасосной станции для закрытой системы теплоснабжения**

## Разработка методики расчёта энергетической эффективности

Для обеспечения единообразия систем теплоснабжения и возможности включения КТС в действующие системы температура воды, подаваемой от них в тепловые сети, должна соответствовать температурному графику. Каждая КТС характеризуется суммарной тепловой мощностью установленных ТН и ВК, коэффициентом преобразования ТН  $\mu_{\text{ТН}}$ , коэффициентом полезного действия ВК  $\eta_{\text{К}}$ . Данные параметры, кроме  $\eta_{\text{К}}$ , зависят от температур теплоприёмника и источника теплоты.

Для исследования энергетической эффективности КТС в качестве теплоисточника централизованного теплоснабжения необходимо выбрать оптимальные параметры и разработать тепловую схему. Определение оптимальных параметров КТС производится с помощью интегрального графика тепловой нагрузки в безразмерных координатах. Этим графиком удобно пользоваться в том случае, когда тепловая нагрузка обеспечивается теплотой из различных источников, для определения степени их участия в покрытии годового расхода теплоты. Интегральный график  $\alpha_{\text{ГОД}} = f(\alpha_{\text{С}})$  строится на основе графика продолжительности тепловой нагрузки. Здесь  $\alpha_{\text{С}} = Q/Q_{\text{P}}$  - отношение тепловой нагрузки источника  $Q$  к расчётной нагрузке района  $Q_{\text{P}}$ ;  $\alpha_{\text{ГОД}} = Q^{\text{ГОД}}/Q_{\text{P}}^{\text{ГОД}}$  - отношение количества теплоты, отпускаемой за отопительный сезон источником  $Q^{\text{ГОД}}$ , имеющим расчётную производительность  $Q$ , к суммарному расходу теплоты за сезон  $Q_{\text{P}}^{\text{ГОД}}$ .

Следующим шагом при исследовании энергетической эффективности КТС в качестве теплоисточника централизованного теплоснабжения является определение максимальной температуры воды после конденсатора теплового насоса  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{МАХ}}}$ . Главным образом значение  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{МАХ}}}$  зависит от термодинамических свойств рабочего тела, конструкции ТН и температурного уровня источника низкопотенциальной теплоты. При дальнейшем рассмотрении используются энергетические характеристики ТН производства ЗАО «Энергия» (Новосибирск, Россия), так как эта продукция наиболее качественно адаптирована для применения в отечественных системах теплоснабжения и способна обеспечить  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{МАХ}}} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  [2].

Температура низкопотенциального источника теплоты  $t_{\text{НПТ}}$ , используемого ТН, в ходе эксплуатации может колебаться в широких пределах (от 5 до 40  $^{\circ}\text{C}$ ), что необходимо учитывать при расчёте тепловой схемы КТС. Рассмотрим в качестве источника низкопотенциальной теплоты воду станции аэрации с  $t_{\text{НПТ}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При выборе максимальной температуры воды после конденсатора ТН  $\tau_{\text{ТН}_{\text{МАХ}}}$  необходимо отслеживать соответствующее этой температуре значение коэффициента преобразования ТН  $\mu_{\text{ТН}}$  для конкретного температурного уровня источника низкопотенциальной теплоты. Величина коэффициента преобразования ТН  $\mu_{\text{ТН}}$  в этом случае не должна быть меньше значения, обеспечивающего равенство расходов первичной энергии на производство тепловой энергии от КТС станции и традиционного источника.



При сопоставлении с районной котельной:

1. Удельный расход первичной энергии на производство единицы тепловой энергии для районной котельной:

$$q_k = \frac{1}{\eta_k}. \quad (1)$$

Для высокоэффективных котлов  $\eta_k$  достигает 92 %.

2. Удельный расход первичной энергии на производство единицы тепловой энергии для теплового насоса:

$$q_{\text{ТНУ}} = \frac{p}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}}} = \frac{1}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}} \cdot \mu_{\text{ТН}}}, \quad (2)$$

где

$p$  - удельный расход электроэнергии на получение тепловой энергии от ТН;

$\eta_{\text{КЭС}} = 0,4$  - коэффициент полезного действия замыкающей КЭС, %;

$\eta_{\text{ЛЭП}} = 0,92$  - коэффициент полезного действия электрической сети, %.

Приравнивая правые части выражений (1) и (2), определяем минимальный допустимый коэффициент преобразования теплового насоса  $\mu_{\text{ТН}_{\text{мин}}}$ :

$$\mu_{\text{ТН}_{\text{мин}}} = \frac{\eta_k}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}}} = \frac{0,92}{0,40 \cdot 0,92} = 2,5. \quad (3)$$

В случае, если в качестве замыкающей КЭС рассматривать блок ПГУ Минской ТЭЦ-5 электрической мощностью 450 МВт, вводимый в эксплуатацию в ближайшее время [3], значение минимально допустимого коэффициента преобразования ТН  $\mu_{\text{ТН}_{\text{мин}}}$  составит порядка 1,7. Таким образом, меры, направленные именно на удешевление производства электрической энергии определяют условия экономичности внедрения парокомпрессионных ТН. В нашем случае, при  $t_{\text{НПТ}} = 15$  °С значение  $\mu_{\text{ТН}_{\text{мин}}} = 2,5$  согласно [2] достигается при  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{MAX}}} = 70$  °С; при  $\mu_{\text{ТН}_{\text{мин}}} = 1,7$  -  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{MAX}}}$  превышает 80 °С.

При  $\tau_1 > \tau_{\text{ТН}_{\text{MAX}}}$  в тепловом насосе поддерживается  $\tau_{\text{ТН}} = \tau_{\text{ТН}_{\text{MAX}}} = \text{const}$ , при  $\tau_1 < \tau_{\text{ТН}_{\text{MAX}}}$  -  $\tau_{\text{ТН}} = \tau_1 = \text{var}$ . Со снижением температуры наружного воздуха  $t_{\text{НВ}}$  растёт  $\tau_2$  и уменьшается разность между  $\tau_{\text{ТН}_{\text{MAX}}}$  и  $\tau_2$ . Поэтому доля тепловой энергии, производимой ТН в общей теплопроизводительности, КТС падает.

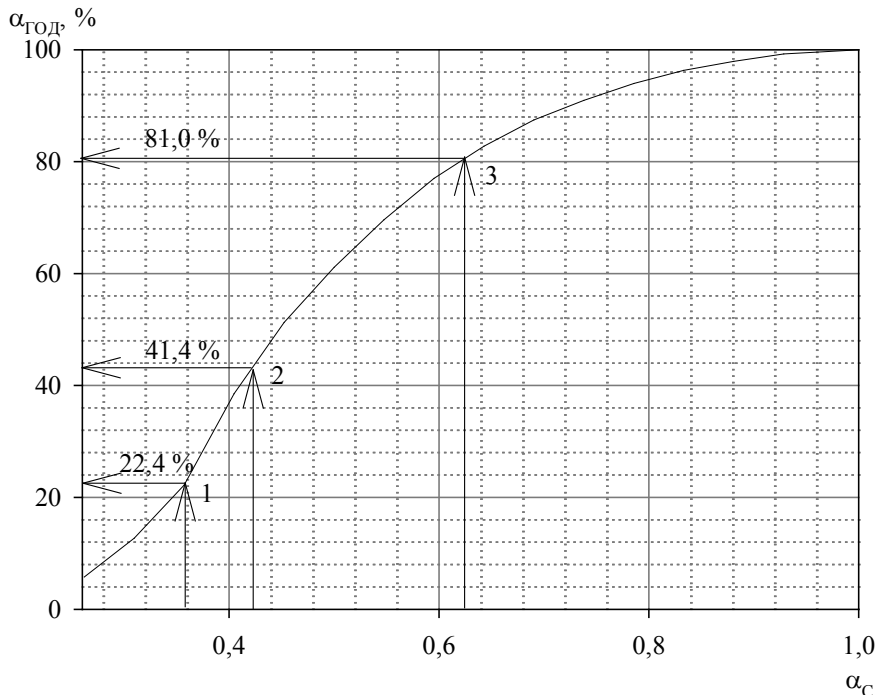
Для климатических условий Гомеля значения  $\bar{Q}_{\text{от}_\text{ТН}}$  при работе систем теплоснабжения по характерным температурным графикам приведены в таблице.

**Таблица - Доля расчётной отопительной нагрузки, покрываемая работой тепловых насосов  $\bar{Q}_{\text{от}_\text{ТН}}$  в зависимости от температурного графика и  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{MAX}}}$ .**

Температурный график	$\tau_{\text{ТНУ}_{\text{MAX}}}$ , °С	
	70	80
150/70 °С	0,35	0,43
130/70 °С	0,42	0,51
95/70 °С	0,62	0,77

Как видно из таблицы, на долю расчётной отопительной тепловой нагрузки, покрываемую работой ТН  $\bar{Q}_{OT\_TH}$ , существенно влияет температурный график системы теплоснабжения. Снижение расчётных температур теплоносителя в сети увеличивает долю  $\bar{Q}_{OT\_TH}$ . При относительной отопительной нагрузке  $\bar{Q}_{OT} > \bar{Q}_{OT\_TH}$  совместно с ТН функционируют ВК. Данный режим работы приводит к наибольшей экономии топлива за отопительный сезон.

Используя интегральный график тепловой нагрузки для Гомеля, построенный по данным [4], определим степень участия ТН в покрытии годового расхода теплоты. Полученные данные (рис. 2) позволяют предположить, что ТН мощностью значительно меньше расчётной тепловой нагрузки, работающие в базовом режиме эксплуатации, способны покрыть значительную часть годовой отопительной нагрузки. Например, при  $\tau_{THY\_MAX} = 70$  °С и температурном графике 95/70 °С 81 % годового потребления тепловой энергии системами отопления будет обеспечен ТН установленной мощностью  $0,62 \cdot Q_p$  ( $\alpha_c = 62$  % от расчётной отопительной нагрузки).



**Рисунок 2 - Доля годового расхода теплоты, покрываемая тепловыми насосами комбинированной теплонасосной станции при  $\tau_{THY\_MAX} = 70$  °С для температурных графиков: 1 – 150/70 °С; 2 – 130/70 °С; 3 – 95/70 °С**

Работа ТН в составе КТС предполагает в первую очередь максимально полное на протяжении отопительного периода использование их установленной мощности, соразмерной с возможностями утилизации для нужд отопления низкопотенциальной теплоты местных возобновляемых и вторичных источников. Описанные мероприятия позволяют с помощью ТН заместить энергию ископаемых видов топлива низкопотенциальной теплотой возобновляемых и вторичных источников.

Годовое потребление первичной энергии  $W_{\text{КТНС}}$  на выработку теплоты в КТС представляет собой сумму годовых затрат первичной энергии для входящих в её состав теплоисточников:

$$W_{\text{КТНС}} = W_{\text{К}} + W_{\text{ТН}}, \quad (4)$$

где

$W_{\text{К}}$  - годовой расход первичной энергии котлами КТС;

$W_{\text{ТН}}$  - годовой расход первичной энергии на выработку электроэнергии с учётом доставки, потребляемой тепловыми насосами КТС.

С учётом затрат первичной энергии для обеспечения работы ВК и ТН выражение (4) можно представить в виде:

$$W_{\text{КТНС}} = \frac{Q_{\text{К}}}{\eta_{\text{К}}} + \frac{N_{\text{ТН}}}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}}} = \frac{Q_{\text{К}}}{\eta_{\text{К}}} + \frac{Q_{\text{ТН}}}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}} \cdot \mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}}}, \quad (5)$$

где

$Q_{\text{К}}$  - годовая выработка теплоты водогрейными котлами;

$Q_{\text{ТН}}$  - годовая выработка теплоты тепловыми насосами;

$N_{\text{ТН}}$  - годовое потребление электроэнергии тепловыми насосами;

$\mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}}$  - средневзвешенный годовой коэффициент преобразования тепловых насосов.

Сокращение расхода первичной энергии по сравнению с котельной составит:

$$\Delta W = W_{\text{ВК}} - W_{\text{КТНС}}, \quad (6)$$

где

$W_{\text{ВК}}$  - годовой расход первичной энергии на выработку теплоты в ВК.

С учётом формулы (5):

$$\Delta W = \frac{Q^{\text{ГОД}}}{\eta_{\text{К}}} - \left( \frac{Q_{\text{К}}}{\eta_{\text{К}}} + \frac{Q_{\text{ТН}}}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}} \cdot \mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}}} \right). \quad (7)$$

Определим, например, сокращение расхода первичной энергии на единицу отпускаемой теплоты при  $\tau_{\text{ТНУ}_{\text{МАХ}}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и работе системы теплоснабжения по температурному графику 95/70  $^{\circ}\text{C}$

$$\Delta w = \frac{\Delta W}{Q^{\text{ГОД}}} = \frac{1}{\eta_{\text{К}}} - \left( \frac{Q_{\text{К}}/Q^{\text{ГОД}}}{\eta_{\text{К}}} + \frac{Q_{\text{ТН}}/Q^{\text{ГОД}}}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}} \cdot \mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}}} \right). \quad (8)$$

Для рассматриваемого варианта, с учётом полученных значений  $\alpha_{\text{ГОД}}$  (рис. 2):

$$\Delta w = \frac{1}{\eta_{\text{К}}} - \left( \frac{0,19}{\eta_{\text{К}}} + \frac{0,81}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot \eta_{\text{ЛЭП}} \cdot \mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}}} \right). \quad (9)$$

Величина средневзвешенного годового коэффициента преобразования ТН  $\mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}}$  зависит от температуры источника низкопотенциальной теплоты, температурного графика системы теплоснабжения и определяется с учётом продолжительности стояния температур наружного воздуха для конкретного климатического региона [4] и зависимости коэффициента преобразования ТН конкретного производителя от преодолеваемой разности температур [2].

В нашем случае, при  $t_{\text{НПТ}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и установленной мощности тепловых насосов  $0,62 \cdot Q_{\text{р}}$  ( $\alpha_{\text{с}} = 62 \%$ ) значение  $\mu_{\text{ТН}}^{\text{ГОД}} = 3,7$ . Тогда:

$$\Delta w = \frac{1}{0,92} - \left( \frac{0,19}{0,92} + \frac{0,81}{0,4 \cdot 0,92 \cdot 3,7} \right) = 0,285. \quad (10)$$

Определим соответствующее этому относительное сокращение расхода первичной энергии при теплоснабжении от КТС вместо водогрейной котельной:

$$\Delta = \frac{\Delta w}{1/\eta_k} = \frac{0,285}{1/0,92} = 0,262. \quad (11)$$

Таким образом, в рассматриваемом примере годовой расход топлива на нужды отопления потребителей при замене водогрейной котельной на КТС сократится на 26,2 %. Для реализуемых на практике диапазонов изменения показателей энергоэффективности теплоисточников создание КТС с применением работающих в базовом режиме эксплуатации ТН с электроприводом позволяет снизить общее потребление ископаемых видов топлива за счёт использования низкопотенциальной теплоты местных возобновляемых и вторичных источников. Это создаёт условия для оздоровления окружающей среды и повышает инвестиционную привлекательность теплонасосных технологий.

Данный расчёт был выполнен без учёта тепловой нагрузки на горячее водоснабжение, которая полностью будет покрываться за счёт работы ТН КТС. Это позволит ещё больше сократить расход топлива на нужды теплоснабжения.

Дополнительными стимулами развития комбинированных теплонасосных станций являются относительное снижение вредных выбросов в окружающую среду, применение дешёвых ночных тарифов на электроэнергию для выработки теплоты, повышение общей надёжности теплообеспечения и расширения возможностей регулирования тепловой энергии.

### **Выводы**

1. Представленные результаты исследований дают основание наметить мероприятия, направленные на эффективное внедрение теплонасосных технологий в сфере теплоснабжения.

2. Разработана методика расчёта энергетической эффективности внедрения КТС с учётом особенностей сезонного теплопотребления в зависимости от температурного графика системы теплоснабжения, температуры источника низкопотенциальной теплоты, климатологических параметров региона.

3. Выявлена возможность экономии невозобновляемых энергоресурсов за счёт оптимального перераспределения годовой отопительной нагрузки между входящими в состав КТС теплоисточниками с максимальной загрузкой наиболее экономичных из них. При этом значительная часть годового теплопотребления обеспечивается относительно малыми по установленной мощности, но высокоэффективными ТН.

### **Список использованных источников**

1. Бродянский, В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

2. Петин, Ю.М. Опыт производства тепловых насосов предприятием ЗАО «Энергия» / Ю.М. Петин // Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Часть 2 / Ю.М. Петин; под ред. П.П. Безруких. – М.: Амипресс, 2002 – С. 54–56.

3. О мероприятиях по выполнению в 2008 году Государственной комплексной программы модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 года: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.02.2008 г. № 261

4. Строительная климатология: СНБ 2.04.02-2000. – Введ. 01.07.2001. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. – 40 с.

## **АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА**

**Медведева О.Н.**

*ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет»  
НО Строительно-архитектурно-дорожный институт», г. Саратов, Россия,  
[medvedeva-on@mail.ru](mailto:medvedeva-on@mail.ru)*

Despite the large proportion of gaseous fuel in the residential sector of the country, the modern structure of domestic energy supply has a number of significant shortcomings. A study of advanced domestic and foreign experience in fuel economy in gas supply system, in order to operationalize the concept of gas saving in housing and communal services, has developed block diagram of the energy saving measures in relation to gas facilities.

В настоящее время при топливоснабжении городов и сельских населенных пунктов используются в основном ископаемые органические виды топлива: сетевой природный и сжиженный углеводородный газы, уголь, жидкие нефтепродукты, а также электроэнергия. Однако ограниченность в природе, невозобновляемость и, как следствие, постоянно растущая стоимость требуют изыскивать мероприятия по их рациональному сберегающему использованию, а также внедрению экономически целесообразных возобновляемых источников топлива и тепловой энергии.

Использование твердого и жидкого топлива для технологических установок, а также для бытовых и хозяйственных нужд не отвечает в должной мере социальным, экологическим и техническим требованиям. Загрязнение окружающей среды и связанный с этим материальный ущерб и ухудшение здоровья населения, имеющие место при прямом сжигании органического топлива, еще более усиливают тенденцию по его энергосбережению. По сравнению с другими видами органического невозобновляемого топлива наиболее сервисными, экологическими и удобными в использовании являются на перспективу природный и сжиженный газы. Одним из крупных потребителей природного газа является жилищно-коммунальное хозяйство. Исходя из социальных и экономических критериев, приоритетным направлением использования природного газа являются коммунально-бытовые потребности (отопление, горячее водоснабжение, прищеприготовление) с соответствующим развитием газификации.

По различным оценкам, энергосбережение, как способ обеспечения растущей потребности в энергии и энергоносителях, в 2-5 раз ниже, чем затраты на производство, транспорт и распределение эквивалентного количества энергоносителей. Выбирать энергосберегающие мероприятия следует после соответствующего ранжирования с учетом приоритетности в общем балансе энергопотребления и минимального срока окупаемости требуемых капитальных вложений для осуществления конкретного мероприятия. Экономически целесообразные и технологически возможные мероприятия по экономии энергоресурсов характеризуются высокой народнохозяйственной эффективностью. Основная экономия топлива и энергии достигается путем снижения их удельных расходов за счет реализации крупных технических и технологических мероприятий

со значительными затратами на начальном этапе. Вместе с тем, в общем комплексе энергосберегающих мероприятий имеют место и такие меры, которые можно осуществить в короткие сроки и при гораздо меньших затратах. В целях практической реализации концепции газосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве, предлагается перечень энергосберегающих мероприятий. Главной особенностью предлагаемых решений является высокий энергоэкономический эффект при небольших инвестициях в сберегающую технику. Проанализируем энергосберегающие мероприятия, приведенные в таблице.

#### **Установка бытовых газовых счетчиков**

В настоящее время большие объемы потребляемого населением газа учитываются с использованием нормативных показателей (из-за отсутствия счетчиков газа у потребителей), что приводит к существенным экономическим потерям, поскольку расчетные лимиты значительно превышают реальное газопотребление. Учет топлива и энергии в комплексе с воспитанием сознания людей по экономии топлива создают у потребителей четкое психологическое соответствие между расходом энергоресурсов и их оплатой. По данным газовых хозяйств, установка газовых счетчиков снижает газопотребление на 15÷20%. Однако следует отметить, что высокая стоимость установки счетчиков (включая проектные, монтажные и пусконаладочные работы) в сочетании с низкой ценой на газ, поставляемый на нужды населения, экономически не оправдывает установку счетчиков в квартирах, оборудованных только газовыми плитами (плитами и водонагревателями). Срок окупаемости капитальных вложений составляет свыше 30 лет. В то же время, установка счетчиков в квартирах с газовым отоплением экономически выгодна, так как окупает капитальные вложения за 4,3 года (табл.1), а с учетом перспективы удорожания газового топлива срок окупаемости уменьшается до 2,5÷3 лет.

#### **Оптимизация коэффициента избытка воздуха в газовых отопительных печах, газовых котлах и водонагревателях**

Газовые приборы, эксплуатируемые населением, как правило, работают в неоптимальном режиме с пониженным или повышенным коэффициентом избытка воздуха в газовых горелках. Работа газовых аппаратов с большим расходом воздуха не только приводит к перерасходу топлива, но и ухудшает работу агрегата. Как следствие, снижается КПД аппаратов за счет химической неполноты сгорания топлива (2÷4%) или повышается содержание избыточного воздуха в продуктах сгорания (4÷6%), что также приводит к значительным потерям тепла. Чтобы уменьшить данные виды потерь необходимо внимательно следить за процессом горения топлива, добиваясь его полного сгорания. Из изложенного следует, что от правильного обслуживания газогорелочных устройств в большей степени зависит величина тепловых потерь и КПД установки. Регулирование горелок газовых отопительных печей и аппаратов газовыми службами (один раз в год перед отопительным сезоном в ходе профилактического обслуживания) обеспечивает экономию топлива в размере 4% от годового газопотребления и не требует дополнительных материальных и денежных затрат.

#### **Снижение избыточного воздухообмена в квартирах многоэтажных зданий**

Обычно система вентиляции рассчитывается по верхнему этажу, где располагаемое циркуляционное давление минимально. При этом каналы нижних этажей, работающие при большем давлении, при том же сечении извлекают из

помещения повышенный (сверх нормативного) объем воздуха. Повышенный воздухообмен в помещениях приводит к снижению температуры внутреннего воздуха. Чаще всего недостаток теплоты компенсируется жильцами за счет работы бытовых газовых приборов. Эффективным средством снижения избыточного воздухообмена является диафрагмирование вытяжных решеток каналов нижних этажей. При этом ежегодная экономия топлива составляет  $1,2 \div 2,8 \text{ МВт/ч}$  на один вентканал, что эквивалентно сбережению  $123 \div 280 \text{ м}^3$  газа. Затраты на установку диафрагм в размере 100 рублей окупаются в течение года.

### **Оптимизация графика работы отопительных котельных**

Расходы газового топлива в отопительных котельных составляют существенную долю в общем топливном балансе. Одной из главных причин повышенной энергоемкости ТГУ является их низкий КПД. Опыт эксплуатации котельных, оборудованных чугунными водогрейными котлами, показывает, что КПД таких котельных не превышает  $60 \div 75\%$ . Такие низкие значения обусловлены, в основном, потерями теплоты с уходящими газами за счет химической неполноты сгорания газа. В котельных, где используются чугунные котлы, есть резервы: составление графиков, обеспечивающих оптимальную работу отдельных котлов в течение отопительного периода с КПД, близким к его максимальной величине. Внедрение оптимального графика включения котлов в эксплуатацию приводит к экономии газа в размере  $6 \div 10\%$  за отопительный период.

### **Перевод газовых отопительных печей на режим непрерывного горения**

Данное мероприятие предлагается внедрять в порядке опытно-промышленной апробации для вновь газифицируемого печного фонда.

Перевод печей на газообразное топливо обычно проводится с сохранением периодической топки (непродолжительное сжигание топлива с аккумуляцией тепла кладкой печи и длительный перерыв, в течение которого печь отдает тепло воздуху помещения). При эксплуатации в режиме непрерывного натопа кладка печи не испытывает резких изменений температуры, поэтому срок ее службы возрастает. При работе печи в режиме непрерывного горения вследствие уменьшения часового расхода газа уменьшается часовое количество продуктов сгорания. В то же время протяженность и поверхность каналов печи периодического действия развита из расчета поглощения суточного запаса тепла за 1-3 часа топки (одноразовый натоп) или полусуточного запаса тепла (двухразовый натоп). Как следствие, при непрерывной топке температура уходящих газов имеет более низкое значение, чем при периодическом натопе, что обуславливает повышение КПД в период натопа в среднем на 10 %. Срок окупаемости капитальных вложений в реконструкцию печи при переводе на режим непрерывного горения (замена газовой горелки на горелку пониженной мощности и утепление дымовой трубы) составляет 2,5 года. Как показывают конкретные расчеты, применение газовых отопительных печей непрерывного горения снижает металлоемкость газовых распределительных сетей в  $1,7 \div 2,2$  раза. Указанное обстоятельство обеспечивает адекватное снижение металлоемкости распределительных сетей проектируемых населенных пунктов и вскрывает большие резервы по пропускной способности существующих газовых сетей.

Реализация предложенных газосберегающих мероприятий обеспечивает значительную экономию газового топлива при относительно небольших инвестициях. Так, например, для условий Саратовской области, внедрение данных мероприятий позволяет к 2012 году снизить годовое потребление газа на  $538 \text{ млн. м}^3$  (18,4%) при ежегодных инвестициях в объеме 118,23 млн. рублей.

**Таблица 1 – Удельные энергоэкономические показатели газосберегающих мероприятий**

Перечень газосберегающих мероприятий	Удельные энергоэкономические показатели							
	потребитель газа	годовой расход газа потребителем, м <sup>3</sup> /год	годовая экономия газа		годовая стоимость сэкономленного газа, руб/год	капложения в газосберегающие мероприятия, руб.	источник финансирования	срок окупаемости, лет
			м <sup>3</sup> /год	%				
Установка бытовых газовых счетчиков	Квартира с местным газовым отоплением	2941	441,2	15,0	555,9	2390	Собственные средства населения	4,3
Оптимизация коэффициента избытка воздуха в газовых отопительных печах, газовых котлах и водонагревателях	Отопительная печь	1653	66	4,0	84	Не требуется	-	-
	Отопительный котел (водонагреватель)	2925	117	4,0	148		-	-
Снижение избыточного воздухообмена в квартирах многоэтажных зданий	Квартира в многоэтажных зданиях с центральным отоплением	400	400	100,0	504	200	Собственные средства населения	0,4
Перевод газовых отопительных печей на режим непрерывного горения	Отопительная печь	1653	382	23,0	482	1200	-	2,5
Оптимизация графика работы отопительных котельных	Отопительная котельная	437428	32857	7,0	1610	Не требуется	-	-



## СЖИГАНИЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ В УСТРОЙСТВАХ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

*Д.В. Новосельцева*

*Коммунальное производственное унитарное предприятие «Брестводоканал»»,  
г. Брест, Республика Беларусь*

The possibility of sewage burning in the mechanism of pulsation combustion has been researched.

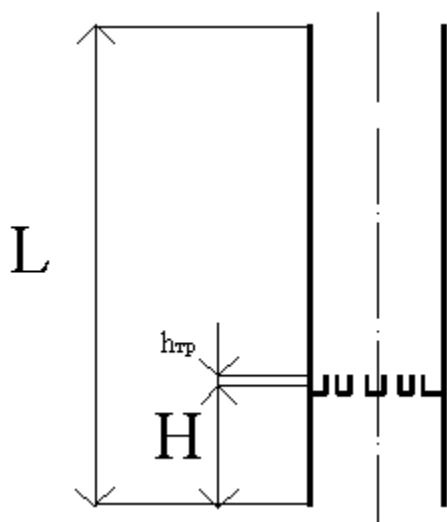
### **Введение**

Огневой метод является наиболее эффективным и универсальным методом термической очистки сточных вод. Топочные устройства, применяемые для сжигания жидких отходов, использующие известные способы сжигания топлив, имеют некоторые недостатки. Для сжигания жидких отходов целесообразно использование высокоэффективного способа сжигания топлива – пульсирующего горения.

### **Слоевое пульсирующее горение**

Физическая картина слоевого пульсирующего горения следующая [2]. В любой трубе могут происходить свободные колебания газового столба. Если в момент сжатия нагревать газ, то газовая система способна производить работу расширения, по аналогии с циклом тепловой машины. В момент расширения теплоподвод к газу должен быть минимальным. Проникая через слой, воздух получает тепло при движении снизу вверх и почти не подогревается в противоположном направлении (при смещениях, о которых идет речь). Акустическое смещение максимально по торцам трубы, поэтому эффект переменного теплоподвода максимален в этих местах, однако он должен реализовываться в фазе сжатия, то есть зону горения необходимо размещать между пучностями давления и скорости (пучность акустических смещений и узел давлений находятся на торце трубы, а узел смещений и пучность давления – посередине трубы). Таким образом, горящее топливо должно располагаться на  $\frac{1}{4}$  от нижнего торца трубы.

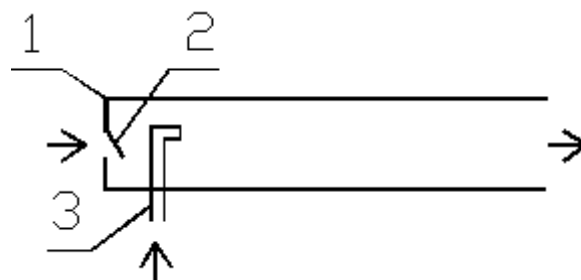
На рис. 1 показан пример возможного автоколебательного пульсационного устройства со слоевым пульсирующим горением. В вертикальном канале на  $\frac{1}{4}$  от нижнего торца трубы установлена горелка в виде плоскости с трубками. В пространстве между трубками подается жидкое топливо или жидкие горючие отходы, которые поджигаются снизу или сверху пусковым факелом, пары топлива загораются над горелкой, за счет самотяги или принудительной тяги продукты сгорания движутся вверх, воздух поступает снизу. В канале устанавливается стоячая акустическая волна.



*Рисунок 1 – Автоколебательное пульсационное устройство*

### **Факельное пульсирующее горение**

Физическая картина процесса факельного пульсирующего горения следующая. Представим себе удлиненный канал, один конец которого открыт в окружающую газовую среду, а на втором конце установлен клапан, пропускающий среду только в одном направлении (см. рис 2). Возле клапана смонтировано устройство, подающее топливо или прошедшие предварительную механическую очистку жидкие отходы (форсунка, горелка). При воспламенении топлива от любого запальника (электросвеча, факел) в части канала, примыкающей к клапану, повышается давление, клапан закрывается. Горячие продукты сгорания устремляются к открытому концу канала и истекают из него с большой скоростью во внешнюю среду. Так как газ обладает определенной массой, в районе клапана наступает разрежение. Клапан открывается, в канал поступает воздух, и новое воспламенение происходит автоматически, за счет остаточных очагов горения. Таким образом, цикл повторяется. Топливо подается непрерывно, запальник удаляется.



1-резонансная труба, 2-клапан, 3-топливоподающее устройство

*Рисунок 2 – Конструктивная схема процесса факельного пульсирующего горения*

Акустическая интерпретация явления такова: скачок давления, образовавшийся при воспламенении топлива в конце канала, со скоростью звука перемещается к открытому концу, отражается от него с потерей полуволны и в виде скачка разрежения возвращается к левому концу, клапан в это время открывается. Скачок разрежения идет к правому концу, отражается от него и уже в виде скачка давления возвращается к клапану. Происходит очередное воспламенение, цикл повторяется [1].

Существуют экспериментальные установки для обезвреживания жидких отходов, использующие процессы слоевого и факельного пульсирующего горения [2], однако процесс сжигания жидких отходов в них еще изучен недостаточно.

#### **Список использованных источников**

1. Северянин В.С. Исследование пульсирующего горения как способа интенсификации теплотехнических процессов: диссертация д.т.н. по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / В.С. Северянин – Саратов, 1987. – С. 15–18.
2. Технологическое пульсационное горение/ Под ред. В.А. Попова – Москва: Энергоатомиздат, 1993. – С. 292–293.

УДК 662.986

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОГАЗА**

**Павленко С.Н.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ.*

The important operation of a production process of manufacturing of building designs is warmly-vlazhnostnaja processing of concrete products making them that provides necessary durability of production. Induration of such products should occur at a certain temperature and damp mode. Recently as the heat-carrier the mix of products of combustion and water vapours starts to be used. At the Brest state technical university, in research laboratory "PULSAR" the steam and gas generator on the basis of pulsing burning of fuel (liquid or gaseous) is developed.

### **Введение**

Важной операцией технологического процесса изготовления строительных конструкций является тепловлажностная обработка составляющих их железобетонных изделий, что обеспечивает необходимую прочность продукции. Затвердевание таких изделий должно происходить при определенном температурно-влажностном режиме. Технологический цикл производства железобетонных изделий предусматривает плавный прогрев формы, заполненной бетоном, затем непродолжительное поддержание заданной температуры и плавное охлаждение в течение нескольких часов. От точности проведения этой операции во многом зависит прочность железобетонных изделий, а, следовательно, надежность всей будущей строительной конструкции в целом.

### **Суть проблемы**

В технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций используется большое количество теплоты. Она образуется, как правило, в котельных и в виде горячего пара определенных параметров подается на объект воздействия. Таким образом, для теплопотребителя требуется собственная котельная или подсоединение к магистральным паропроводам. Очевидна низкая

энергетическая эффективность такой схемы теплоснабжения (невысокий КПД у производителя теплоты, большие потери при транспорте и т.п.), крупные капитальные затраты и текущие расходы, инерционность технического и административного управления, большие пусковые издержки.

В последнее время в качестве теплоносителя начинает использоваться парогаз. Это смесь продуктов сгорания и водяных паров. Чаще вода впрыскивается в горячий газовый поток. Эта конструкция неудобна тем, что требуется повышенное давление для водяных форсунок, вода должна быть достаточно чистой, объем для завершения испарения велик. Чистые продукты сгорания подразумевают только газообразное топливо, что не всегда удобно.

В Брестском государственном техническом университете, в научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» разработан парогазогенератор на основе пульсирующего горения топлива (жидкого или газообразного).

Источник теплоты — камера пульсирующего горения (КПГ), требует своего охлаждения (температура факела внутри нее порядка 1200 °С), чтобы отказаться от дорогих жаростойких сталей. При охлаждении стенок КПГ водой образуется пар. Пульсирующее горение позволяет сжигать топливо без недожогов, вредные и нежелательные соединения в продуктах сгорания отсутствуют, и смешение пара с этим газовым потоком дает теплоноситель — парогаз высокого качества для термовлажностного воздействия.

Конструкция парогазогенератора (ПГГ) (см. рис. 1) представляет собой КПГ (камера воспламенения, резонансная труба, аэродинамический клапан, форсунка, пусковая электросвеча, топливный насос), погруженную в водяную ванну с элементами подачи воды (поплавковый регулятор уровня, дренаж, перелив). Обязательным элементом является шумоглушитель. Поскольку КПГ излучает мощный звуковой поток, объем его используется также для размещения вспомогательных частей (вентилятор, фильтры, регуляторы, источники высокого напряжения для электросвечи и т.п.). ПГГ максимально приближен к объекту, поэтому отсутствуют газоходы, паропроводы. Парогаз целиком направляется, например, в пропарочную камеру, дымовая труба отсутствует. Аппарат автономен, транспортабелен (свое шасси или перевозка на платформе).

Достоинства ПГГ: высокое качество процесса горения; отсутствие недожогов, сажи. Происходит самоочистка от отложений (накипь, шлак) за счет вибраций при горении. Теплопередача от газового потока воде и пару в несколько раз интенсивнее, чем в стационарном режиме теплопередающих сред. Благодаря действию аэродинамического клапана происходит автоматическое засасывание воздуха и выброс продуктов сгорания. Интенсификация горения и теплообмена дает уменьшение габаритов (без глушителя устройство в 2-3 раза меньше аналогичных той же мощности). Избыточное давление в объектах ПГГ отсутствует. КПГ допускает свободную компоновку как внутри аппарата, так и с объектами воздействия. Отсутствие дорогих легированных сталей, простота конструкции и эксплуатации обуславливают сравнительно невысокую цену.

#### Краткая техническая характеристика ПГГ:

-расход топлива (соляр, печное и т.п.).....	5-15 кг/ч
-производительность: по газу.....	100-500 м <sup>3</sup> /ч
по пару.....	50-150 кг/ч
-температура: продуктов сгорания.....	700-1200 °С
пара.....	до 100 °С
парогаза.....	200-500 °С
-давление парогаза.....	атмосферное
-относительная влажность парогаза.....	до 100%
-тепловая мощность.....	50-120 кВт
-емкость водяной ванны.....	150-200 л
-излучаемый шум (с глушителем).....	80-85 дБ
-частота.....	30-50 Гц
-общая масса без воды.....	около 300 кг
-расход воды (водопроводная).....	50-160 л/час
-габариты с глушителем.....	2x1,2x1 м

Пилотный образец ПГГ собран совместными усилиями БрГТУ, Брестского радиотехнического завода, СУ-262 стройтреста № 8. ПГГ был установлен на одной из пропарочных камер СУ-262 и введен в эксплуатацию в ноябре 2008 г. для термовлажностной обработки железобетонных изделий. До этого термическая обработка производилась передвижными нагревателями воздуха типа REMINGTON и представляла собой фактически сушку горячим воздухом. Перед вводом в эксплуатацию в августе 2008 г. были проведены предварительные испытания. Температура в пропарочной камере при работе ПГГ составила 60-80 °С, относительная влажность — 100 %. Результаты по технологическому процессу термической обработки признаны положительными. В марте 2009 г. были проведены приемочные испытания в соответствии с СТБ 972-2000. Приемочная комиссия установила:

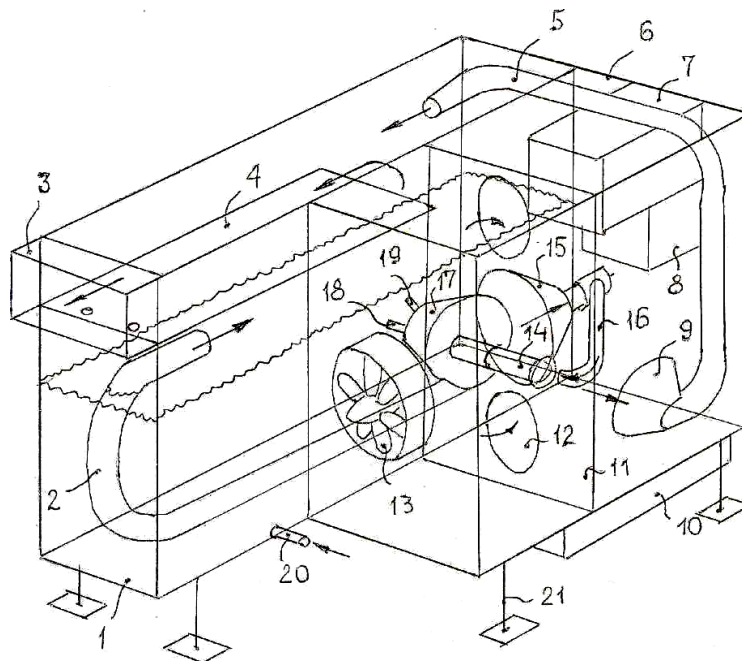
-состав и комплектность опытного образца соответствует технической документации;

-опытный образец парогазогенератора соответствует патенту № 4935 (патентообладатель — БрГТУ);

-предъявленный опытный образец выдержал приемочные испытания (акт приемочной комиссии стройтреста № 8, СУ-262 от 27.03.09).

В справке о результатах использования ПГГ для обработки железобетонных изделий, выданной СУ-262, говорится: «Применение ПГГ позволило производить полноценную термическую обработку железобетонных изделий с соблюдением нормативных температурных и влажностных режимов, в т.ч. в осенне-зимний период, что было, в принципе, невозможно при отсутствии пара (применение воздухонагревателей). Выросли объемы выпуска железобетонных изделий при значительном повышении их качества».

В настоящее время идет подготовка к серийному выпуску данного изделия на Брестском радиотехническом заводе.



- |                                          |                              |                            |
|------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 - водяная ванна                        | 8 - блок подачи воды         | 15 - конфузор              |
| 2 - резонансная труба                    | 9 - улавливающий конус       | 16 - дутьевая трубка       |
| 3 - выход парогаса                       | 10 - топливный бак           | 17 - камера воспламенения  |
| 4 - направляющий лист                    | 11 - перегородка             | 18 - форсунка (горелка)    |
| 5 - напорная труба                       | 12 - отверстия               | 19 - пусковая электросвеча |
| 6 - глушитель                            | 13 - вентилятор              | 20 - подача воды           |
| 7 - блок зажигания и управления топливом | 14 - аэродинамический клапан | 21 - стойка (шасси)        |

**Рисунок – Конструкция парогазогенератора**

### Выводы

Парогазогенератор можно использовать не только в заводских условиях, но и непосредственно на строительных площадках, а также в других отраслях. Например, в сельскохозяйственном производстве для пропарки кормов и изготовления гранулированных комбикормов, приготовления субстрата для выращивания грибов.

В птицеводстве – для удаления пуха и пера с забитой птицы. В табачной промышленности – для создания необходимой влажности в производственных помещениях. В деревообрабатывающей промышленности – для сушильных камер для сушки пиломатериалов для создания влажности при сушке ценных пород древесины (дуб, бук и др.). В производстве строительных материалов и строительстве – на растворобетонных узлах и заводах по производству товарного бетона для прогрева инертных материалов, на строительных площадках для удаления снега и льда с поверхностей и арматуры под заливку бетона в зимний период, подогрева битума. При производстве пенополистирола. В целлюлозно-бумажной промышленности – при производстве бумаги для подогрева сушильных барабанов (туалетная и фильтровальная бумага производстве гофротары). В топливном хозяйстве – при разгрузке мазута и других густых ГСМ для их разогрева и пропарке емкостей. На строительных площадках, при аварийных и ремонтных работах в коммунальном хозяйстве для размораживания песка, щебня, оттаивания наледи, грунта, дренажных и канализационных систем, прогрева машин и механизмов также оказывается полезна парогазовая смесь.

Изготовление установок ПГГ малозатратно, они просты в эксплуатации и в то же время высокоэффективны. Использование данных установок может в достаточной степени удовлетворить требованиям энергосбережения.

## **ВНЕДРЕНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЁТА КАК ОДНОГО ИЗ ФАКТОРОВ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ**

*Радчук А.П., Куган С.Ф.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [sfkugan@mail.ru](mailto:sfkugan@mail.ru)*

The increase in the prices at energy carriers has caused corresponding increase in the prices at all production which is made by the enterprises of building branch. Therefore there was a necessity to consider energy as the major component in structure of expenses which by improvement of power efficiency will allow to lower expenses of the enterprise and, as consequence, the price for let out production. The administrative account to become the assistant for heads of the enterprises at the decision of arising industrial problems.

Повышение конкурентоспособности Белорусской экономики на внутреннем и внешнем рынке, а также оживление деловой активности во всех сферах экономики привело в последние годы к значительному росту спроса на строительную продукцию. Увеличение цен на энергоносители вызвало соответствующее увеличение цен на всю продукцию, которая производится предприятиями стройиндустрии. Это, в свою очередь, заставило руководство предприятий изыскивать возможности для снижения энергоёмкости производимой продукции. Другими словами, возникла необходимость рассматривать энергию как важнейший компонент в структуре затрат, который путем улучшения энергетической эффективности позволит снизить затраты предприятия и, как следствие, цены на выпускаемую продукцию.

Основными направлениями для снижения расхода тепло- и электроэнергии при производстве строительных конструкции являются:

- сокращение расходов исходных материалов на изделие, без ухудшения их эксплуатационных свойств;
- улучшение режимов и оборудования для термовлажностной обработки изделий для снижения затрат тепла на каждый производимый кубический метр изделия;
- рассмотрение вариантов повторного использования энергоресурсов и др.

В этой ситуации на помощь руководству предприятия приходит управленческий учет. Его роль заключается в достаточном и своевременном обеспечении всех уровней управления плановой, фактической и прогнозной информацией.

Путем введения управленческого учета на предприятии предполагается достигнуть следующих целей:

- повышение конкурентоспособности продукции;
- обоснованные цены на продукцию;

- рациональное распределение ресурсов;
- повышение эффективности управления предприятием;
- снижение затрат, в том числе на энергоресурсы;
- возможность получения информации о рентабельности отдельных видов продукции и хозяйственных единиц.

Указанные выше цели могут быть достигнуты за счет комплексности в построении и функционировании управленческого учета, который обеспечивается использованием следующих принципов:

1. Структуризация деятельности предприятия. Организационная структура определяет функции отдельных подразделений и ответственность их руководителей. Она является отправной точкой при построении системы управленческого учета, определяя контролируемость затрат и порядок их группировки по центрам ответственности;

2. Организационная структура. Также влияет на документооборот внутри предприятия и обеспечивает кодирование документов, что важно для автоматизации обработки информации;

3. Система калькулирования определяется характером продукции. Обычно выделяют четыре системы калькулирования: по переменным затратам и процессам производства, по переделам и по нормам;

4. В рамках каждой из систем калькулирование может осуществляться по полным производственным затратам или же только по переменным.

5. Важным элементом учета является контроль затрат. Контроль обеспечивается посредством сравнения плановых и фактических затрат по подразделениям. Более эффективным является установление норм затрат на уровне конкретных видов продукции и оперативный контроль определения и анализа отклонений.

Дадим краткие характеристики системам калькулирования, используемым в управленческом учете.

Калькуляция по заказам – система калькулирования продукции на основе учета затрат по каждому индивидуальному изделию или отдельной партии изделий. Объектом учета в этой ситуации выступает отдельный заказ на изготовление единицы изделия, партии изделий или выполнение определенного объема работ.

Попроцессный (по-переделный) метод является одним из основных методов калькулирования себестоимости в управленческом учете. Данный метод используется в тех случаях, когда производство продукции состоит из последовательности непрерывных или повторяющихся операций или процессов, а себестоимость продукции определяется на каждой стадии производства или передела. Попроцессное калькулирование применяется в тех случаях, когда готовый продукт, становится полуфабрикатом для другого процесса.

Нормативная система управления затратами представляет собой совокупность процедур по планированию, нормированию, отпуску материалов в производство, составлению внутренней отчетности, калькулированию себестоимости продукции, осуществлению экономического анализа и контроля на основе норм затрат. Ее основной целью является полное использование производственных факторов и экономного ведения хозяйства.



Калькулирование основывается на нормах затрат, а отклонения от норм по мере их возникновения показывают на счетах бухгалтерского учета как увеличение или уменьшение производственного результата. Данная система калькулирования имеет место на многих отечественных предприятиях.

Система калькуляции по переменным затратам базируется на распределении всех затрат на переменные и постоянные. Она предусматривает, что себестоимость продукции определяется только по переменным затратам. Так, к производственной себестоимости продукции относятся прямые затраты: материалы и заработная плата, плюс часть общепроизводственных затрат, которые являются переменными. По переменным затратам оценивается также остаток готовой продукции. Постоянные общепроизводственные расходы не включаются в себестоимость продукции, их относят к расходам периода и учитывают отдельно, списывая в дебет счета финансовых результатов отчетного периода. К переменным расходам при производстве продукции для крупнопанельного домостроения относятся затраты на сырье и материалы, затраты на воду, электроэнергию, пар, используемые непосредственно в производстве, производственный брак, заработная плата основных производственных рабочих и отчисления в социальные фонды. Постоянными затратами предприятий по производству строительных конструкций являются затраты вспомогательных производств, общепроизводственные и общехозяйственные расходы, амортизация. Управленческий учет позволяет организовать наглядность расхода материалов, тепло- и энергоресурсов при ведении учета по переменным затратам и позволяет руководству подводить промежуточные итоги расходов по производству, внося необходимые коррективы.

Предлагаемый вариант учета проводится в два этапа. На первом этапе устанавливается связь объема производства готовой продукции с прямыми (переменными) затратами, отражается рентабельность производства отдельных видов продукции. На втором этапе обобщенные, на одном счете косвенные (постоянные) затраты сопоставляются с вкладом, полученным от реализации каждого вида продукции. Результат отражает рентабельность всего производства и реализации. Неустойчивость спроса на готовую продукцию, а также цен на сырье и энергоресурсы, не всегда имеющаяся возможность уложиться себестоимостью в цену реализации и обеспечить нормальную величину прибыли вынуждает руководство использовать инструментарий управленческого учета, в добавление к требуемой по закону финансовой отчетности. Именно управленческий учет оказывает существенную помощь в принятии решений в области ценообразования, планирования и снижения затрат. Опираясь на информацию в режиме реального времени, управленческий учет дает возможность отслеживать производственную ситуацию и принимать оправданные управленческие решения.

#### **Список использованных источников**

1. Асанович В. Оптимизация стратегий управления запасами с учётом временной стоимости денег // Финансовый директор. – 2008. - №9.
2. Бизнес-план на 2008 год по филиалу «Завод ЖБК» ОАО «Стройтрест №8» г. Брест.
3. Технологическая карта на плиты перекрытий железобетонные многопустотные для зданий и сооружений ТК-3-03: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2003.
4. Ивашкевич, В.Б. Организация управленческого учёта по центрам ответственности и местам формирования затрат // Бухгалтерский учёт. – 2000. – № 5. – С. 56-59.
5. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник / Под ред. проф. В.В. Трофимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшее образование, 2007. – 480с.

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО КАНАЛА**

**Сальникова С.Р.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ.*

Various possibilities of warming venting ducts in living buildings are viewed in this article.

### **Введение**

Для создания нормальных условий жизнедеятельности человека необходимо поддерживать в закрытых помещениях строго определенный тепловой режим. Тепловой режим в помещении, обеспечиваемый системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, определяется в первую очередь теплотехническими и теплофизическими свойствами ограждающих конструкций. В связи с этим высокие требования предъявляются к выбору конструкции ограждений, защищающих помещения от сложных климатических воздействий: резкого переохлаждения, увлажнения, промерзания, паропроницания.

### **Теплотехнический расчет ограждающих конструкций вентиляционного канала**

Части вентиляционных каналов, проходящие в неотапливаемых помещениях, необходимо утеплять. Утепление вентиляционных каналов, прокладываемых в чердачной части жилых домов выполняют из малотеплопроводных материалов, обеспечивающих отсутствие конденсации водяных паров из транспортируемого воздуха [1]. Принимая решение по теплотехнической оценке ограждения и выбору средств поддержания требуемого режима, необходимо базироваться на положениях теории тепло- и массообмена и теплопередачи, термодинамики воздуха, климатологии, которые лежат в основе современных методик расчета, регламентируемых в частности действующими нормативными документами [2]. Ограждающие конструкции вентиляционных каналов, выполненные из кирпича силикатного на цементно-песчаном растворе, традиционно утепляют методом «термошуба».

Рассмотрим возможность замены утепления вентиляционного канала методом «термошуба» в чердачной части жилого дома на утепление пеногазосиликатным блоком Д500.

Цель расчета - определение оптимальной в теплотехническом отношении и экономически целесообразной толщины многослойной ограждающей конструкции и определение общего сопротивления теплопередаче для этой же конструкции с учетом толщины утеплителя.

Ограждающие конструкции вентиляционного канала жилого дома должны иметь определенное значение сопротивления теплопередаче, от которого зависят затраты на эксплуатацию здания и санитарно-гигиенические условия помещений.

Ограждающие конструкции вентиляционных каналов должны иметь сопротивление теплопередаче, равное экономически целесообразному, но не менее требуемого сопротивлению теплопередаче, определяющего санитарно-гигиенические условия, и не менее нормативного сопротивления теплопередаче стенок вентиляционных каналов, прокладываемых по чердаку, установленного [2].

Необходимо определить тепловую инерцию конструкции, исходя из значения нормативного сопротивления теплопередаче, которое в соответствии с табл.5.1 [2] для стенок каналов, прокладываемых по чердаку, должно быть не менее  $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

Согласно выбранному значению тепловой инерции  $1,5 < D \leq 4$ , требуемое сопротивление теплопередаче многослойной конструкции составляет:

$$R_0 = \frac{1 \cdot (18 - (-25))}{4 \cdot 8,7} = 1,24 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}, \quad (1)$$

Сопротивление теплопередаче  $R_0, (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт})$  стенок вентиляционного канала составляет:

$$R_0 = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + 1 / \alpha_H, \quad (2)$$

$$R_0 = 1 / 8,7 + 0,120 / 1,016 + 0,100 / 0,16 + 1 / 12 = 0,926, \quad (3)$$

$$R_0 \geq R_{\text{НОРМ}}, \text{ т.е. } 0,926 \geq 0,6 \quad (4)$$

Таким образом, в соответствии с [2, п. 5.1] сопротивление теплопередаче рассчитываемой конструкции стенок вентиляционного канала должно быть не менее нормативного сопротивления, установленного [2].

### **Проверка внутренней поверхности стенки вентиляционного канала на конденсацию влаги**

Для обеспечения расчетных значений сопротивления теплопередаче при эксплуатации конструкций последние должны находиться в соответствующих температурно-влажностных условиях, что определяется параметрами воздушной среды внутри и снаружи помещения и сопротивлением паропроницанию ограждающей конструкции стенок вентиляционного канала.

В неподвижной воздушной среде комфортные условия для человека в состоянии покоя определяются температурой воздуха  $18 \text{ °C}$  и относительной влажностью  $50\%$ .

Конденсация влаги из внутреннего воздуха на внутренней поверхности стенки вентиляционного канала, особенно при резких понижениях температуры, является основной причиной увлажнения наружных ограждений. Для устранения такой конденсации влаги необходимо добиваться, чтобы температура на внутренней поверхности  $\tau_{\text{ВП}}, \text{°C}$ , и в толще ограждения превышала температуру точки росы  $\tau_{\text{Р}}, \text{°C}$ , на  $2-3 \text{ °C}$ , т.е. должно соблюдаться условие  $\tau_{\text{ВП}} > \tau_{\text{Р}}$ . Из теории теплопередачи следует, что падение температуры внутренней поверхности  $\tau_{\text{ВП}}$  пропорционально изменению соответствующего термического сопротивления.

Определение температуры на внутренней поверхности наружной стенки вентканала:

$$\tau_{ВП} = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0 \cdot \alpha_B}, ^\circ C, \quad (5)$$

где  $R_0$  - сопротивление теплопередаче стены, принятое в результате сравнения его  $R_{НОРМ}$ .

$$\tau_{ВП} = 18 - \frac{18 - (-25)}{0,926 \cdot 8,7} = 12,6, ^\circ C, \quad (6)$$

где  $\tau_B = 18^\circ C$ ;  $\tau_H = -25^\circ C$ ;  $\alpha_B = 8,7 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ C$ ;  $R_0 = 0,926 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C / \text{Bm}$ .

При влажности в помещении  $\varphi = 55\%$  в соответствии с [2]  $t_p = 9^\circ C$ ;  $12,6 > 9$ , т.е. условие  $\tau_B > t_p$  соблюдается.

Таким образом, выполнение данного условия предупреждает конденсацию влаги на внутренней поверхности стенок вентиляционного канала, т.е. ограждающая конструкция отвечает теплотехническим требованиям.

Согласно п.5.14 [2], для многослойной ограждающей конструкции необходимо выполнить тепловлажностный расчет стенок вентиляционного канала, прокладываемого по чердачной части дома при расчетных параметрах внутреннего воздуха и средних параметрах наружного воздуха за отопительный период и выполнить уточненный расчет сопротивления конструкции теплопередаче, приняв условия эксплуатации А материала слоя при средней относительной влажности воздуха в слое равной 75%.

$$R_0 = 1/\alpha_B + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_H, \text{ m}^2 \cdot ^\circ C / \text{Bm} \quad (7)$$

$$R_0 = 1/8,7 + 0,120/0,99 + 0,100/0,15 + 1/12 = 0,986, \quad (8)$$

где  $\lambda_1 = 0,99 \text{ Bm} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ C)$ ,  $\lambda_2 = 0,15 \text{ Bm} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ C)$  – расчетные коэффициенты теплопроводности [2, табл.А.1, прилож. А] при условии эксплуатации А по табл.4.2 [2] для кладки из силикатного кирпича и пеногазосиликатного блока соответственно.

Расчет сопротивления паропрооницанию.

Необходимо определить расчетную температуру на внутренней поверхности стенки вентканала при расчетных параметрах внутреннего воздуха и средних параметрах наружного воздуха за отопительный период:

$$\tau_{ВП} = t_B - \frac{t_B - t_{H.OT}}{R_0 \cdot \alpha_B}, ^\circ C, \quad (9)$$

где  $t_{H.OT} = 0,2^\circ C$  расчетная температура наружного воздуха для определения сопротивления паропрооницанию, в качестве которой принимается средняя температура наружного воздуха за отопительный период по [2, табл.4.4].

$$\tau_{ВП} = 18 - \frac{18 - 0,2}{0,986 \cdot 8,7} = 17,09^\circ C \quad (10)$$

Максимальное парциальное давление водяного пара при температуре  $t_B$  по [2, прилож. Е] –  $P_{НАС}$ , Па :

$$P_{НАС} \text{ по (1, прилож. Е) при } t_B = 18, P_{НАС} = 2064 \text{ Па} \quad (11)$$

Парциальное давление пара при нормальной относительной влажности  $\varphi, \%$  [2, табл. 4.1] помещения:

$$P_n = \varphi \cdot P_{\text{НАС}}, \text{Па} \quad (12)$$

Парциальное давление пара в помещении при  $\varphi = 75\%$ :

$$P_n = 0,75 \cdot 2064 = 1548 \text{Па} \quad (13)$$

Пользуясь [2, прилож. Е] по величине  $P_n = 1135$ , Па, определяют точку росы:  $t_p = 14^\circ\text{C}$ ;  $17,09 > 14$ , т.е. условие  $\tau_B > t_p$  соблюдается.

### **Заключение**

Расчеты показали возможность замены утепления вентиляционного канала методом «термошуба» по П1-99 к СНиП 3.03.01-87 в чердачной части жилого дома на утепление пеногазосиликатным блоком Д500. Таким образом, применение данного метода отвечает теплотехническим требованиям и конденсации влаги на внутренней поверхности не будет, в противном случае необходимо предусмотреть меры по устранению этого явления.

Для борьбы с конденсацией влаги на внутренней поверхности, помимо увеличения термического сопротивления [3, п.7.4.3, п. 7.4.6] может быть предусмотрена вентиляция помещения [3, п. 7.4.4].

Проведенные расчеты по возможности замены утепления вентиляционного канала были применены на практике ООО «Демарш» при строительстве 4-этажного жилого дома в г. Бресте.

### **Список использованных источников**

1. Щекин, Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции / В. Щекин [и др.]. – Киев: Будівельник, 1976.
2. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007.
3. Проектирование и устройство тепловой изоляции ограждающей конструкции жилых зданий: ПЗ – 2000 к СНиП 3.03.01-87 – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000.

УДК 620.9

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕПЛИЧНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ**

**Северянин В.С.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, yarasha@tut.by*

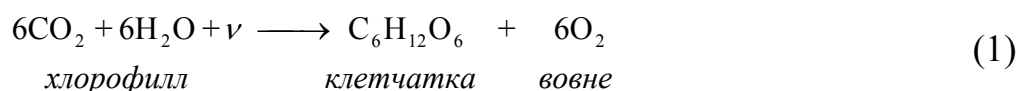
New technology of plant growing in hothouses is proposed by this article. This method is based on the increase of dioxide carbon (carbonic gas) in atmosphere around the plants. In our cold climate it is necessary to warm the hothouse by manifold heating systems, especially by fuel burning installations. Hence, we have possibility to unite heat and nutritious carbonic gas by direct bring of burning products to green plants. However, this burning products must be pure, without harmful admixture. So called pulsating combustion realize this condition.

## Введение

Для обогрева тепличных сооружений обычно используются отопительные системы, основанные на сжигании органического топлива. Тепло продуктов сгорания передаётся теплоносителю (вода и далее — отопительные радиаторы или калориферы или воздух, непосредственно подаваемый на объект обслуживания), а продукты сгорания удаляются в атмосферу. При этом выбрасывается существенная доля теплоты сгорания (её можно уменьшить резким усложнением конструкции теплообменника и затратами энергии на движение теплоносителя), поэтому энергетический КПД таких систем низкий (30...60%), что означает перерасход топлива. Подача же продуктов сгорания сразу на объект воздействия (без теплообменника) может повысить КПД почти до 100%, но традиционно недопустима, хотя при этом растениям подаётся необходимый им диоксид углерода  $CO_2$ . Основание для такого отказа — возможное присутствие в продуктах сгорания нежелательных или ядовитых компонентов. В настоящее время имеются технологии сжигания, предотвращающие этот недостаток.

## Физика новой технологии

1. Основа жизни зелёных растений — превращение лучистой энергии Солнца (или адекватного излучения) в энергию химических связей органических веществ. Этот процесс фотосинтеза в хлорофилле с участием кванта света  $\nu$  описывается уравнением:



Фотосинтез — единственный биологический процесс, идущий с увеличением энергии, с выделением кислорода, причём объёмный выход кислорода такой же, как потребление углекислого газа. Таким образом, углекислый газ — необходимая часть воздушной среды, в которой находятся зелёные части растений, при отсутствии его растительные организмы угнетаются. Содержание  $CO_2$  в земной атмосфере — 0,03%. Информация о максимальном количестве углекислоты, оптимальной для конкретного растения, разноречива, однако аксиоматичен факт появления кислорода в первичной углекислотной атмосфере Земли благодаря деятельности зелёных организмов.

2. Естественно, растения для хода фотосинтеза должны облучаться световым потоком соответствующего качества (волновые и мощностные характеристики). Общеизвестна так называемая голландская технология с длительным искусственным «дневным» освещением, что повышает продуктивность тепличных плантаций. Эффективность применения светильников можно повысить отражательными экранами (чтобы ночью не освещать небо). Но усложнение перехода на солнечный свет днём приводит к решению нижнего расположения источников света. Это целесообразно особенно для растений с провисающими листьями.

В качестве светильников возможно применение светодиодов, обеспечивающих удовлетворительный световой поток при малом потреблении электроэнергии.

3. Подача воды, питательных веществ, витаминов, различных препаратов производится обычными усовершенствованными методами (капельное питание, индивидуальная регулировка, распыл, перфорированные коллекторы и т.д.).

Возможно применение как гидропоники, так и почвы в различном конструктивном решении.

4. Поддержание необходимой температуры в объеме теплицы осуществляется подачей непосредственно в пространство, заполненное растениями, смесью продуктов сгорания и наружного воздуха.

Средняя величина теплопотерь теплицы размером  $6 \times 2,7 \times 50$  м в зимних условиях (Московская обл.) составляет 100 кВт [1]. В цитируемой работе высказано предположение о возможности отбора части продуктов сгорания для подачи в теплицу, однако реализовано это только в 2008 г устройством с каталитическим дожигом (информация на IX Международном московском салоне инноваций и инвестиций) что представляется весьма дорогим мероприятием.

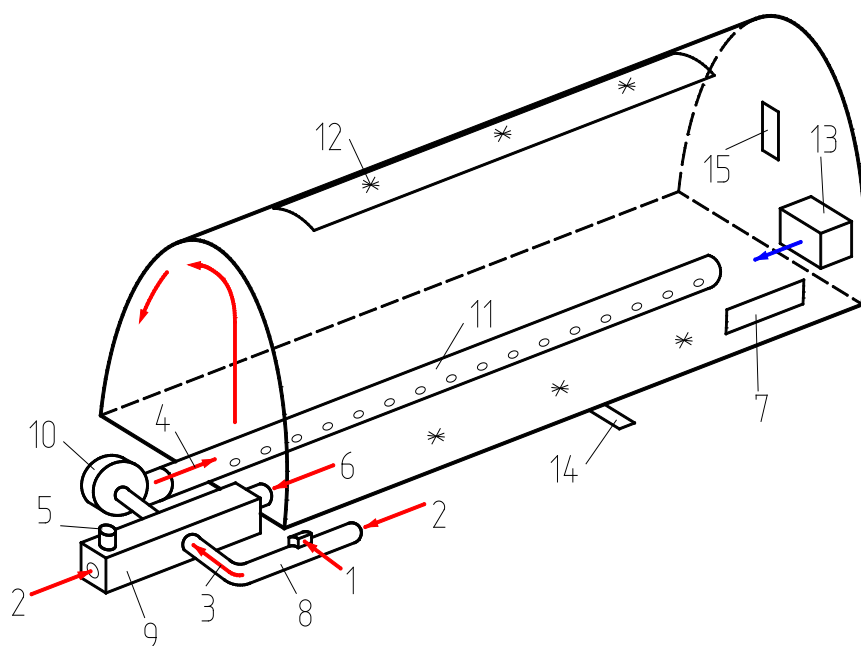
5. Источник горячих продуктов сгорания в данной технологии — камера пульсирующего горения — КПГ [2]. Продукты сгорания топлива (например, соляр) характеризуются таким содержанием компонентов:  $CO_2$  — 10...14%,  $H_2O$  — 6...10%,  $O_2$  — 0...3%,  $N_2$  — 60...70%,  $CO$  — следы,  $NO_x$  — следы,  $C_nH_m$  — следы. Отсутствие недожогов объясняется особыми аэродинамическими условиями в камере горения, максимальной интенсификацией теплообмена между топливом и окислителем. Автоколебательный режим движения газа позволяет также упростить, т.е. удешевить топочное устройство, снизить затраты энергии на собственные нужды. Практически единственный недостаток — излучение шума. Поэтому необходимы шумоглушащие заграждения, но это не представит затруднений.

Таким образом, КПГ можно использовать как источник теплоты и диоксида углерода.

6. Вентиляция теплицы должна быть организована так, чтобы, достигнув максимальной равномерности как температурного поля, так и концентрационного, обеспечить рециркуляцию для экономии теплоты, сброс лишнего количества воздуха, сочетание естественного движения с подачей давления от вентилятора, пусковые коммуникации потоков, снижение инфильтрации холодного наружного воздуха.

### Конструктивное оформление технологии

1. На рисунке представлена схема теплицы, оборудованной теплогенератором, служащим источником теплоты и двуоксида углерода.



- 1 – топливо; 2 – воздух; 3 – продукты сгорания; 4 – газозвдушная смесь;
- 5 – пусковой выброс;
- 6 – рециркуляция;
- 7 – сброс; 8 – КПГ;
- 9 – смеситель;
- 10 – вентилятор;
- 11 – коллектор;
- 12 – светильники;
- 13 – вода, питание;
- 14 – дренажи;
- 15 – индикатор отсутствия  $CO$

**Рисунок – Схема обогреваемой теплицы**

Топливо 1 безнапорным трубопроводом подаётся с воздухом 2 в район расположения пульсирующего пламени, продукты сгорания 3 (см. выше) смешиваются с воздухом, и газозвоздушная смесь 4 вводится в пространство теплицы. При запуске, если образуются дымовые выбросы, они удаляются пусковым выбросом 5. Часть газовой среды из теплицы может возвращаться рециркуляцией 6. Лишнее давление внутри теплицы удаляется сбросом 7 (открывающиеся клапаны). Камера пульсирующего горения (КПГ) 8 располагается вне теплицы, она введена в смеситель 9, где имеются регулируемые воздушные шиберы и распылительные устройства для ввода вспомогательных веществ (форсунки, поддоны, решетки и т.п.), а также теплообменник для нагрева воздуха в режимах полного выброса продуктов сгорания в атмосферу. Центробежный вентилятор 10 подаёт смесь газов и воздуха в коллектор 11; это, например, брезентовый рукав диаметром 0,3...0,5 м с перфорацией. Светильники 12 могут располагаться как сверху, так и снизу, причём имеются соответствующие отражатели. Водоснабжение и питание растений осуществляется системой 13 (баки, насосы, капельницы, дозаторы и т.д.). Дренажные линии 14 в канализацию — это сброс жидких промывочных отходов. Внутри теплицы установлен индикатор 15 отсутствия  $CO$  (упрощённый газоанализатор).

2. Рабочие режимы действия систем отопления и генерации углекислоты обусловлены, во-первых, теплопотерями теплицы и уровнем необходимой температуры среды в теплице и, во-вторых, концентрационными характеристиками газозвоздушной смеси.

Подвод теплоты зависит от тепловой мощности КПГ, т.е. от расхода топлива. Для теплицы средних размеров, на основании вышесказанного, топлива требуется 3...10 кг/час (соляр) или 5...12 м<sup>3</sup>/час природного газа. Расход общего воздуха, который обеспечивается вентилятором с двигателем 0,5 кВт, составляет  $(4...6) \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/час. Температура газозвоздушной среды 30...35°С, содержание углекислоты 5...10% (остальное —  $N_2$ ,  $H_2O$ ).

Регулирование перечисленных параметров производится подачей топлива, перераспределением воздушных потоков шиберами, рециркуляцией среды. Предполагается топливо, не содержащее серы, ванадия, азота.

### **Выводы**

1) Для повышения эффективности использования теплоты сжигания топлива для обогрева теплиц целесообразна прямая подача чистых (без  $CO$  и других недожогов) продуктов сгорания в объём теплицы.

2) Углеводородное топливо при сжигании даёт углекислоту, являющуюся необходимым элементом жизни растений. Необходимо отсутствие вредных соединений.

3) Сочетание энергосберегающего эффекта и возможности повышения производительности плантаций можно реализовать таким прогрессивным методом сжигания топлив, как пульсирующее горение.

### **Список использованных источников**

1. Газозвоздушное отопление теплиц / А.И. Виноградова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника, 1966 – № 8. С. 12–16.

2. Технологическое пульсационное горение / В.А. Попов, В.С. Северянин – М.: ЭАИ, 1993.



## МНОГОФАКТОРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

**Соболев Е.В.**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь, mseugen@tut.by*

On the basis of the existing methods of the projecting of lighting systems it was suggested the multiple-factor method of the calculation of the electric illumination with the application of the light-emitting diode light source. This method gives both the lighting analysis and determines the economic efficiency of the application of this lighting source for the origination of the concerned lighting system.

### **Введение**

В связи с тем, что расход электроэнергии на освещение значителен и составляет 11...14 % от всей потребляемой электроэнергии в стране, а экономия энергетических ресурсов является актуальной проблемой, то применение энергоэффективных, обеспечивающих минимальный расход электроэнергии источников света является важнейшей задачей. На сегодняшний день наиболее перспективными источниками света являются светодиоды, которые характеризуются низким энергопотреблением и фантастическим сроком службы (до 100000 часов), однако обладают относительно высокой стоимостью.

В настоящее время в продаже появилось огромное количество различных светодиодных источников света (СИС), отличающихся по своему назначению, светотехническим характеристикам, а также энергетическим характеристикам. Все вышеперечисленные характеристики влияют на стоимость СИС. С другой стороны, при разработке систем освещения (СО) проектировщик сталкивается с неограниченным количеством помещений, каждое из которых обладает своими характеристиками (габаритные размеры, коэффициенты отражения от поверхностей и т.д.). И поэтому возникает вопрос, какие же светодиоды необходимо и наиболее выгодно использовать для разработки СО в данном помещении?

Также проектирование СО на основе СИС затруднено отсутствием методов расчета и систематизированной информации по световой эффективности СИС, которое обусловлено отсутствием прогресса в международной стандартизации этого направления и доступного по ценам измерительного оборудования. Поэтому возникает важная задача разработки метода расчета ЭО с применением СИС, учитывающего как характеристики СИС, так и характеристики помещения. Также разрабатываемый метод должен определять экономическую целесообразность использования данного СИС для создания рассматриваемой СО.

### **Состояние вопроса**

Светотехнические расчеты позволяют выполнить следующее:

а) определить количество и единичную мощность источников света осветительной установки, обеспечивающей требуемую освещенность в помещении (на рабочей поверхности);

б) для существующей (спроектированной) осветительной установки рассчитать освещенность в любой точке поверхности освещаемого помещения;

в) определить качественные показатели осветительной установки (коэффициент пульсации, цилиндрическую освещенность, показатели ослепленности и дискомфорта).

Основной светотехнический расчет освещения заключается в решении задач по приведенным выше пунктам а) и б). Для этой цели применяются два метода расчета электрического освещения: метод коэффициента использования светового потока и точечный метод.

Метод коэффициента использования светового потока применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей, в основном для расчета светового потока источника (источников) света. Этот метод позволяет рассчитывать также среднюю освещенность горизонтальной поверхности с учетом всех падающих на нее потоков, как прямых, так и отраженных. Он не применим при неравномерном размещении светильников, расчете освещенности в характерных точках как негоризонтальных, так и горизонтальных поверхностей.

Упрощенной формой метода коэффициента использования светового потока является метод удельной мощности на единицу освещаемой площади. Применяется этот метод для ориентировочных расчетов общего равномерного освещения. Максимальная погрешность расчета по методу удельной мощности составляет  $\pm 20\%$ .

Точечный метод расчета освещения позволяет определить освещенность в любой точке поверхности освещаемого помещения при любом равномерном или неравномерном размещении светильников. Он часто используется как проверочный метод для расчета освещенности в характерных точках поверхности. С помощью точечного метода можно проанализировать распределение освещенности по всему помещению, определить минимальную освещенность не только на горизонтальной, но и на наклонной поверхности, рассчитать аварийное и местное освещение.

Основной недостаток точечного метода расчета заключается в неучете отраженного светового потока от стен, потолка и рабочей поверхности помещения.

Таким образом, для решения поставленной задачи, т.е. разработки метода расчета ЭО с применением СИС, учитывающего как характеристики СИС, так и характеристики помещения может быть использован метод коэффициента использования светового потока. Однако для этого необходим предварительный расчет коэффициентов использования для СИС.

Оценку эффективности энергосберегающих мероприятий в рыночных условиях функционирования, в соответствии с концепцией дисконтирования потоков реальных денег, производят с использованием различных показателей, к которым относятся: чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности, динамический срок окупаемости и другие [1].

Сравнение нескольких вариантов, как правило, производят по ЧДД.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – прибыль, полученная за весь срок реализации энергосберегающего мероприятия и дисконтированная к году вложения инвестиций, определяется как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Если  $ЧДД > 0$ , то прибыль инвестиций выше нормы дисконтирования, мероприятие является эффективным и может рассматриваться вопрос о его принятии. Чем больше  $ЧДД$ , тем эффективнее мероприятие (при сравнении нескольких вариантов). Если  $ЧДД < 0$ , то мероприятие неэффективно, является убыточным для инвестора.

Таким образом, рассчитав  $ЧДД$ , можно оценить эффективность спроектированной СО. При сравнении нескольких СО наиболее экономически целесообразной является та, у которой больше  $ЧДД$ .

### **Многофакторный метод расчета электрического освещения с применением светодиодных источников света**

Для решения поставленной задачи необходимо разработать метод, который должен:

- проводить светотехнический расчет с применением СИС согласно [2];
- проводить анализ соответствия светотехнических характеристик спроектированной СО и требуемых;
- определять экономическую целесообразность использования данного СИС для создания рассматриваемой СО.

Из перечисленных требований к методу расчета, его можно рассматривать как задачу оптимизации, следующего типа.

Из  $m$  типов СИС определить количество  $n$  СИС данного типа необходимое для создания равномерного освещения в рассматриваемом помещении ( $a \times b \times H$ ) и обеспечивающее минимум затрат на создание СО.

Исходя из формулировки задачи оптимизации, представим предлагаемый метод в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} ЧДД_{ij} \rightarrow \max \\ E_p = E_{\min} \\ \Delta\Phi = -10\%;20\% , \\ i = \overline{1, m} \\ j = \overline{1, m-1} \end{cases}$$

где  $ЧДД_{ij}$  – чистый дисконтированный доход при использовании  $j$  – го СИС вместо  $i$  – го для создания СО в данном помещении;

$E_p, E_{\min}$  – расчетное и минимальное (согласно [2]) значения освещенности для данного помещения соответственно;

$\Delta\Phi$  – отклонение расчетного светового потока от требуемого. Согласно [3], не должно превышать  $-10 \div +20$  %.

Особенности предлагаемого метода.

При расчете  $ЧДД$  за начальные капитальные вложения принимаем стоимостную разницу между СО выполненной с использованием  $j$  – го СИС, и СО, выполненной с использованием  $i$  – го СИС, то есть сумму денег, которую необходимо доплатить, чтобы для создания требуемой СО вместо  $i$  – го СИС использовать  $j$  – ый СИС;

При отсутствии данных КПД светильников принимаем 0,7 (для светильников с углом излучения  $\beta > 80^\circ$ ) и 0,9 (для светильников с углом излучения  $\beta \leq 80^\circ$  с учетом полного угла отражения стекла);

КПД помещения рассчитываются по методике, изложенной в [3,4] для различных углов излучения СИС с типом диаграммы направленности по Ламберту.

На основе предлагаемого метода разработана программа для ПЭВМ в приложении Microsoft Excel. Программа позволяет производить светотехнические расчеты с применением СИС и получать результаты в виде таблиц, характеризующих целесообразность использования данного СИС для создания рассматриваемой СО. Также разработан проект ЭО ж/к сектора с применением разработанной программы, использование которой уже на стадии проектирования СО жилого дома позволило получить экономию в размере 219 900 руб. При этом экономия платы за электроэнергию при реконструкции одного жилого дома составит 2536137,82 руб. при сроке окупаемости 2,08 года.

#### **Список использованных источников**

1. Полозова, О.А. Методы экономического обоснования энергосберегающих мероприятий: материалы семинара «Организация и проведение энергетического обследования субъектов хозяйствования Республики Беларусь». – Гомель, 2001. – С. 112–118.
2. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2010. – 108 с.
3. Епанешников, М.М. Электрическое освещение: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Изд. 4-е, перераб. – М.: Энергия, 1973.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.

УДК 636.5:658.567.1

### **ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Тимошук А.Л., Шеметовец А.В., Тетёркин Д.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ*

The most rational ways of the decision of a problem of recycling of a biological waste are considered. Destruction of a biowaste by burning with use incinerator is the optimal variant, it will allow with high degree efficiency of resources and ecological compatibility to solve a neutralization problem.

#### **Введение**

Основными принципами государственной политики в РБ в области обращения с отходами являются: охрана здоровья человека; поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей природной среды и сохранение биологического разнообразия с использованием новейших научно-технических достижений в целях реализации малоотходных и безотходных технологий и комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов [1].

Интенсивное ведение сельского хозяйства в Республике Беларусь оказывает значительную нагрузку на окружающую среду. Особую роль в этом процессе играет животноводство, где ежегодно образуется свыше 20 млн. тонн отходов, в том числе и опасных биологических отходов, к которым относятся: трупы павших животных, птиц, боенские отходы домашних и диких животных, ветеринарные конфискаты, забракованное мясо.

Безнадзорное обращение с этими отходами ведет к распространению инфекций, так как различные элементы внешней среды участвуют в передаче возбудителей, хоть зачастую не являются их средой размножения. Процесс разложения довольно длительный, а некоторые микроорганизмы в почве выживают десятками лет [2]. Попадая на полигон, биоотходы в процессе своего разложения образуют сложные химические соединения – ядовитые либо канцерогенные. Несмотря на применяемые защитные сооружения полигона, через несколько лет эти соединения проникают в почву и грунтовые воды и заражают экосистему.

Существующие правила [2, 3] устанавливают требования к утилизации биологических отходов на территории ферм, при условии, что есть подходящее место для захоронения или компостирования. Важно избежать контаминации водных источников по соображениям здоровья животных, людей и окружающей среды.

В зависимости от ситуации, существует несколько способов утилизации биоотходов:

Переработка на утилизационных заводах (цехах) на мясокостную, мясную муку, белковые кормовые добавки, которые в дальнейшем вторично используют.

Утилизационные цеха перерабатывают биоотходы одного хозяйства, и полученные кормовые добавки используют только внутри данного хозяйства для кормления животных или птицы в виде добавки к основному рациону.

Захоронение – биологические отходы обеззараживают и помещают в скотомогильники (биометрические ямы). Дальнейших захоронений в данном месте не проводят.

Захоронение в земляных ямах трупов животных разрешается только в исключительных случаях: при массовой гибели от стихийного бедствия и невозможности их транспортировки для утилизации, сжигания или обеззараживания в биометрических ямах.

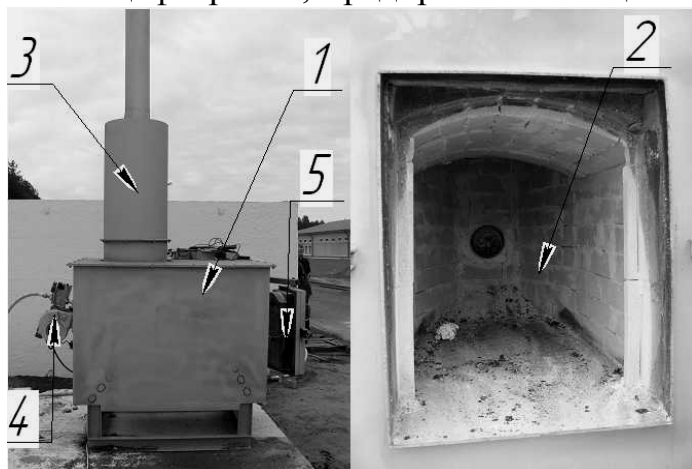
3. Сжигание в специальных печах (инсинераторах) или земляных траншеях (ямах) до образования негорючего неорганического остатка. Сжигание проводится под контролем ветеринарного специалиста.

При возникновении инфекций, опасных болезней – сжигание обязательно. Метод сжигания обеспечивает обеззараживание материала и полное уничтожение возбудителя бактериальных и вирусных заболеваний.

В настоящее время разработаны и используются различные установки для сжигания биоотходов. Отечественные установки находятся в стадии экспериментальной разработки. Уничтожение биоотходов сжиганием с использованием инсинератора является наиболее оптимальным вариантом, оно позволит с высокой степенью ресурсоэффективности и экологичности решить проблему обезвреживания.

В 2009 году РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОАО «ГСКБ» (г. Брест) разработан экспериментальный образец инсинератора (рисунок).

Инсинератор можно эффективно использовать в учреждениях ветеринарии, на птицефабриках, предприятиях пищевой промышленности, фермах по разведению овец, свинарниках-откормочниках, зверофермах там, где есть необходимость быстро избавиться от имеющихся биологических отходов.



*Рисунок – Экспериментальный образец инсинератора*

Инсинератор состоит из корпуса 1 с расположенной в нем камерой сжигания 2 (имеющую внутри слой огнеупорного материала), трубы вытяжной 3, горелки газовой 4 с запально-защитным устройством, оборудованной блоком автоматического управления, дверки с запорным механизмом 5.

Конструкция инсинератора обеспечивает: легкий доступ ко всем частям, подлежащим чистке и обслуживанию в процессе эксплуатации; удобство монтажа и безопасность обслуживания; простоту загрузки сжигаемого материала (вручную); возможность полного удаления зольного остатка кремации скребком или совком; контроль утилизации; биологическую безопасность зольного остатка.

Работает экспериментальный образец инсинератора следующим образом. Биологические отходы загрузить в инсинератор, после загрузки герметично закрыть соответствующей дверкой. Включить горелку, расположенную на задней стенке экспериментального образца. Розжиг и работа горелки контролируется системой автоматики. Произвести сжигание отходов. Дождаться охлаждения пепла. Выгрузить пепел в контейнер.

Рабочий цикл экспериментального образца при полной загрузке (100 кг) составляет 3ч. При неполной загрузке камеры сгорания предусмотрена возможность изменять время сжигания. Основные показатели экспериментального образца показаны в таблице 1.

**Таблица 1 – Технические показатели экспериментального образца**

Наименование показателей	Величина
Рабочая загрузка, кг	100
Объем камеры сгорания, м <sup>3</sup>	0,25
Производительность по отходам, кг/ч	35
Вид топлива	сжиженный или природный газ
Масса, кг	1590
Габаритные размеры, д×ш×в, м	1,95×1,15×2,5
Расход топлива, м <sup>3</sup> /ч	2,8

Полное обеззараживание и сгорание отходов происходит за счет высокой температуры внутри инсинератора (850°C). Остатки после сжигания – зола и небольшое количество хрупких обломков костей, приблизительным весом 10 кг.

Результаты проведенных бактериологических и экологических исследований показали, что экспериментальный образец установки инсинератора обеспечивал безопасность окружающей среды и соответствовал предназначенным целям, выбросы вредных веществ находились в пределах допустимых концентраций.

В связи с увеличением мощностей птицефабрик до 5,7 млн. и более голов предприятиям птицеводства требуется инсинератор на одновременное сжигание до 200-250 кг материала.

### **Список использованных источников**

1. Санитарные правила и нормы по гигиене труда и промышленной экологии на животноводческих предприятиях: СанПин 9-104 РБ 98 от 31.12.1998 №53.
2. Постановление об утверждении ветеринарно-санитарных правил уничтожения и утилизации биологических отходов при гриппе птиц (№ 20 от 16.03.2006).
3. Постановление об утверждении ветеринарно-санитарных правил проведения убоя здоровой птицы в организациях, занимающихся производством продукции птицеводства, а также в личных подсобных хозяйствах граждан в период угрозы возникновения гриппа птиц (№ 40 от 12.06.2006).

УДК 69.059.7

## **ТРАНСФОРМИРУЕМЫЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ ЭКРАН ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ**

***В.Н. Черноиван, В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван***

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, vgnovoseltsev@yandex.ru*

The construction for additional thermal protection of external walls of buildings – the warning system «Thermal screen» - is presented in the paper.

### **Введение**

Создание необходимых условий для экономии тепловой энергии, используемой для отопления зданий, является в современных условиях важным направлением для рационального использования топливно-энергетических ресурсов в Республике Беларусь. При эксплуатации зданий под воздействием окружающей среды строительные конструкции теряют свои теплотехнические свойства. Коэффициент термического сопротивления наружных стен снижается и достигает значений на 15-45% ниже нормативных [1]. Повышение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций проводится путем дополнительной

теплозащиты. Анализ известных решений дополнительной теплозащиты стен, применяемых в мире, позволяет сделать заключение, что их конструктивное решение построено по одной модели - слой теплоизоляционного плитного материала, соединенный или примыкающий без зазора к поверхности утепляемой стены, и защитный слой, предохраняющий теплоизоляционный материал, как правило, от увлажнения.

### **Трансформируемый термический экран**

Известные решения дополнительной теплозащиты стен имеют следующие свойства: тепловая изоляция, состоящая из нанесенной штукатурки по слою теплоизоляции характеризуется высокой трудоемкостью (5 чел-час. на 1 м<sup>2</sup> тепловой изоляции), высокой стоимостью, а также ограничением технологического регламента по температуре наружного воздуха и его влажности; тепловая изоляция облицовкой штучными материалами имеет следующие недостатки - необходимость выполнения работ по выравниванию поверхности утепляемых стен; большой расход металла на крепление теплоизоляционных материалов и защитных слоев с поверхностью стены.

Для дополнительной теплозащиты наружных стен эксплуатируемых зданий возможно применение систем утепления «Термический экран» [2] и «Трансформируемый термический экран» (рис.1). В этих технических решениях крепление теплоизоляционных материалов выполнено из трех стеклопластиковых анкеров с установочной шайбой-ограничителем. Наличие установочной шайбы-ограничителя позволяет осуществлять устройство теплоизоляции без предварительного выравнивания поверхности утепляемых стен, а также позволяет создать воздушную прослойку между стеной и утеплителем любой толщины. Это упрощает конструкцию теплоизоляции и снижает трудоемкость ее устройства.

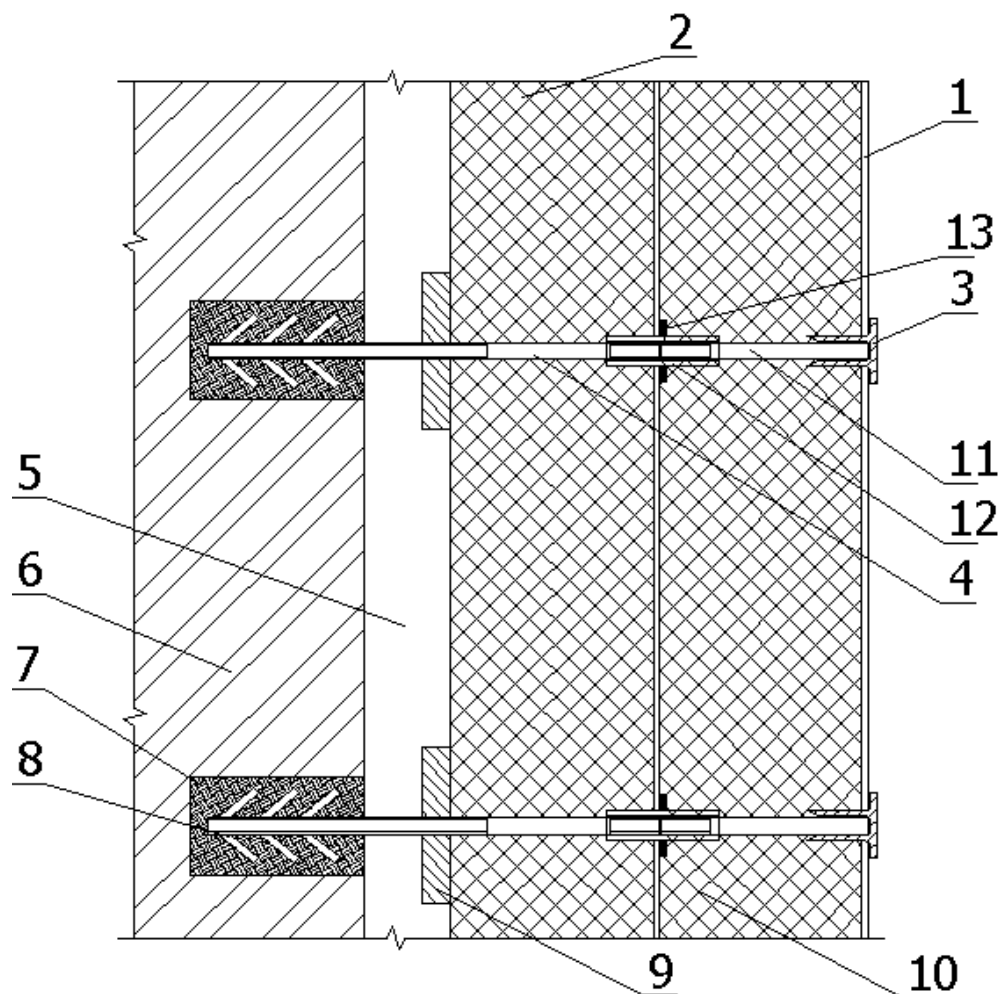
Работоспособность термического экрана достигается за счет отказа от использования слоя штукатурки по слою теплоизоляции и наличия воздушной прослойки, между стеной и слоем утеплителя.

Отличительной особенностью данного конструктивного решения от известных решений является наличие воздушной прослойки толщиной до 50 мм между плитным утеплителем и поверхностью утепляемой стены.

«Трансформируемый термический экран» монтируется на основе имеющегося устройства теплозащиты стен «термический экран» и является его усовершенствованием. Установка трансформируемого термического экрана осуществляется следующим образом. Вынимаются все полиэтиленовые втулки-заглушки, закрывающие существующие стеклопластиковые анкера с резьбой снаружи. Затем на каждый существующий стеклопластиковый анкер с резьбой снаружи навинчивается регулировочная муфта с резьбой внутри (длиной 40 мм) до упора фиксатора в штучный теплоизоляционный материал. Далее в регулировочные муфты с резьбой внутри навинчиваются дополнительные стеклопластиковые анкера с резьбой снаружи, а на них навешивается дополнитель-



ный штучный теплоизоляционный материал. После этого выполняется защитное покрытие и на концы дополнительных стеклопластиковых анкеров с резьбой снаружи надеваются полиэтиленовые втулки-заглушки.



1 – защитное покрытие; 2 –штучный теплоизоляционный материал; 3 – полиэтиленовая втулка-заглушка; 4 – существующий стеклопластиковый анкер с резьбой снаружи; 5 – воздушная прослойка; 6 – утепляемая стена; 7 – цементно-песчаный раствор; 8 – анкерочная шайба; 9 – установочная шайба-ограничитель, 10 – дополнительный штучный теплоизоляционный материал, 11 – дополнительный стеклопластиковый анкер с резьбой снаружи, 12 – регулировочная муфта с резьбой внутри, 13 - фиксатор

**Рисунок 1 – Система утепления «Трансформируемый термический экран»**

Технико-экономический эффект заключается в снижении затрат при локальном или полном увеличении толщины утеплителя при реконструкции зданий и сооружений за счет отсутствия затрат на демонтаж уже установленного утеплителя.

### Список использованных источников

1. Афанасенко, Е.В. Тепловая модернизация зданий бюджетной сферы – одно из направлений в решении задач энергобезопасности государства / Е.В. Афанасенко, М.М. Райко // Энергоэффективность, 2009. – № 1. – С. 4–5.

2. Новосельцев, В.Г. Оценка влияния атмосферных воздействий на теплотехнические характеристики минераловатных плит «Белтеп» / В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван, А.В. Черноиван. – Вестник БрГТУ, 2008. – № 2 – С. 56–57.

## О ПРОБЛЕМАХ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

**Черников И.А.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, work\_house@inbox.ru*

Every year the questions connected with power safety of the country, energyguarding, all become more actual. Dynamics of a life, considerable growth of an industrial complex, intensive development of some branches assume to prosecute more densely and more effectively subjects energyguarding. In turn energyguarding use of new technologies and the equipment demands new ideas in the decision of the given question.

XXI век характеризуется нехваткой топливно-энергетических ресурсов для большинства стран всего мира, в том числе и для ведущих экономически развитых держав. В условиях острого дефицита энергоресурсов все больше используется определение «энергетической безопасности страны», чаще слышится термин «энергосбережение», снова и снова слышим о необходимости экономии разных видов энергии.

Рассматривая понятие «экономия энергии» в контексте энергосбережения, надо понимать, что в большей степени оно зависит от технической и бытовой культуры населения (не нужен свет - выключи, умылся - закрой воду и т.п.). Соответственно понижение температурного показателя горячей воды в системах отопления (или отключение отопления), снижение освещенности помещений (или отключение электроэнергии) никак нельзя связывать с процессом энергосбережения.

Энергосбережение – это комплекс мероприятий, направленных на уменьшение потерь энергии у потребителя и снижение затрат при производстве энергии у производителя. Практическая реализация данных мероприятий означает использование новых технологий и современного оборудования.

В Беларуси потенциал для разработки перспективных технологий довольно велик. Разработки НИЛ «Пульсар» БрГТУ, которой руководит Северянин В.С., неоднократно получали высокую оценку, например, в Польше на "бизнес-форуме"; в России на "Петербургской технической ярмарке" (получена серебряная медаль); на "Московском Международном салоне инноваций и инвестиций" (получено две серебряные медали). Но практическая реализация новых идей оставляет желать лучшего.

Были ситуации, когда в лабораторию «Пульсар» обращались представители частного бизнеса, руководители предприятий, организаций с желанием приобрести высокоэффективное топочное оборудование. Им рассказывали, показывали чертежи, эскизы, макеты перспективных разработок, и, довольно часто случалось так, что цена оборудования для клиента принципиального значения не имела. Люди говорили: «Вот это – покупаем». После предложения о совместном изготовлении оборудования при нашем техническом сопровождении они отвечали: «Завтра мы купим оборудование в два раза хуже, в три раза дороже, послезавтра установим его, а через три дня будем с этого получать дивиденды». И, по большому счету, этим доводам противопоставить нечего. Закон "деньги-товар-деньги" пока еще работает, и чем быстрее оборачиваемость вложенных финансовых средств, тем выше полученные дивиденды.

Была неприятная ситуация при использовании бюджетных средств в рамках госбюджетной тематики. В 2001 году мы являлись соисполнителями по одной из энергоресурсосберегающих программ. Головной организацией являлся институт тепломассообмена им. А.В. Лыкова. Согласно техническому заданию запрос на финансирование госбюджетной работы по разработке, изготовлению, доводке и внедрению водогрейного котла малой мощности с роторной топкой для сжигания отходов составлял 20 млн. бел. руб. Профинансировано было 50 %, т.е. – 10 млн. руб. При том условии, что 30 % от объема финансирования отчисляется в фонд университета, 15 % - на развитие научно-исследовательской части (НИЧ), плюс подоходный налог – остается меньше половины. С большим трудом мы нашли частную фирму, которая согласилась изготовить котел за 5 млн. руб. (выполнение единичного заказа на предприятии обошлось бы в 10-15 млн. руб.). На полную оплату работы оставшихся средств не хватало, и мы обратились за помощью в НИЧ. Начальник НИЧ (Киптик В.П.) пообещал помочь, но когда дошло дело до оплаты выполненной работы – денег не оказалось. Пришлось мне, Черникову И.А., и профессору Северянину В.С. по 80 000 бел. руб. доплатить из собственного кармана.

Рассматривая вопрос внедрения новых технологий и эффективного оборудования в общем случае, надо сказать о необходимости инвестиций, о помощи государства, руководителей предприятий и организаций. Если этот вопрос практически решать в рамках вузов, то здесь, на мой взгляд, самым рациональным является предложение Северянина В.С. о создании собственного производства. Тем более, что примеры тому в нашей стране имеются (например, одна из научно-исследовательских лабораторий БНТУ). Тем более, что в нашем вузе вся необходимая база для этого имеется: токарные цеха, сварка, рабочая сила. Вполне возможно в нашем учебном заведении наладить изготовление оборудования и его доводку с целью продажи как на внутреннем рынке, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

## ГЕЛИОУСТАНОВКА «ЛУЧ»

**Янчилин П.Ф.**

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [yapasha@tut.by](mailto:yapasha@tut.by)*

Increase of efficiency of solar power plants for conditions of Republic of Belarus by reduction in price of their design, an action and operation principle. The Basic features of a solar power plant "ЛУЧ" are splitting of a paraboloid of rotation on separate cones and orientation on the Sun the special gear of tracking without electronics use. The solar power plant for catching and concentration of solar rays on spherical focus, transfers of warmth formed in focus to the heat-carrier (water), heat-carrier gathering in a supply tank for the subsequent distribution to consumers is used.

### **Введение**

Сегодня солнечная энергетика широко применяется в случаях, когда малодоступность других источников энергии в совокупности с изобилием солнечного излучения оправдывает её экономически. Солнечная энергетика — использование солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляющийся источник энергии и является экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов.

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (то есть вне атмосферы Земли), равен  $1367 \text{ Вт/м}^2$  (солнечная постоянная). Из-за поглощения атмосферой Земли максимальный поток солнечного излучения на уровне моря —  $1020 \text{ Вт/м}^2$ . Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную площадку как минимум в три раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше. Вот это количество энергии с единицы площади и определяет возможности солнечной энергетике. На территорию Беларуси ежедневно попадает порядка  $75\text{-}100 \text{ Вт/м}^2$  солнечной энергии, что в 5-6 раз меньше, чем на территорию пустыни Сахара [1]. (Ввиду малого значения солнечной постоянной для выработки энергии, которая покрыла бы всю потребность республики, необходимо построить солнечные батареи на территории, равной 3% всей площади страны. Есть предложения отдать под застройку территорию, пострадавшую от аварии на Чернобыльской АС).

Общеизвестны требования диверсификации энергопроизводства разных масштабов. Особый упор при этом делается на возобновляющиеся энергоресурсы. Для Республики Беларусь в силу ряда причин реализация местных энергоресурсов, в том числе возобновляющихся, затруднена (невысокий энергопо-

тенциал, малые запасы, организационные проблемы, а главное — отсутствие адекватных технических решений). Поэтому разработка новых энергоустановок является очень актуальной проблемой.

За прошлый век ученые перепробовали огромное количество различных вариантов и способов добычи и использования солнечной энергии. Дорогие и малоэффективные технологии уступали место привлекательным и дешевым разработкам, которые не прекращают совершенствоваться на протяжении многих лет. Вследствие этого можно привести условную классификацию «солнечных технологий»:

1. Активные – вместе с преобразователями солнечной энергии задействуются и вспомогательные механизмы (электродвигатели, насосы и т.п.). Солнечная энергия используется для нагрева воды, освещения, вентиляции.

2. Пассивные – отличаются от активных отсутствием в контурах систем каких-либо механизмов, движущих частей. Особенностью построения пассивных солнечных структур для организации систем вентиляции, отопления является подбор соответствующих по физическим параметрам строительных материалов, специфическая планировка помещения, размещение окон.

3. «Прямые» или непосредственные – системы, преобразовывающие солнечную энергию в ходе одного уровня, этапа или цикла.

4. «Непрямые» – системы, процесс функционирования которых включает в себя многоуровневые преобразования и трансформации для получения требуемой формы энергии.

Исходя из вышепредставленной классификации групп технологий солнечной энергетики, можно выделить наиболее подходящие для применения в сферах деятельности человека:

- использование солнечной энергии для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок;
- использование солнечной энергии для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных нагревательных установок;
- использование солнечной энергии для целей естественного освещения с помощью светоприёмников и световодов (применение пассивной технологии).

Солнечные нагревательные установки по принципу улавливания солнечной энергии делятся на два типа [1]:

- *гелиоколлекторы* – представляют собой лёгкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. Основой является плёночно-трубчатый адсорбирующий коллектор. В зависимости от конкретных условий можно получить установку любой производительности;
- *гелиоконцентраторы* – представляют собой установки, фокусирующие параллельные солнечные лучи с помощью линзы в одной точке для выработки электричества или тепла. По причине дороговизны и сложности изготовления огромных линз используют массивы вогнутых зеркал (классические зеркальные панели или листы полированного алюминия).

## **Повышение эффективности гелиоустановок**

Для повышения эффективности гелиоустановок (гелиоконцентраторов и гелиоколлекторов) используются сложные конструкции и дорогие материалы, это повышает срок окупаемости солнечных энергетических установок. Особенно это характерно для стран с малой солнечной отдачей, т.е. малым количеством солнечных дней, северным расположением и неразвитой экономикой. Поэтому остро необходимо решение удешевления конструкции, принципа действия, возведения и эксплуатации гелиоустановок. Так как количество солнечной улавливаемой энергии зависит от поперечных размеров энерговоспринимающего органа, большинство солнечных гелиостанций расположены в плоскости поверхности Земли. Но это усложняет концентрацию лучей. Поэтому ставится задача упрощения гелиоконцентратора, его изготовления и эксплуатации.

Одним из путей решения этой задачи является расщепление параболоида вращения на отдельные конусы [2, 3]. Это позволит создать солнечную установку для многочисленных потребителей малой и средней мощности, решая проблему энергосбережения. Гелиоустановка «ЛУЧ» является новой разработкой научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» Брестского государственного технического университета.

Особенности этой установки – гелиоконцентратор в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприёмнике и ориентирование на Солнце специальным механизмом (механизм слежения) без использования электроники. Принципиальная схема гелиоустановки показана на рисунке.

Гелиоустановка состоит из четырёх основных частей:

1. Оптическая система – гелиоконцентратор, состоящий из комплекса конусов-зеркал, закреплённых на специальном каркасе на строго рассчитанном расстоянии друг от друга таким образом, чтобы их проекции на Солнце, не перекрывая друг друга, полностью, без пропуска, заполняли солнечный поток. При этом образуется продуваемая прочная пространственная конструкция.

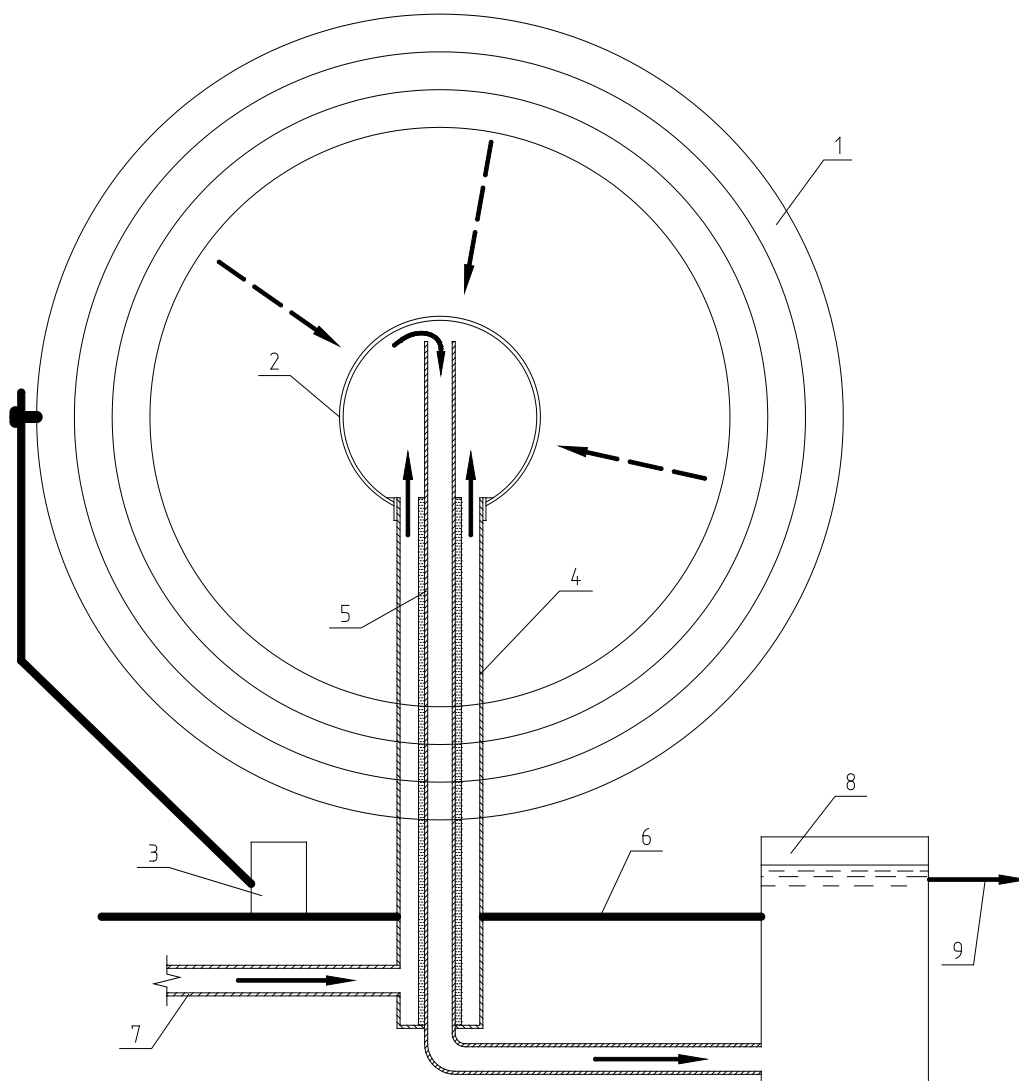
2. Система слежения за Солнцем – механизм поворота, суточный и сезонный механизм подъема оптической системы, электрический привод (электромагнит), осуществляющий движение всей системы слежения, с автоматическим электронным блоком управления.

3. Теплоприемник – сферический солнечный водонагреватель (полая сфера, установленная наверху колонны), система трубопроводов, бак-аккумулятор, запорно-регулирующая арматура.

4. Основание – металлическая плита, швеллеры, подшипники, на него монтируются все составляющие элементы гелиоустановки.

В гелиоустановке «ЛУЧ» основными и существенными отличиями от известных солнечных установок являются:

- Неподвижность теплоприемника. При работе оптическая система движется вокруг него, что резко упрощает систему подачи и отвода теплоносителя.



1 – гелиоконцентратор, 2 – теплоприёмник, 3 – механизм поворота, 4 – колонна,  
 5 – выходная труба, 6 – основание, 7 – водопровод, 8 – бак-аккумулятор,  
 9 – к тепловому потребителю; стрелки: сплошные – вода, пунктирные – солнечное облучение

**Рисунок – Схема гелиоустановки «ЛУЧ»**

- Движение оптической системы учитывает не только суточное, но и сезонное изменение положения Солнца. Этот принцип реализуется при помощи простых механических элементов – копиров.

- Зеркальная часть гелиоконцентратора представляет собой группу узких, отделенных друг от друга концентрических конусов в виде параболоида вращения, благодаря которым снижается ветровая нагрузка (поток воздуха свободно проходит сквозь щели между конусами) и упрощается изготовление и сборка зеркал, т.к. поверхности конусов имеют I степень кривизны; аналогичные же параболоидные поверхности существенно сложнее.

- В данной установке используются относительно дешевые материалы и изделия (хромированный алюминий – строительный материал – для изготовления оптических зеркальных конусов; электромагнит; основные узлы конструкции установки изготавливаются из обычной малоуглеродистой стали).

По результатам проведённых испытаний определили основные характеристики:

- тепловая мощность составляет около 3-4 кВт. Она определяется общей площадью оптических зеркальных конусов, расположенных в проекции, нормальной к солнечным лучам, и степенью их инсоляции — освещённости;
- расход приблизительно составляет 0,07 м<sup>3</sup>/ч при нагреве воды до 70-80 °С;
- количество потребляемой электроэнергии электроприводом системы слежения составляет примерно 0,1 кВт·час в месяц (электромагнит включается всего на 0,5 секунды через каждые 10 минут круглосуточно).

Данную гелиоустановку «ЛУЧ» можно рекомендовать для использования (в качестве дублёра к основным «традиционным» системам) в системах отопления и горячего водоснабжения небольших по мощности потребителей (коттеджи, сельские дома, теплицы, помещения цехов, складов, столовые, бани, технологические нужды в сельском хозяйстве). Аналогично гелиоустановка используется и для нужд хладоснабжения тех же потребителей при соответствующем её укомплектовании. Так же возможно применение данной установки для систем освещения (теплоприёмник выполняется из прозрачного материала).

### **Список литературы**

1. Кузьмич, В.В. Расчёт гелиоводонагревательных систем и их применение в сельском хозяйстве – Минск: БелНИИСХМ, Препринт, 1997. – 87 с.
2. Гелиоустановка: пат. 3998 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070327 заявл. 02.05.2007, опубл. 01.08.2007.
3. Гелиоконцентратор: пат. 4296 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070576 заявл. 03.08.2007, опубл. 17.12.2007.



# «ВОДА» — ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

УДК 628.35

## АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГЛУБОКОГО УДАЛЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

*Акулич Т.И., Столярчук В.И., Калишук Ю.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ*

Today there is a big need of existing waste disposal plants' reconstruction for the purpose of the removal of nitrogen and phosphorus. This article gives the analysis and chart's choice of sewage purification for nitrogen and phosphorus in the municipal treatment facilities.

### **Введение**

В большинстве городов Республики Беларусь качество городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, формируется качеством сточных вод населения города и промышленных предприятий, сбрасывающих сточные воды в городскую водоотводящую сеть. И если в 60-80-е годы XX-го века основную долю предприятий составляли предприятия тяжелой промышленности (приборо- и машиностроения), то в настоящее время преобладающими являются предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности. Данные изменения отразились и на качестве сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Если раньше наиболее характерными загрязнениями сточных вод являлись ионы тяжелых металлов, то теперь в сточных водах наблюдаются повышенные концентрации органических соединений и соединения азота и фосфора, а поступление в поверхностные водоемы большого количества азота и фосфора, приводит к их эвтрофикации.

Для обеспечения экологической безопасности водоемов в РБ разработаны нормативные документы, в которых установлены ПДК загрязнений в воде водных объектов, а также методики нормирования качества сбрасываемых сточных вод [1-4]. При этом большое значение придается качеству очищенных сточных вод по соединениям азота и фосфора.

В связи с тем, что на многих предприятиях пищевой промышленности Республики Беларусь или отсутствуют локальные очистные сооружения, или их работа недостаточно эффективна, то основную нагрузку по очистке сточных вод от органических загрязнений и биогенных элементов несут городские очистные сооружения канализации. На большинстве отечественных канализационных очистных сооружениях, построенных 20-40 лет назад, реализуется традиционная схема очистки сточных вод, позволяющая снизить концентрацию ор-

ганических веществ по БПК и концентрацию взвешенных веществ на 90%, а концентрацию азота общего и фосфора общего на 30% [5], что является недостаточным по современным условиям выпуска в водоем. Таким образом, в настоящее время назрела острая необходимость в реконструкции существующих очистных сооружений, с обеспечением в них как снижения БПК и взвешенных веществ, так и одновременного глубокого удаления соединений азота и фосфора.

### Биологическая очистка от азота и фосфора

Наиболее перспективный метод глубокого удаления биогенных элементов из сточных вод основывается на традиционной биологической очистке с сочетанием аэробных и анаэробных процессов. Реализация данного метода позволяет добиться содержания общего фосфора в очищенных водах  $1,0-1,5 \text{ мг/дм}^3$ , а содержания общего азота  $8-10 \text{ мг/дм}^3$  [5,6]. Принцип биологической очистки от азота (биологической нитри-денитрификации) и от фосфора (биологической дефосфатации) состоит в следующем:

- по технологии нитри-денитрификации аммонийный азот превращается в нитратный, а затем в молекулярный азот, отдуваемый при аэрации в атмосферу. На стадии денитрификации (биовосстановления нитратов до молекулярного азота) биоокисление органических веществ осуществляется не кислородом, а нитратами, что позволяет сократить расход азирующего воздуха и затраты на аэрацию.

- технология биологической дефосфатации заключается в выделении в системе биологической очистки анаэробных и аэробных зон. При этом в анаэробной зоне создаются условия для развития в составе активного ила фосфорнакапливающих бактерий, а в аэробных условиях фосфорные бактерии поглощают из сточной воды много фосфора в виде полифосфатов и ортофосфатов.

В настоящее время существует ряд технологических схем очистки, в которых в одном сооружении выделяется три основные зоны: аэробная, аноксидная и анаэробная, расположенные в различной последовательности [5, 6]. Одной из наиболее известных и широко применяемых в Европе, является схема очистки Phoredox (pho – фосфор, red (reduction) – снижение, ox – оксидация), позволяющая эффективно удалять соединения азота и фосфора на низконагружаемых сооружениях [5]. В этой схеме, кроме аноксидной стадии для денитрификации и аэробной стадии для снижения содержания органики и нитрификации, добавляется дополнительная анаэробная стадия с коротким периодом пребывания сточных вод. В ней создаются условия для роста и функционирования фосфорнакапливающих бактерий.

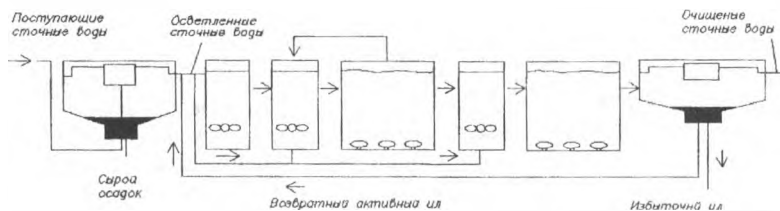


Рисунок 1 – Phoredox процесс удаления биогенных элементов

## Очистные сооружения г. Бреста

Площадка очистных сооружений г. Бреста находится на западной окраине города за пределами жилой застройки. Первая очередь очистных сооружений была принята в эксплуатацию в 1969 году, вторая – в 1981 году, третья – в 1992 году. Фактический годовой расход сточных вод на сегодняшний день составляет 38 442 000 м<sup>3</sup>/год (при среднесуточном расходе – 105 000 м<sup>3</sup>/сут). В настоящий момент бытовые сточные воды города в смеси с производственными подаются на площадку очистных сооружений, где подвергаются механической и полной биологической очистке с доочисткой на биологических прудах и отводятся в водоприемник, которым является река Западный Буг. Смесь сырого осадка из первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила подвергаются механическому обезвоживанию на фильтр-прессах.

В настоящее время на сооружениях реализуется традиционная схема биологической очистки, направленная на снижение концентрации органических веществ по БПК и взвешенных веществ. Анализ качества поступающих и очищенных сточных вод показал, что эффект очистки по этим показателям составляет в среднем 91%, по азоту аммонийному составляет 43%, а по фосфатам – 33%. Данные показатели свидетельствуют о неэффективном процессе очистки сточных вод и о необходимости реконструкции очистных сооружений. Цель реконструкции – интенсификация процесса очистки сточных вод по БПК и взвешенным веществам и осуществления процесса глубокого удаления соединений азота и фосфора.

Анализ существующих методов очистки и технологических схем показал, что наиболее рациональным является биологическое удаление азота и фосфора на базе традиционной биологической очистки. Данный метод может быть реализован, как при проектировании новых очистных сооружений, так и при реконструкции существующих. При этом основным элементом схемы очистки, который следует реконструировать, становится аэротенк.

Учитывая конструктивные особенности аэротенков Брестских очистных сооружений, предлагается следующая технологическая схема для реализации процесса глубокого удаления биогенных элементов (рис. 2).

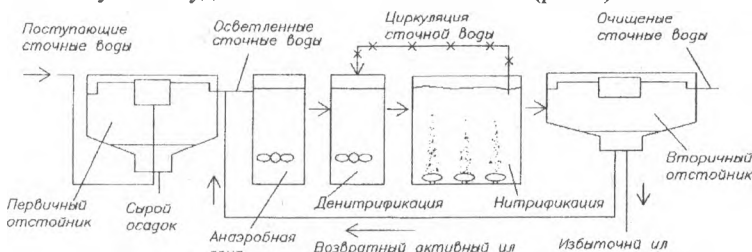


Рисунок 2 – Предлагаемая технологическая схема биологической очистки с удалением соединений азота и фосфора

По данной технологической схеме сточные воды после первичного отстойника поступают в анаэробную зону, где происходит подготовка активного ила к последующему изъятию из сточных вод фосфора (до 80-85%). В анаэробную зону поступает осветленная сточная вода и весь циркулирующий активный ил из вторичных отстойников. Далее сточные воды попадают в аноксидную зону (зону денитрификации), сюда же поступает рециркуляционный расход нитратсо-

держашей сточной воды из анаэробной зоны нитрификации. В зоне денитрификации осуществляется процесс разложения в анаэробных условиях денитрифицирующими бактериями нитратов до газообразного азота и кислорода, а также изъятие легкоокисляющихся органических веществ за счет выделившегося кислорода. В следующей зоне нитрификации происходит дальнейшая очистка от органических загрязнений, а также процесс нитрификации аммонийного азота.

Для реализации этой схемы предлагается реконструкция существующих аэротенков с выделением в них описанных выше зон. При этом необходимо соблюдать следующие технологические параметры работы: время пребывания сточных вод в анаэробной зоне – 1-3 часа, в зоне нитрификации необходимо обеспечение низкой нагрузки на активный ил 0,1-0,15 кг/(кг·сут), при дозе ила 4-6 г/л, поддержание большого возраста ила (не менее 4-5 суток) [5, 6]. Для обеспечения постоянного перемешивания иловой смеси анаэробная и аноксидная зоны оборудуются погружными мешалками, а в аэробной зоне для обеспечения необходимой интенсивности аэрации устанавливаются аэраторы с использованием кислорода 15-18% [5].

Внедрение рекомендуемой технологической схемы биологической очистки позволит снизить концентрации общего азота и общего фосфора в очищенных стоках после аэротенков до соответственно 8-10 мг/л и 4-5 мг/л, а также улучшить качество ила, стабилизировать работу аэротенков и вторичных отстойников.

### **Выводы**

В последнее время в Республике Беларусь наблюдается изменение состава городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, связанное с развитием в городах предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности. Сточные воды данных предприятий, сбрасываемые в городскую водоотводящую сеть, вносят дополнительные загрязнения по органическим веществам и по соединениям азота и фосфора.

Одним из методов очистки сточных вод от биогенных элементов (азота и фосфора) является биологическая очистка, реализуемая на базе традиционной биологической очистки с выделением аэробных, аноксидных и аэробных зон. Технологическая схема такой очистки представляется эффективной при реконструкции очистных сооружений г. Бреста. Данный метод очистки обеспечивает эффективность удаления общего азота и общего фосфора в среднем до 80-90%.

### **Список использованных источников**

1. О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов – Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. № 43/42.
2. О внесении изменений и дополнений в постановление Министерства ПР и ООС РБ и Министерства здравоохранения РБ от 08.05.2007г. №43/42. – Постановление Министерства ПР и ООС РБ и Министерства здравоохранения РБ от 24.12.2009г. №70/139.
3. Об утверждении инструкции о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты. – Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 апреля 2008 г. № 43.
4. О внесении изменений и дополнений в постановление Министерства ПР и ООС РБ от 29.04.2008г. №43. – Постановление Министерства ПР и ООС РБ от 29.12.2009г. №71.
5. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС. 2003. – 512 с.
6. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер с англ. / Хенце М., Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. – М.: Мир, 2004. – 480 с.

## **ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СОВРЕМЕННЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ**

*Андреюк С.В.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, а [asv75@mail.ru](mailto:asv75@mail.ru)*

The modern tendencies in practice of water facilities of the small consumers. Communal directions of constructing of the technological schemas of small-sized purification plants and conditioning of water.

### **Введение**

Городское и сельскохозяйственное водоснабжение, как система жизнеобеспечения, требует в настоящее время пересмотра концептуального подхода к решению задачи получения кондиционной питьевой воды. Это связано, прежде всего, с экологическими проблемами, которые можно охарактеризовать тем, что происходит снижение качества воды источников водоснабжения [1]. Загрязнения примесями антропогенного и геологического происхождения, содержащимися в воде в микроколичествах, приводит к тому, что необходимость их удаления диктует применение уникальных дорогостоящих технологий. В то же время, традиционные технологии очистки, используемые на водопроводных станциях, не позволяют получать кондиционную питьевую воду при наличии в исходной воде таких загрязнений, как нитраты, нитриты, фенолы, тяжелые металлы, включая радионуклиды, пестициды, углеводороды и т.п. В ситуации, когда существует необходимость удаления таких примесей, одним из подходов к решению проблемы является разделение всего объема потребляемой воды на питьевую воду и воду, используемую для гигиенических и хозяйственных нужд. В такой постановке один из путей решения проблемы заключается в широком использовании установок малой и средней производительности для доочистки и кондиционирования водопроводной воды с целью получения больших объемов воды непосредственно для питья и приготовления пищи.

### **Установки для приготовления кондиционной питьевой воды малой и средней производительности**

Бытовые установки по месту подключения разделяют на установки, устанавливаемые в месте пользования (малой производительности) и в месте ввода в домовладение (средней производительности). Количество стадий обработки воды в бытовых условиях в значительной степени определяется качеством очистки в системе централизованного водоснабжения или качеством воды индивидуального источника водоснабжения – скважина, колодец. Доочистка водопроводной воды, прошедшей очистку на головных сооружениях водопровода, бытовыми установками включает, как правило, одну или две стадии. В других случаях необходимо использовать большее количество стадий очистки.

Таким образом, различают малогабаритные установки по назначению – индивидуального и коллективного пользования; по исходной воде – водопроводная или природная (поверхностного или подземного источника) вода; по отдельным компонентам – для осветления, обесцвечивания, обезжелезивания, опреснения и т.п.; по характеру основного процесса – седиментационные фильтры, адсорбционные фильтры, баромембранные и электромембранные установки, установки для дезинфекции воды.

Малогабаритные установки индивидуального пользования предназначены для очистки воды в домашних (бытовых) условиях. Для горожан и сельских жителей, пользующихся централизованным водоснабжением, – доочистка и кондиционирование водопроводной воды; для сельских жителей при отсутствии централизованного водоснабжения – очистка и обеззараживание речной, озерной или колодезной воды [2]. Такие установки должны быть простыми в монтаже и обслуживании, а количество эксплуатационных операций должно быть сведено до минимума или лучше – вообще отсутствовать. Вопрос автоматизации не имеет однозначного ответа, поскольку определенный технологический режим может быть регламентирован инструкцией по пользованию, либо задаваться автоматически. Чаще конструкторы и технологи предпочитают первое решение, хотя второе следует считать более оправданным с позиции пользователя, то есть конструкция и технология установки должны быть такими, чтобы при всех мыслимых изменениях режима эксплуатации надежно обеспечивать потребителя кондиционной водой.

Установки коллективного пользования (средней производительности) для обслуживания небольших потребителей, таких как вахтовые, пастбищные и полевые бригады, детские сады и ясли, школы, больницы, воинские казармы и т.п., могут быть более сложными в эксплуатации и требовать специально подготовленного технического персонала или обслуживаться бригадами по сервису. Здесь уровень автоматизации может быть достаточно высоким, а технологический режим включать стадии регенерации. При этом дополнительное оборудование для регенерации должно включаться в общую технологическую схему.

Достаточно широкий набор фильтров и мембранных установок выпускают фирмы «Аметек», «Нимбус», «Теледайн Уотер Пику» и «Сейф Уотер Систем», реализовавшие несколько типов технологии очистки и кондиционирования воды.

Наиболее простым решением является использование седиментационных фильтров. Они предназначены для удаления взвешенных частиц, которые обычно представляют собой загрязнения природного происхождения – песок, глинистые частицы, ил и ржавчину. Седиментационные фильтры рекомендуются использовать в каждом доме – либо в помещении, либо в месте водозабора, если источник водоснабжения индивидуального пользования.

Усложнение технологии при содержании в воде растворенных молекулярных и ионных примесей, которые не могут быть задержаны седиментационными фильтрами, сводится к добавлению второй стадии – адсорбции на угольных или минеральных адсорбентах. Обычно адсорбционные фильтры выполнены в виде патрона из гранулированного активированного угля – картриджа – или сформованного композитного блока. Основное назначение угольных фильтров – это удаление посторонних привкусов и запахов, которые присущи природной воде

либо возникают в процессе ее хлорирования на водопроводных станциях. Для удаления ионных примесей, таких как нитраты, нитриты, тяжелые металлы, используют природные или синтетические иониты. Так, фирма «Сейф Уотер Систем» адсорбционные угольные фильтры дополнительно комплектует блоками, например, с анионитом для извлечения нитратов и нитритов. Ресурс этих блоков составляет от 3 до 6 месяцев в зависимости от содержания этих загрязнений в исходной воде. В некоторых адсорбционных фильтрах этим целям служат природные иониты – минералы цеолиты (шунгит, клиноптилолит). Адсорбционные фильтры разрешается использовать, если вода предварительно надежно дезинфицирована. Более того, использование угольных адсорбционных фильтров для недезинфицированной воды приводит к размножению микроорганизмов на загрузке, что дает дополнительное загрязнение фильтрата.

Задачи дезинфекции в малогабаритных установках решаются с помощью технологических приемов. Так, в адсорбционных фильтрах «Родник», «Сейф Уотер Систем» используется обеззараживание тяжелыми металлами: в первом случае серебром, во втором – медью. Однако бактерицидные свойства тяжелых металлов (включая серебро) проявляются в концентрациях, близких к предельно допустимым. Причем для получения надежного бактерицидного эффекта время экспозиции должно быть достаточно длительным и с уменьшением концентрации растет [3]. Следует отметить, что установки, в которых использован этот метод дезинфекции, не дают необходимого времени контакта в режиме фильтрации воды; функция носителей серебра и меди сводится к обеспечению консервирующего действия, когда фильтрат не отбирается. Предложено дезинфекцию воды проводить методами прямого электролиза, ультрафиолетовым облучением, применением иодированных полимеров.

Считается, что установки средней производительности имеют ряд преимуществ перед бытовыми установками малой производительности, в том числе использование таких установок облегчает решение проблемы сервиса и регенерации сорбентов, а также автоматизации технологического процесса.

Большинство установок средней производительности в качестве основного имеют адсорбционный блок. В комплексных технологических схемах в дополнение к адсорбции используются следующие методы: озонирование, ионный обмен, баро- и электромембранные методы, бактерицидная обработка, включая облучение ультрафиолетовым светом. Опыт эксплуатации в течение ряда лет установок средней производительности в США [4] позволил установить основные критерии в отношении конструкции и режима эксплуатации, которые сводятся к следующему: минимальная скорость поступающей на очистку воды должна лежать в интервале 0,13-0,32 л/с; минимальное рекомендуемое время контакта воды с адсорбентом должно быть 3 минуты (считается, что при таком режиме обеспечивается эффективная адсорбция в течение трех месяцев эксплуатации); присутствие органических веществ в водопроводной воде в концентрациях порядка 1 мг/л и выше требует увеличения времени контакта очищаемой воды с адсорбентом; после адсорбционной очистки воды необходимо предусматривать ее дезинфекцию; наличие контрольно-измерительной аппаратуры в виде пробоотборников (для определения концентрации загрязняющих веществ) и резервуаров чистой воды считается обязательным; для обеспечения надежности работы установок должна компоноваться вторым резервным фильтром.

## Заключение

Технологические возможности малогабаритных установок более широки, а реализуемые в них процессы могут быть более надежными и безопасными по многим примесям по сравнению с традиционными технологиями. Усовершенствование технологических процессов на водопроводных станциях очистки в системах централизованного водоснабжения и прогресс в технологиях, разрабатываемых для малогабаритных установок, способствуют также развитию крупномасштабной технологии очистки воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения и очистки сточных вод.

### Список использованных источников

1. Качество питьевых подземных вод в сельских населенных пунктах Беларуси // Информационный бюллетень – Мн.: БелНИЦ «Экология». – 1997 – № 5(12) – 22с.
2. Исследование процессов и разработка технологии очистки подземных вод от азотистых соединений в целях водоснабжения сельского населения РБ. отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / Брестский государственный технический университет; рук. С.В. Соколюк. – Брест, 2000. – 88 с. – № ГР 2000819.
3. Кульский, Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук думка, 1983. – 528 с.
4. Kuennew, R.W. Predicting the multicomponent removal of aromatic compounds by a fixed-bed adsorber / R.W. Kuennew, Van Dyke K., J.C. Crittendenn, D.W. Haad // J.AWWA. – 1999. – V. 81, №12. – P 46–58.
5. Лисиция, Е.А. Применение методов мембранной фильтрации. Качество питьевой воды, водоотведение и здоровье населения: Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции, Рязань, 2000 / Е.А. Лисиция, Л.И. Батаева, Е.Е. Катаевский, А.И. Спирин, И.Н. Павлова – Рязань: Поверенный. 2000. – С. 121–122. Рус.. RU. ISBN 5-93550-005.

УДК 628(091):728.8(476.7)

## РУРМУС БЕРЕСТЕЙСКОГО ЗАМКА

*Басов С.В., Гладышук А.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, basovs@mail.ru*

The article presents results of comparison analysis of literary and archeological data together with still existing fragments of medieval urban water supply systems, on the basis of which the reconstruction of water supply system of Berestyie castle in XVI century was proposed.

### Введение

В 2009 г. город Брест официально отметил 990-летие. Один из старейших городов Беларуси вправе гордиться многими событиями своей славной и героической истории, в том числе, связанных с гидротехникой.

2 ноября 2008 г. на заседании межведомственного координационного совета Брестского областного исполнительного комитета по охране материального и духовного наследия была представлена и обсуждена «Концепция сохранения, воссоздания и перспективного использования исторического наследия на территории Брестской крепости» [1]. Представленная концепция вызвала большой интерес, серьезную научную дискуссию и общественный резонанс, не утихающий до настоящего времени.



Необходимость подобной концепции, на наш взгляд, очевидна. Однако практическая ее реализация (после прохождения всех необходимых экспертиз, согласований и широкого общественного обсуждения) должна базироваться на научно-обоснованных выводах, масштабных археологических исследованиях с привлечением широкого круга специалистов – историков, краеведов, археологов, архитекторов, строителей, гидрологов и др.

Данное исследование проводилось в рамках выполнения поручений, предусмотренных пунктами 9 и 10 решения межведомственного координационного совета Брестского облисполкома по охране материального и духовного наследия «Аб мерах па захаванні гістарычнай спадчыны на тэрыторыі Брэсцкай крэпасці (стары горад) і перспектывах аднаўлення, добраўпарадкавання яе аб'ектаў і іх далейшага выкарыстання» (Протокол № 3/21–КАС от 02.10.2008 г.).

### Системы городского водоснабжения средневековых европейских городов

На сегодняшний день неизвестно, кто и когда построил первый водопровод в Берестье, а, может, и во всей Беларуси, но то, что он в середине XVI столетия функционировал в Берестейском замке – это неоспоримый исторический факт. Доказательством тому служит «Описание старства Берестейскаго 1566 года» [2] – дошедший до нас подробный письменный источник XVI века. Именно здесь, в Реестре Берестейского замка дано описание водопроводной системы для принудительной подачи воды по деревянным трубам с Буга в замок: *«Рурмусть, або млинъ, с которого вода рурами до замку идетъ, ободномъ колесе в одномъ валномъ великомъ, в которомъ суть помпы медяные, або спижные за штемплями железными и иными потребами к тому належащими, железомъ оперевеними; тамъ жо ещо можетъ бити фалюшъ, або ступа на толчене пороху; тотъ домъ з вежицою; у дверей замockъ нутрний, в немъ свердловъ великихъ до верхена руръ 2.»* [2, с.445].

Исторические факты свидетельствуют, что различные механизмы, приводимые в движение энергией воды, были широко и повсеместно распространены в Европе начиная с VIII-IX в. и до первой половины XX в., в том числе и в относительно отсталых в техническом плане странах – Польше и Великом княжестве Литовском (ВКЛ). Так, только на территории, отошедшей к Австрии к концу XVIII века, после разделов Речи Посполитой, находилось более 5 тысяч водяных мельниц [4].

Наибольшее распространение (вплоть до изобретения в 1830 г. водяной турбины) получили системы, основным элементом которых было горизонтальное или вертикальное водяное колесо, конструкции которого были известны еще с античности [3].

Практически повсеместно были распространены два типа таких колес: подливные и верхнебойные. Подливные колеса были проще в изготовлении и эксплуатации. Они приводились в движение потоком (течением) воды и работали практически на любых реках. Вертикальные подливные колеса были существенно мощнее горизонтальных, а их коэффициент полезного действия (к.п.д.) составлял 20-30 %.

Верхнебойное водяное колесо приводилось в движение не столько за счет удара падающей сверху на его лопасти воды, сколько под действием на нее силы тяжести. Это позволяло эксплуатировать такие системы с к.п.д. до 50-70 %,

при средней мощности 5-7 л.с. Конструкции на основе таких колес, были существенно сложнее подливных, поскольку необходимо было не только сооруже-ние запруды (плотины) для поднятия уровня воды, но и требовалось иметь возможность регулировать скорость падающей на колесо воды – при подаче слиш-ком большого ее количества к.п.д. верхнебойных колес резко снижался [4].

Если в древности вращательное движение водяного колеса использовалось только в двух основных целях – для помола зерна в мукомольных мельницах и в качестве черпаковых подъемников воды (норий), то, начиная с XI столетия, его стали использовать и как источник энергии для других видов работ: при изготовлении сукна, пеньки и бумаги, толчения и измельчения семян, коры, сахарного тростника, заточки и шлифовки металлических режущих инструментов, приводов кузнечных мехов, токарных, лесопильных и сверлильных (с XV в.) станков, станков для получения и резки металлических листов (XV в.), подъемников, насосов и вентиляторов для шахт (XVI в.). В XV в. были разработаны вертикаль-ные и горизонтальные конструкции мощных водяных молотов.

К концу XVI и до начала XIX столетия в Европе энергия воды повсеместно использовалась более чем в 40 различных производствах, в том числе, для сверления дул пушек, перемешивания смесей руды и воды, размельчения сырья при изготовлении стекла, нюхательного табака, гончарной глины, цемента, из-вестковой побелки, пороха и т.п.

Наличие водяных мельниц в средневековом Берестье также упомянуто в «Описании староства Берестейского 1566 года» [2, с.444]: «*Будоване на остро-ве межи Бугомъ за млинами:...*». Для расположенного в то время на реках крупного поселения, а тем более города, это было явлением обыденным, само собой разумеющимся. Возможно, по этой причине автор «Описания» не стал вдаваться в подробности и детали конструкций этих мельниц. Зато детально и обстоятельно описал рурмус. Это позволяет предположить, что водопроводная система подобной конструкции для нашего города была достаточно уникаль-ным и совершенным для своего времени инженерным сооружением. Косвен-ным подтверждением этому, на наш взгляд, является то, что обслуживавший его квалифицированный специалист – *рурмистр* получал вознаграждение «...*водле листу е.кр.мл. (Его Королевской Милости) на тиден кождий по гр. 30, коли до замку вода идетъ.*» [2, с.445]. Не каждый средневековый мастер-ремесленник, и даже, возможно, не всякий инженер-механик, имел документ с королевской подписью и печатью. Любопытен и еще один исторический факт: в 1560 году в столице королевства Польского Кракове рурмистр получал возна-граждение меньше берестейского коллеги – 24 гроша [5, с. 141].

Водопроводы, а вместе с ними и профессия рурмиистра, появились во второй по-ловине XIV в. во многих европейских городах (сохранились документы, датируе-мые 1399 г., касающиеся водопровода в Кракове [6]). Рурмиистр, получавший воз-награждение от города, следил за строительством и функционированием водопро-водов и имел определенные обязательства, закрепленные контрактом.

Сами по себе городские водопроводные коммуникации были практически одинаковой конструкции во всех городах – трудно изобрести трубу особой систе-мы [5, с.147; 10, с.46-53]. Благодаря археологическим исследованиям, сего-дня можно достаточно определенно судить о технологии и материалах, из кото-рых они изготавливались в XVI в.

Как правило, для производства труб использовали высококачественные ошкуренные брёвна из сосны, лиственницы или дуба длиной 2 метра и наружным диаметром 25 см, в которых специальными «...сверлами великими до верченя рурь...», вероятнее всего, с двух противоположных торцов вручную сверлились отверстия диаметром 10 см. Иногда для этой цели использовался сверлильный станок, который приводился в движение водяным колесом. Трубы соединялись друг с другом при помощи специальных железных накладок, которые для уплотнения конопатились пенькой либо мхом со смолой или воском [5, с. 147]. Если предположить, что длина замкового водопровода в Берестье достигала 100 м, то таких труб требовалось не менее 50 штук.

При необходимости ветвления водопровода нужные элементы изготавливали выдалбливанием отверстия одновременно в стволе и ветвях деревьев. Кроме того, для создания в коммуникациях определенного давления воду распределяли по системе вкопанных в землю деревянных бочек, из которых каждая следующая по ходу течения воды была расположена несколько ниже предыдущей. Это также позволяло свободно разворачивать водопровод под любым требуемым углом. Расстояние между бочками составляло от 6 до 7 м. Бочки емкостью в несколько десятков ведер делались, по понятным причинам, закрывающимися. Непосредственно сами трубы укладывались в землю в нужном направлении на глубине примерно 1,2 м и утеплялись лесным мхом.

Сеть трубопроводов подавала воду в установленные в различных точках замковой территории или города резервуары, похожие на бочки, ящики или корыта, частично вкопанные в землю, из которых черпали воду. Чаще всего это были обычные деревянные ящики, оснащенные закрываемым боковым сливом в виде трубки. Напор и расход воды регулировался примитивными задвижками и клапанами. Для этого в трубе вырезали прямоугольное отверстие, в которое вставляли деревянную чурочку, выполняющую роль задвижки или клапана, отсекающего проток воды.

Технологию подачи воды в городскую водопроводную сеть под давлением с помощью рурмуса, наиболее вероятно, изобрели (или существенно модернизировали) средневековые немецкие инженеры, поскольку происхождение термина «рурмус», безусловно, имеет немецкие корни (*Rohr* – нем. труба водопроводная, водосточная; *müssen* – нем. должен, долженствовать; *мурь* – старобел., полесское – должен). Также очевидно, что не только в Германии, но и в других странах Европы в XVI веке уже были инженеры, проектировавшие и строившие водопроводы с рурмусом [5, с. 143].

Известно, что водоподъемные машины со свободно подвешенными черпаками или ведрами, которые при вращении водоподъемного колеса зачерпывали воду и опорожнялись (опрокидывались) над лотком, соединенным с самотечным (гравитационным) водопроводом (акведуком), эксплуатировались в Европе и до XV в. Сохранились документы об этих сооружениях в городах Польши и ВКЛ: Кракове, Сандомире, Вильно, Вроцлаве, Люблине и др. [5–8].

В начале XV в. появились водопроводы с протоком воды под небольшим давлением. Поднятие воды из реки, прошедшей сквозь фильтр из терновой загороди, в

вышерасположенный резервуар (водонапорную башню), обеспечивающий это давление, происходило рурмусом. Первые рурмусы также были оснащены деревянными черпаками, ковшами или ведрами для зачерпывания воды и приводились в действие при помощи водяного колеса.

В ряде письменных источников XV-XVI в. есть различные определения термина «рурмус» – «...гидравлическая машина для поднятия воды, водопровод, помпа, резервуар для воды... рурмус воду подводит, толкает и льет...» [9]. Таким образом, наиболее вероятно, что в XVI в. под рурмусом понимали комплекс технических сооружений городского водоснабжения, состоящий из резервуара для воды, водоподъемного механизма, действовавшего по принципу помпы [5, с. 149], приводимого в движение ротационным водяным колесом, позволяющим качать воду из какого-нибудь природного источника.

Кто построил, где располагался, как выглядел и работал именно берестейский рурмус? В его описании явно указано: «...ободномъ колесе в одномъ валномъ великомъ...», т.е. его водяное колесо было одним и располагалось на большом валу. Ясно также, что он был расположен рядом с Бугом и на некотором расстоянии от замка («...вода рурами до замку идетъ...»). Как показывают планы города 1657 года, таким подходящим местом мог являться северо-западный мыс Замкового острова, где Мухавец впадает в Буг. Именно отсюда был наикротчайший путь подачи воды с Буга к замку, который мог не превышать 100-150 м.

В сохранившихся в королевском архиве Кракова документах есть упоминание о Петре из Чехии (*Piotr Boemus*) – мастере, который за королевские средства в 1547 г. строил водопровод в Вильно – столице ВКЛ [5, с. 144]. В.К. Гришин в работе [9] предполагает, что виленский рурмус мог построить приехавший в Вильно в XVI в. инженер Ульрик Хозиус или его сын Ян Хозиус. На наш взгляд, достаточно высока вероятность того, что мастер, имевший «королевскую лицензию» и построивший рурмус в Вильно, сделал это же и в Бересте, расположенном как раз по дороге из столицы ВКЛ в столицу Королевства Польского.

Это предположение позволяет сделать определенные выводы и относительно возможной конструкции берестейского рурмуса.

В 1983 г. проводились археологические исследования территории за пределами южной части городской оборонительной стены средневекового Вильнюса. В процессе работ были обнаружены остатки фундаментов стены XVI в., расположенной перпендикулярно городской оборонительной стене. На месте пересечения ее с оборонительным рвом, от стены на подпорную стену рва была переброшена арка предполагаемой шириной 2—2,5 м.

В 40 метрах южнее городских ворот Аушрос, на двухметровой глубине были раскопаны остатки башни, сохранившейся на высоту 1,5 м. Эта башня, судя по контуру внешней стены, была овальной формы и имела размеры по внешнему контуру 15,5 x 11,5 м. Внутреннее пространство башни было примерно 11,5 x 7,5 м.

Авторы проведенных исследований предположили, что обнаружили остатки основного элемента системы городского водоснабжения – рурмуса. Водоподъемный механизм, вероятнее всего, располагался в самой башне, для чего и была сооружена платформа внутри нее. Башня стояла в искусственном водоеме, ко-

торый с севера окружала насыпь с плотинами и шлюзами. Её изображение есть на плане виленских оборонительных укреплений Фридриха Гетканта 1648 г. Из шлюзов вода попадала в башню через найденное археологами отверстие в стене и приводила в движение верхнебойное водяное колесо. Вращение колеса, в свою очередь, позволяло работать механизму рурмуса, который при помощи помп закачивал воду в водонапорный резервуар, расположенный в этой же башне выше. Дальше вода по желобу в соединяющей стене, через ров и оборонительную стену поступала в водоприемник — возможно вкопанный в землю резервуар, откуда по деревянным трубам, прямо под землей, поступала в город [9].

Ясно, что здание берестейского рурмуса было деревянным, а не каменным, как в Вильно. Если бы здание было *«мурованым»*, то о нем в «Описании» (или других источниках) обязательно была бы дополнительная информация, а также его бы соответствующим образом обозначили на известных средневековых планах Берестья. На возможное наличие водонапорной емкости в берестейском рурмусе, на наш взгляд, указывает фраза из текста «Описания»: *«...тотъ домъ з вежицою...»*. Однако могла ли небольшая башня обеспечить необходимый напор для подачи воды в замок? Ведь средневековые замки, как правило, возводили на естественных или искусственных возвышенностях. Берестейский также стоял на высоком Замоквом острове, недалеко от места впадения Мухавца в Буг. Для того чтобы подать воду в замок, необходимо было преодолеть значительный перепад высот. При помощи большой водонапорной емкости, как в Вильно, в Берестье эта проблема вряд ли могла быть решена.

На наш взгляд, емкость обеспечивавшая необходимое давление в водопроводной системе Берестейского замка находилась непосредственно в нем, т.е. за крепостной стеной, а вода туда подавалась трубами от насоса (помпы) рурмуса, расположенного на берегу Буга. Весь механизм приводился в действие вращением простого по конструкции подливного водяного колеса большого размера, которое, само по себе, всегда ассоциируется с водяной мельницей — млыном: *«...Рурмусъ, або млынъ, с которого вода рурами до замку идетъ...»*. Подобная система функционировала во многих соседних городах Польши, в частности, в Люблине [7]. Конечно, этот вариант, с точки зрения длительной обороноспособности замка, менее убедителен — в случае нападения колесо и сам рурмус, расположенные непосредственно на реке, легче вывести из строя и сразу прекратить подачу воды в замок.

Механизм берестейского рурмуса был расположен не в башне (веже), как в Вильно, а в *доме*, т.е. в прямоугольном или квадратном в плане здании. Вращением большого вала водяного колеса приводились в действие механизм насоса (помпы) и одновременно с ним молоты или ступы, предназначенные для таких трудоемких процессов, как сукновальное производство и измельчение пороха: *«...тамъ жо ещо можетъ бити фалюшь, або ступа на толчене пороху...»*.

Что касается непосредственно конструкции самого водяного насоса — помпы, то он описан достаточно подробно: *«...помпи медяние, або спижние за штемплями железными и иними потребами к тому належачими, железомъ опревеними...»* — или, говоря современным языком, медные или бронзовые со всеми необходимыми железными принадлежностями.

Насос рурмуса, вероятно всего, представлял собой два сообщающихся поршневых цилиндра, оборудованных клапанами, из которых поочередно вытеснялась вода. Он приводился в действие кулачковыми механизмами вала водяного колеса, которые по очереди нажимали на плечи рычага. Известно, что насосы такого типа широко использовались ещё в античные времена для тушения пожаров и отличались высоким качеством изготовления. Подобные насосы, приводимые в действие мускульной силой, вплоть до открытия электричества повсеместно использовались, как для тушения пожаров, так и во флоте для откачки воды из трюмов терпящих бедствие кораблей [3].

### **Заключение**

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Система водоснабжения Берестейского замка XVI в. соответствовала передовым европейским технологиям того времени и была уникальной в своем роде, т.к. являлась одной из древнейших, если не самой древней для городов ВКЛ, расположенных на территории современной Беларуси.
2. Возможной реконструкции берестейского рурмуса в рамках Концепции сохранения, воссоздания и перспективного использования исторического наследия на территории Брестской крепости должны предшествовать масштабные археологические исследования, которые, без сомнения, принесут более определенные результаты относительно месторасположения и типа конструкции системы водоснабжения средневекового Берестейского замка.

### **Список использованных источников**

1. Гайдукович, М.М. Концепция сохранения, воссоздания и перспективного использования исторического наследия на территории Брестской крепости. Приложение I. Протокол № 3/21–КАС координационного совета по охране материального и духовного наследия от 02.10.2008 г.
2. Описание старства Берестейскаго 1566 года. Документы Московского архива Министерства юстиции / Под ред. М. Довнара-Запольского. – М., 1897 – Т. 1. – С. 205–448
3. The Pneumatics of Hero of Alexandria from the original Greek translated for and edited by Bennet Woodcroft professor of machinery in University College, London: Taylor Walton and maberly upper gower street and ivy lane paternoster row, 1851.
4. Рейнолдс, Т.С. Средневековые корни промышленной революции // Т.С. Рейнолдс // В мире науки. – Scientific American. 1984. – № 9.
5. U. Sowina. Budowniczość wodociagów w miastach polskich w XV-XVI wieku // *Archaeologia Historica Polona*, tom 7, 1998, Materiały z IV sesji naukowej Uniwersyteckiego Centrum Archeologii Średniowiecza i Nowożytności, S.139–155.
6. Carter, F.W. Trade and urban development in Poland: an economic geography of Cracow, from its origins to 1795 / F.W. Carter – Cambridge University Press, 1994
7. S.A.Bartoszewski, Z.Michalczyk, J. Piszcz. Hydrological consequences of the water management in the Lublin area. *Acta Univ.Olomuc. Fac.Rer.Nat.*(2000), *Geographica* 36. – P.19–25.
8. *Encyklopedia Wrocławia* – Wrocław: Wydawnictwo Dolnośląskie, 2001
9. Гришин, В.К. Вильнюсский Рурмус / В.К. Гришин // Археология и история Пскова и Псковской земли: краткие тезисы докл научн.-практ. конф. – сб. 2.– Псков, 1988 год [электронный ресурс]. – 2010. – режим доступа: <http://arheologi.livejournal.com/73708.html>. – Дата доступа: 01.03.2010.
10. Археологія Беларусі: у 4 т. / рэдкал.: В.М.Ляўко [і інш.]. – Мінск: Беларуская навука, 2001. – т. 4: Помнікі XIV-XVIII стст. / В.М.Ляўко [і інш.]. – 2001. – 597 с.

## СМК КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ПРОЦЕССОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

*Бербасова Н.Ю., Галкина Е.Г.*

*Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилёв, РБ, geg-rab@tut.by*

In the article are discovered the advantages of introduction the managements system of the quality (MSQ) on the enterprise, which exploit system of water supply and sewerage. The effective operation of these systems is not possible without strict maintenance of the technological and industrial discipline a detection of the problems, realizing of the correction or prevention. This makes it possible to support the stability of technological and management process.

### **Введение**

В настоящее время в Республике Беларусь уделяется большое внимание модернизации систем водоснабжения и водоотведения. Государственная программа по водоснабжению и водоотведению "Чистая вода" на 2006-2010 подходит к своему логическому завершению: все города и поселки Беларуси в 2010 году должны быть обеспечены чистой водой. Проблемы проектирования, строительства отойдут на второй план. Возникнет проблема правильной эксплуатации сложных, а порой полностью автоматизированных систем водоснабжения и водоотведения. Во многом это зависит от организации управленческого процесса на предприятии, соблюдения производственной и технологической дисциплины работниками предприятия.

Контроль соблюдения технологического процесса невозможен без постоянного мониторинга и анализа всех сфер деятельности предприятия. Поэтому полное описание, сбор, аналитическая обработка данных о функционировании систем водоснабжения и водоотведения является в настоящее время актуальной задачей. Эффективным решением данной задачи может стать внедрение на предприятиях системы менеджмента качества (СМК) соответствующей требованиям международных стандартов ISO серии 9000.

### **СМК в системе эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения**

Предприятие должно постоянно предъявлять потребителю свидетельства оказания услуг с высоким качеством и в соответствии с действующими в стране нормативами государственных социальных стандартов. Для выполнения данного принципа необходим постоянный мониторинг и анализ процессов и их параметров.

Сплошной контроль (мониторинг) всех технологических и управленческих параметров процессов водоснабжения и водоотведения проводить невозможно. Необходимо выработать стратегию управления, позволяющую, с одной стороны, получать информацию, отражающую полную картину функционирования систем водоснабжения и водоотведения, а с другой стороны стратегия должна быть обоснована.

вана и целенаправленна. Мониторинг считается эффективным, если при минимуме затраченных ресурсов он позволяет получить исчерпывающую информацию. Одним из вариантов решения такой дилеммы является построение и внедрение системы менеджмента качества (СМК) на предприятиях ЖКХ.

Одним из важных принципов СМК является принятие решений основанных на фактах. Причём не только на основании достигнутого конечного результата, а на базе промежуточных целей, достигаемых на всём протяжении жизненного цикла производства продукции или оказания услуги. Систематическая идентификация, управление и взаимодействие результатов функционирования предприятия образует “процессный подход”.

“Процессный подход” является ключевым элементом стандартов ISO 9000, применяя который предприятие получает следующие выгоды: обеспечение уверенности потребителей и других заинтересованных сторон в строгом соблюдении требований законодательства Республики Беларусь; способность сосредоточить усилия на результативности и эффективности процесса.

Рассмотрим процесс водоснабжения. Процесс включает выполнение следующих этапов:

1. Планирование объемов оказания услуг.
2. Проведение работ по присоединению нового абонента к сети.
3. Подготовка питьевой воды (забор, обезжелезивание, обеззараживание, резервуары чистой воды, насосная станция 2-го подъема и т.д.).
4. Подача воды потребителю по сети трубопроводов.

Последовательность выполнения данных этапов, входные и выходные данные представлены в виде процесса на рисунке 1.

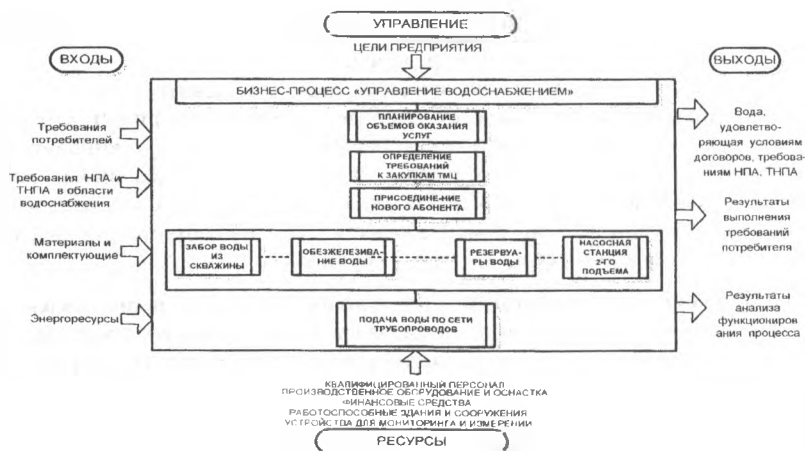


Рисунок 1 – Схема процесса водоснабжения

Но мало выделить процесс и разбить его на этапы. Необходимо регламентировать все аспекты технологических процессов, обозначить ответственность каждого должностного лица, начиная с рабочего и заканчивая директором



предприятия, для обеспечения правильного функционирования процессов и поддержания их работоспособном состоянии. Решением этой задачи может стать разработка единого для предприятия паспорта процесса («управление водоснабжением», «управление водоотведением»), в котором различные сферы деятельности любого предприятия (производство, управление кадрами, закупки и т.п.) будут подчинены единой цели. А построение алгоритмов процессов позволит облегчить разработку новых документов (рисунок 2).

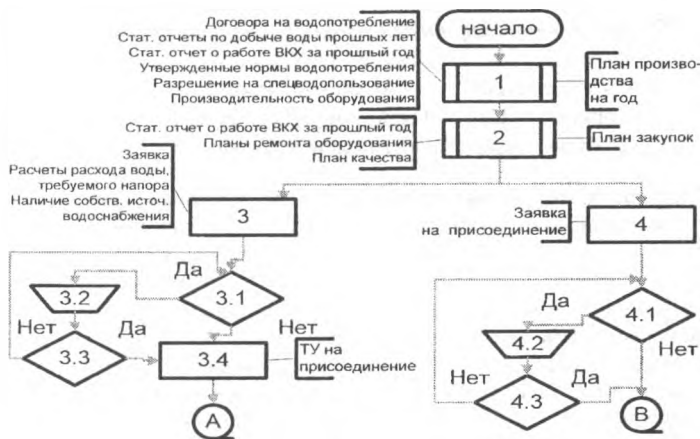


Рисунок 2 – Алгоритм процесса водоснабжения (фрагмент)

Но недостаточно просто регламентировать деятельность предприятия. Следует использовать систему для сбора данных, которые можно анализировать с целью разработки и осуществлению корректирующих и предупреждающих действий направленных на предотвращение повторения возникших проблем.

Существуют различные способы измерения процесса и его параметров, начиная от простых систем мониторинга и заканчивая сложными интегрированными системами. Выбор и применение какого-либо конкретного способа будет зависеть от характера и сложности процессов и размеров предприятия.

Одним из таких инструментов являются статистические методы контроля и управления качеством процессов, как производственных, так и управленческих.

После достижения запланированных целей и результатов процесса, предприятие должно постоянно фокусировать свои усилия по улучшению функционирования процесса для его выхода на более высокий уровень.

Таким образом, в современных условиях для многих предприятий жилищно-коммунального комплекса создание системы менеджмента качества в соответствии с государственным стандартом СТБ ISO 9001 становится чрезвычайно актуальной задачей и как показывает опыт, результативным инструментом повышения эффективности функционирования предприятия.

#### Список использованных источников

1. СТБ ISO 9001-2009 «Системы менеджмента качества. Требования».

## УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ СЕРОВОДОРОДА НА ПРИМЕРЕ ГП «КОЗЛИВСКИЙ СПИРТОВЫЙ ЗАВОД»

*Бернацкий Н.В., Гироль А.Н., Трач Ю.П., Гироль А.Н., Боярчук\* А. В., Чорнота\* В. Д.*

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина, ГП «Козливский спиртовой завод»\*, Тернопольской обл., Украина*

Brining results of artesian water treatment from to the hydrogen sulfide on "Kozlovskiy alcoholic factory". Technological scheme, formed technological and economic indexes of processes of water treatment are projected.

На предприятиях пищевой промышленности, к которым относится ГП «Козливский спиртовой завод», воду используют для технологических нужд, питания котлов, для охлаждения и хозяйственно-питьевых нужд. Технологическая вода должна отвечать требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» и дополнительным требованиям, обусловленными спецификой производства.

На спиртовой завод вода подается из трех артезианских скважин (№1, №2, №3) общей производительностью 120 м<sup>3</sup>/час, размещенных непосредственно на территории завода. Глубина буровых скважин составляет в среднем 30-36 г. В целом, по данным анализов лаборатории Тернопольводоканала, характеристика качества воды в скважинах приведена в табл. 1.

**Таблица 1 – Результаты анализа воды ДП «Козливский спиртовой завод» от 25.06.09г.**

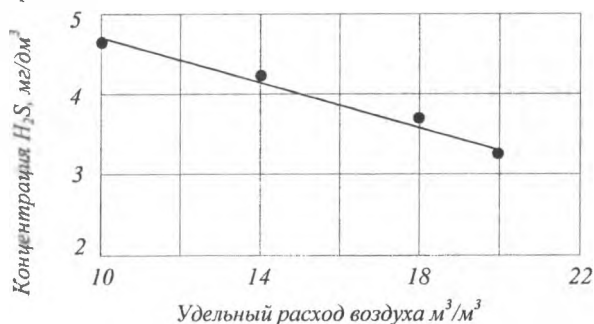
Показатель	Ед. измерения	Норма	Скважины		
			№1	№2	№3
Количество микроорганизмов	-	100	4	6	4
СОЛІ – индекс	-	3	3	3	3
Запах при 20°С	баллы	2	4 серовод.	3 серовод.	2 серовод.
Привкус	баллы	2	4 серовод.	3 серовод.	2 серовод.
Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	0,35	0,43	0,35
рН	-	6,0-9,0	7,2	7,3	7,05
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	45	-	-	-
Железо	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,17	0,27	0,26
Жесткость	моль/дм <sup>4</sup>	7,0	8,1	7,8	11,3
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	500	5,5	3,3	20,55
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	350	47	26	63
Аммиак	мг/дм <sup>3</sup>	до 2	-	0,32	-
Окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	до 4	3,84	4	3,16
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	до 3,3	-	-	-
Щелочность	мг-экв/дм <sup>3</sup>	не нормируется	7,3	7,6	7,3
Цветность	градусы	20	5	10	10

Как видно из данных таблицы, качество воды в скважинах в основном отвечает ГОСТу, кроме двух показателей – запаха и привкуса. Дополнительные анализы воды показали, что запах и привкус обусловлены повышенным содержанием сероводорода ( $H_2S$ ), количество которого по скважинам № 1 и 2 составляет 4,3 – 6,5 мг/дм<sup>3</sup>, а в некоторые периоды может достигать 10-10,5 мг/дм<sup>3</sup>. Наименьшая концентрация сероводорода наблюдается в скважине №3 (1,2 - 1,4 мг/дм<sup>3</sup>).

Одним из простых методов изъятия сероводорода из воды является аэрация, реализуемая, преимущественно, на вакуумно-эжекционных аппаратах.

При исследовании этого метода изменяли удельный расход воздуха в пределах 10 - 20 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Определение остаточной концентрации сероводорода проводили после 30-минутного контакта воздуха с водой. Полученные результаты отображены на рис. 1, из которого видно, что эффективность удаления сероводорода не превышает 26%, а его остаточная концентрация составляет 3,4 мг/дм<sup>3</sup> против начальной 4,6 мг/дм<sup>3</sup>. Такую невысокую эффективность можно объяснить тем, что сероводородные соединения в воде, в зависимости от pH, могут состоять из свободного сероводорода ( $H_2S$ ), гидросульфидных ионов ( $HS^-$ ) и сульфидных ионов ( $S^{2-}$ ). При pH воды мене 6,5 все сульфидные соединения в воде присутствуют в виде свободного сероводорода. В нашем же случае, при pH = 7,2 наличие свободного сероводорода составляет не более 50%. Поэтому увеличение эффективности удаления сероводорода из воды возможно лишь при подкислении исходной воды, что требует затрат кислоты, дополнительного оборудования с последующим корректированием pH воды.

*Рисунок 1 – График зависимости остаточной концентрации  $H_2S$  от удельного расхода воздуха при аэрации*

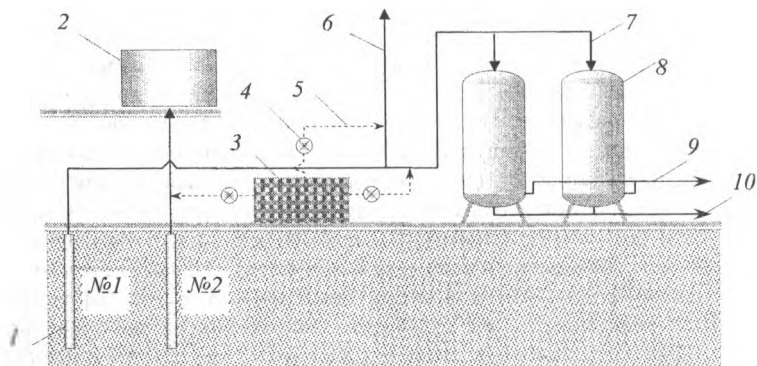


Учитывая низкую эффективность аэрации, было принято решение об использовании окислителей, которые имеют широкое использование при очистке воды. Известно, что наиболее широкое использование в практике водоподготовки имеют такие окислители: озон, перманганат калия, хлор.

Хлор – наиболее дешевый и распространенный из указанных окислителей, но значительно слабее их. В практике водопроводно-канализационного хозяйства Украины получил распространение гипохлорит натрия, выпускаемый ОАО «ДнепрАЗОТ» (г. Днепродзержинск) с содержанием активного хлора 15 – 18 г/дм<sup>3</sup>.

Гипохлорит натрия подавался непосредственно в трубопроводы при помощи дозаторов производительностью 4 дм<sup>3</sup>/ч. (рис.2).

Удаление образованной в результате химических реакций серы происходит на механическом фильтре и в баке артезианской воды, где она выпадает в осадок. Установлено, что для того, чтобы остаточная концентрация сероводорода в воде составляла 0,05 – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, расход активного хлора должен быть 2,5 – 2,9 мг на 1 мг H<sub>2</sub>S, или 16,7-19,4 мг гипохлорита натрия на 1 мг H<sub>2</sub>S.



**Рисунок 2 – Схема установки дозаторов гипохлорита натрия**

1 – скважина; 2 – холодильник спирта; 3 – емкость гипохлорита; 4 – дозатор; 5 – трубопровод гипохлорита; 6 – подача воды в емкостные сооружения; 7 – подача воды на очистку, 8 – зернистые фильтры; 9 – отвод фильтрата на умягчение; 10 – отвод промывной воды в канализацию

**Таблица 2 – Расчет стоимости гипохлорита натрия на удаление из воды H<sub>2</sub>S на ГП «Козливский спиртовой завод»**

Скважины	Концентрация H <sub>2</sub> S мг/дм <sup>3</sup>	Доза гипохлорита натрия, дм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> ·10 <sup>3</sup>	Расход гипохлорита натрия в сутки, дм <sup>3</sup>	Стоимость гипохлорита натрия в сутки, грн.	Стоимость на 1м <sup>3</sup> воды, грн.
Скважина №1 (Q=960 м <sup>3</sup> /сут.)	6,5	16,7 – 19,4	16,0 – 18,6	22,4 – 26,0	0,023 – 0,027
Скважина №3 (Q=960 м <sup>3</sup> /сут.)	1,4	3,6 – 4,2	3,5 – 4,0	4,9 – 5,6	0,005 – 0,006

### Выводы

Эффективным методом удаления сероводорода из подземной воды является ее обработка гипохлоритом натрия, при этом расход активного хлора составляет 2,5 – 2,9 мг на 1 мг H<sub>2</sub>S или 16,7-19,4 мг гипохлорита натрия на 1 мг H<sub>2</sub>S.

### Список использованных источников:

1. Николадзе, Г.И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: учеб. пособие по спец. "Водоснабжение и канализация" для вузов / Г.И. Николадзе, Д.М. Минц, А.А. Кастальский – М.: Высш.шк., 1984. – 368 с.
2. Хоружий, П. Перспективы обеззараживания питьевой воды на групповых водопроводах техническим гипохлоритом натрия // П. Хоружий, Ю. Яковенко, В. Хоружий, Э. Мацелюк. Газификация и водообеспечение Украины. – 2002 – № 4.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ

*Борсук И.П.<sup>1</sup>, Яловая Н.П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Коммунальное унитарное предприятие «Брестское дорожно-эксплуатационное предприятие», г. Брест, РБ*

<sup>2</sup>*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, yalnat@yandex.ru*

Основными источниками загрязнения поверхностного стока, формирующегося на городской территории и промышленных площадках, являются продукты эрозии почвы, пыль, строительные материалы в момент их транспортировки, сырье, продукты и полупродукты, хранящиеся на открытых складских площадках, выбросы атмосферного воздуха, нефтепродукты. Результаты лабораторных исследований показывают, что в сточных водах предприятий г. Бреста содержатся наиболее высокие концентрации органических и минеральных примесей (нефтепродуктов – до  $19,6 \text{ мг/дм}^3$  (65,3 ПДК), взвешенных вещества – до  $1133,625 \text{ мг/дм}^3$  (112,24 ПДК), по БПК<sub>5</sub> – до  $69,8 \text{ мг/дм}^3$  (11,6 ПДК)).

The basic sources of pollution of the superficial drain formed in city territory and industrial platforms, soil erosion products, a dust, building materials at the moment of their transportation, raw materials, products and the semiproducts stored on open warehouse platforms, emissions of atmospheric air, mineral oil are. Results of laboratory researches show, that in sewage of the enterprises of of Brest the highest concentration of organic and mineral impurity (mineral oil - to  $19,6 \text{ mg/dm}^3$  (65,3 maximum concentration limits), weighed substances - to  $1133,625 \text{ mg/dm}^3$  (112,24 maximum concentration limits), on БПК<sub>5</sub> - to  $69,8 \text{ mg/dm}^3$  (11,6 maximum concentration limits)) contain.

### **Введение**

Поверхностный сток с территории города и промышленных предприятий, образующийся в результате выпадения дождей, таяния снега и поливочных работ, является интенсивным фактором антропогенной нагрузки на природные водные объекты. Обусловлено это тем, что при существующих системах очистки хозяйственно-бытовых сточных вод загрязненность водных объектов продолжает нарастать в основном за счет сброса в них поверхностного стока, основное количество которого поступает в водоемы без очистки со значительными превышениями предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, а имеющиеся на отдельных промышленных предприятиях сооружения по очистке ливневых вод практически не эксплуатируются из-за физической и моральной изношенности.

Качественный состав поверхностного стока колеблется в широких пределах в зависимости от загрязненности территории, характера покрытия водосборной площади, интенсивности движения транспорта по улицам, режима уборки улиц, продолжительности и интенсивности осадков, продолжительности бездождевого периода, загрязненности воздушного бассейна.

## 1. Характеристика загрязнений поверхностного стока

Основными источниками загрязнения поверхностного стока, формирующегося на городской территории и промышленных площадках, являются продукты эрозии почвы, пыль, строительные материалы в момент их транспортировки, сырье, продукты и полупродукты, хранящиеся на открытых складских площадках, выбросы атмосферного воздуха, нефтепродукты.

Интенсивно загрязняют территорию города отходы строительных работ и реконструкции объектов. В красках окрашенных кирпичей, осыпавшейся штукатурки и в других покрытиях обнаруживается большое количество токсичных веществ, в т.ч. тяжелых металлов.

Поверхностный сток с городских территорий и промышленных площадок вносит значительное количество загрязняющих веществ в водные объекты, что приводит к их заиливанию. Заиленное дно изменяет гидрологический режим рек. Обычно грунтовые воды, залегающие неглубоко, переливаются в реки, пополняя их и разгружаясь. При заиливании реки разгрузочный слой, в котором подземная влага просачивается в реку, постепенно подпирается. В результате затапливаются прилегающие берега. Возникает серьезная проблема подтопления некоторых районов города, так как нет возможности освободить пути разгрузки грунтовых вод.

Донные отложения, формирующиеся в водоемах в дождливую погоду, нарушают жизнедеятельность микроорганизмов, что отрицательно сказывается на биоценозе и процессах самоочищения.

Особенно неблагоприятное влияние на санитарное состояние водоемов оказывают содержащиеся в поверхностном стоке взвешенные вещества и нефтепродукты.

Поступление нефтепродуктов на поверхность автодорог связано с протечками топлива, моторного, трансмиссионного масла, смазочных материалов из различных систем автомобиля. Скорость поступления нефтепродуктов на дорогу в результате таких утечек из одной автомашины составляет от долей миллиграмма до нескольких миллиграммов в секунду. В течение первых 2-х суток пятна от нефтепродуктов расплываются и увеличивают свои размеры в 1,5-1,7 раза по сравнению с первоначальными размерами, при этом наблюдается их выравнивание и сглаживание угловатых форм на округлые. Отдельные пятна в бездождный период сохраняются в течение 2-3 недель.

В значительной степени уровень загрязнения окружающей природной среды отходами и потерями в нефтепродуктах может быть снижен поддержанием оборудования складов горюче-смазочных материалов (ГСМ) в исправном состоянии, повышением технической культуры обслуживающего персонала и систематическим контролем за выполнением мероприятий по охране природы со стороны должностных лиц, занимающихся вопросами обеспечения ГСМ, эксплуатацией автотракторной и другой специальной техники.

Взвешенные вещества появляются за счёт истирания шин, асфальтового покрытия, просыпей грузов, за счёт выноса на колёсах грязи на автомобилях, выехавших с грунтовых дорог. Кроме того, большое количество взвешенных ве-

шеств остается после зимней обработки дорог песчано-солевыми смесями (солями хлористого натрия, хлорида кальция), что приводит к загрязнению снега и при его таянии – к загрязнению поверхностных талых вод, почв придорожной полосы. Загрязнение почв приводит к гибели придорожной растительности и защитных лесонасаждений.

Таким образом, в начальный период дождя загрязнения стоков достигают наибольших концентраций. Так, в первые минуты стока концентрация взвешенных веществ в 10 раз, а при сильных дождях – в 20 раз выше ПДК, чем в конце дождя. По БПК<sub>5</sub> сток, образованный в первые минуты дождя, загрязнен в 2-5 раз сильнее, чем последующие порции стока.

Сброс указанных стоков в водные объекты оказывает неблагоприятное воздействие на качество воды. Осаждение взвешенных частиц, содержащихся в талом и дождевом стоках, приводит к заилению водоема, нарушению экологического равновесия в водной системе, а образующаяся на поверхности водоема нефтяная пленка нарушает газообмен с атмосферой, изменяет содержание растворенного в воде кислорода, в результате чего жизнедеятельность обитателей водоема угнетается, вплоть до их гибели. Так, при концентрации нефтепродуктов в водоеме 0,05-0,1 мг/дм<sup>3</sup> погибают икра и молодь рыб, при концентрации 0,1-1 мг/дм<sup>3</sup> – планктон (простейшие организмы, обитающие в водоеме и являющиеся пищей для рыб), а концентрация 10-15 мг/дм<sup>3</sup> – смертельна для взрослых особей рыб. Кроме прямого токсического воздействия, нефтепродукты, попавшие в водоем, при концентрации 0,05-0,5 мг/дм<sup>3</sup>, придают воде и рыбе неприятный «керосиновый» запах. Всего лишь 1 грамм любого нефтепродукта делает непригодным для употребления 2000 л (дм<sup>3</sup>) воды.

Нередки случаи микробного загрязнения ливневых вод. Микробные загрязнения особенно концентрируются в стоках зимних оттепелей и в потоке весеннего снеготаяния. В этих водах содержатся наиболее высокие концентрации органических и минеральных примесей, что создает благоприятную среду для размножения патогенной микрофлоры.

Достаточное количество нефтепродуктов, взвешенных веществ поступает в окружающую среду с территорий промышленных предприятий в результате сброса неочищенных и недостаточно очищенных нефтесодержащих сточных вод.

Результаты проведенных лабораторных исследований показывают, что сточные воды предприятий, осуществляющих эксплуатацию автомобильного транспорта, характеризуются наиболее высокими концентрациями органических и минеральных примесей (по содержанию нефтепродуктов превышение в 65,3 раза, взвешенных веществ – в 112,24 раза, по БПК<sub>5</sub> – в 11,6 раза).

В городах Республики Беларусь действуют достаточно жесткие условия приема загрязняющих веществ в сточных водах, отводимых абонентами в системы городской ливневой канализации. По взвешенным веществам согласно нормативным требованиям допускается к сбросу до 10,1 мг/дм<sup>3</sup>, по нефтепродуктам – до 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Многолетний опыт эксплуатации систем ливневой канализации показал, что качество ливневых сточных вод, как правило, не удовлетворяет нормативным требованиям – локальные очистные сооружения поверхностного стока есть лишь на части предприятий, но и они работают недостаточно эффективно и оказывают негативное влияние на поверхностный сток с территории города.

С другой стороны, существует государственный экономический механизм воздействия на природопользователей-нарушителей. В соответствии с Законом Республики Беларусь от 26.11.1992 г. «Об охране окружающей среды» и в целях улучшения санитарного состояния р.р. Мухавец, Лесная, Западный Буг, а также комплексного решения вопросов улучшения содержания и ремонта коммунальных сетей дождевой канализации г. Бреста и защиты водных объектов от неблагоприятных последствий хозяйственной деятельности организаций Брестский городской исполнительный комитет установил дополнительную плату за сброс в коммунальные сети дождевой канализации сточных вод с превышением уровня допустимых концентраций загрязняющих веществ. Такое своеобразное наказание, однако, выглядит, как некое разрешение: заплатил, значит, можно загрязнять... Но не совсем так. Плата за нормативные сбросы – одна, за превышение уровня допустимых концентраций загрязняющих веществ сумма увеличивается в несколько раз. Предприятию экономически невыгодно сбрасывать большое количество вредных веществ, дешевле построить очистные сооружения. В противном случае после ежегодных проверок экологов будут потеряны миллионы рублей. Но, к сожалению, по-прежнему очистные сооружения строят не везде, а имеющиеся в наличии находятся в плачевном состоянии, подолгу не ремонтируются.

Следует также отметить, что промышленные предприятия, автомобильный транспорт активно загрязняют и атмосферный воздух. Так, автомобильный транспорт «поставляет» в атмосферу угарный газ, окислы азота и серы (именно в пробках, когда машина постоянно трогается с места и останавливается, происходит максимальное количество выбросов), а различные промышленные предприятия – соединения мышьяка, свинца, ртути. Наибольший процент в промышленных выбросах составляют соединения серы и азота. Вступая в атмосфере в реакцию с водой, они превращаются в кислоты и выпадают на землю в виде так называемых «кислотных» дождей. Сегодня почти любой дождь в той или иной степени «кислотный». «Кислотные» дожди наносят ущерб и народному хозяйству: ускоряют коррозию металлических конструкций, разрушают песчаник, известняк, мрамор, подкисляют воды рек и озер, почвы, что приводит к гибели рыбы, лесов.

Перечисленные качественные параметры поверхностного стока не вызывают сомнений в негативном влиянии его на состояние водоемов, особенно в черте городских поселений, и обуславливают необходимость его предварительной очистки перед поступлением в водоем.

В настоящее время дождевые, талые и условно чистые воды с территории г. Бреста и промышленных предприятий поступают в систему ливневой канализации города и отводятся в водоемы-приемники через 27 выпусков в 3 поверхностных водотока – рр. Мухавец, Лесная, Западный Буг. При этом на 7 выпусках поверхностный сток подвергается механической очистке на очистных сооружениях. Используемые технологические схемы очистки предусматривают, как правило, отстаивание в прудах-отстойниках с удалением нефтепродуктов в масло-грязеуловителях.



Анализ результатов лабораторных анализов Испытательного центра «Брестский государственный технический университет» и статистических данных лабораторного мониторинга Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды показал, что в черте города в р. Мухавец сбрасывается поверхностный сток достаточно загрязненный. Влияние поверхностного стока на качество воды рр. Лесная и Западный Буг незначительное. Однако было установлено, что в р. Западный Буг попадает частичный сброс хозяйственно-бытовых стоков через городскую ливневую канализацию из домов частного сектора. Так, за 1 год при совместном обследовании с представителями Городской инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, выявлены несанкционированные врезки хозяйственно-бытовых стоков в городскую ливневую канализацию по ул. Дачной, Смирнова, Адамковской, Заречной, пер. 2-му Западному, что подтверждают результаты лабораторных исследований (таблица).

**Таблица – Характеристика показателей качества поверхностных вод Брестской области**

Наименование водоприемника	Наименование показателя	Нормированное значение показателя, мг/дм <sup>3</sup>	Фактическое значение показателя, мг/дм <sup>3</sup>	Максимальное значение показателя, мг/дм <sup>3</sup>
р. Мухавец	нефтепродукты	0,3	0,97	6,39
	взвешенные вещества	10,1	55,58	250
	БПК <sub>5</sub>	6,0	5,61	16,8
	сухой остаток	1000	295,8	750
	сульфаты	500	39,65	128
	хлориды	500	29,56	95,04
	АПАВ	0,5	0,095	0,388
р. Лесная	нефтепродукты	0,3	0,47	1,61
	взвешенные вещества	10,1	34,61	85,5
	БПК <sub>5</sub>	6,0	5,22	10,09
	сухой остаток	1000	605	777,5
	сульфаты	500	41,55	58,87
	хлориды	500	49,35	48
	АПАВ	0,5	0,3	0,766
р. Западный Буг	нефтепродукты	0,3	0,66	1,57
	взвешенные вещества	10,1	53,68	126
	БПК <sub>5</sub>	6,0	13,37	27,3
	сухой остаток	1000	365	428
	сульфаты	500	48,87	110,4
	хлориды	500	46,32	87,36
	АПАВ	0,5	0,53	1,195

## 2. Методы очистки поверхностного стока

Выбор метода и схемы очистки поверхностного стока зависит от фазово-дисперсной характеристики примесей, качественного состава, динамики изменения поверхностного стока во времени.

Так, нефтепродукты в сточных водах могут находиться в свободном, связанном и растворенном состоянии. Для выделения свободных, несвязанных нефтепродуктов

применяется метод отстаивания. Отстаивание основано на закономерностях всплывания нефтепродуктов в воде и происходит по тем же законам, что и осаждение твердых частиц. Наиболее целесообразно применение тонкослойного отстаивания.

Для выделения мелкодисперсных и связанных нефтепродуктов рекомендуются физико-химические методы и соответствующие им сооружения. К наиболее часто применяемым методам относится флотация. Метод флотации заключается в том, что пузырьки воздуха, подаваемого в сточную воду, обволакивают частицы и поднимают их наверх. В основе этого процесса лежит молекулярное слипание частиц нефти и пузырьков воздуха в воде. В зависимости от способа образования пузырьков воздуха различают несколько видов флотации: напорную, пневматическую, импеллерную, пенную, химическую, биологическую, электрофлотацию и т.д. Наиболее целесообразно применение напорной и импеллерной флотации с использованием реагентов. Особое внимание заслуживает комбинированное сооружение, объединяющее эти два метода.

Очистка сточных вод от растворимых примесей осуществляется экстракцией, сорбцией, нейтрализацией, электрокоагуляцией, эвапорацией, ионным обменом, озонированием и т.п.

Более глубокая очистка от мелкодисперсных нефтепродуктов до концентраций 0,5-1,0 мг/дм<sup>3</sup> может производиться фильтрованием через зернистые загрузки. В качестве загрузок зернистых фильтров используются кварцевый песок, антрацит, горелая порода, гранитная крошка.

Достижение требований водоема рыбохозяйственного назначения достигается двухступенчатым фильтрованием на фильтрах с зернистой загрузкой с последующей двухступенчатой сорбцией. Зернистые фильтры должны быть оборудованы узлом интенсивной регенерации, включающимся периодически.

В каждом конкретном случае выбора метода и схемы очистки сточных вод должна быть проведена объективная качественная оценка характеристики сточных вод с определением дисперсного состава загрязнений, в том числе и нефтепродуктов, с определением природных показателей воды и степени устойчивости суспензий и эмульсий сточных вод к процессам очистки.

### **Заключение**

Таким образом, с учетом вышеизложенного, а также для сокращения загрязненности поверхностного стока с территории города и промышленных предприятий необходимо проведение целого ряда мероприятий, основными из которых являются:

- 1) следование по пути перехватывания первых порций поверхностного стока и его очистка;
- 2) строительство очистных сооружений на всех выпусках в р. Мухавец, т.к. именно в этот водоприемник отводится основной поверхностный сток и, что особенно существенно, в черте города, в районе городского пляжа;
- 3) сбор поверхностного стока на территории промышленных предприятий и его очистка на локальных очистных сооружениях;
- 4) ведение жесткого контроля и недопущение подключения к системе ливневой канализации выпусков из домов частного сектора;

5) повышение степени благоустройства городов и культуры эксплуатации дорожных покрытий;

6) организация регулярной механизированной уборки территории;

7) локализация строительных площадок, упорядочение складирования и транспортирования сыпучих и жидких материалов;

8) повышение эффективности работы пыле- и газоочистных установок на предприятиях.

Выполнение предусмотренных мероприятий позволит сбрасывать поверхностный сток с качеством на уровне предельно допустимых концентраций ингредиентов, серьезно сократит антропогенные нагрузки на водоемы и решит многие экологические проблемы города.

УДК 628.14

## ПРОБЛЕМЫ КОРРОЗИИ В ВОДООБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ

*Волкова Г.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ*

### **Введение**

Процесс коррозии помимо ухудшения технологических и технических характеристик металлоконструкций (трубопроводов, запорной арматуры, технологического оборудования и др.), имеющих непосредственный контакт с водой, приводит к вторичному загрязнению воды продуктами коррозии и биообрастаний.

Рост антропогенного загрязнения окружающей среды, приводящий к ухудшению качества воды в различных водоисточниках и системах водоснабжения, усугубляют трудности решения проблемы борьбы с коррозией.

Механизм развития коррозии металлических поверхностей в воде, определяемый коррозионной активностью воды и особенностями режима работы систем водоснабжения, носит электрохимический характер и интенсифицируется присутствующими в воде многочисленными микроорганизмами [1,2], вызывающими биокоррозию металлов. Рассмотрим причины возникновения электрохимической и биокоррозии.

### **Коррозия и биообрастание**

В литературе наиболее распространено мнение, что электрохимическая коррозия вызвана тем, что для изготовления металлического оборудования и трубопроводов в водооборотных системах охлаждения применяются сплавы, содержащие обычно не два, а большее число различных компонентов, которые могут образовывать различные соединения и смешанные фазы. Это приводит к возникновению на поверхности металла микрোগальванических элементов, как правило, нескольких видов, которые являются причиной постепенного разрушения поверхностных слоев металла при соприкосновении с водной средой.

При этом электродные потенциалы гальванических элементов зависят не только от природы металла, но в меньшей степени и от кристаллической модификации его, от различных дефектов в решетке кристалла, от напряжения во внутренней структуре. Поэтому все виды неоднородности металла, в том числе и вызываемые такими методами обработки, как ковка, прокат, волочение и т.д., могут в той или иной степени влиять на течение коррозионных процессов. Вследствие указанных причин будут возникать разные электрохимические элементы.

Кроме этого, возможно возникновение концентрационных элементов различного вида, вследствие неоднородности состава жидкой фазы, соприкасающейся с металлом (различие в составе или концентрации растворенных веществ, в частности кислорода, а также в температуре). В присутствии кислорода, растворенного в воде, на поверхности металла могут возникать аэрационные пары, в результате того, что приток кислорода к одной части поверхности металла больше, чем к другой. На более аэрируемых участках металла локализуется катодный процесс, а на менее аэрируемых участках – анодный процесс, что приводит к усиленной коррозии этих участков.

Биокоррозия вызвана воздействием на металлы микрофлоры, присутствующей в циркулирующей воде. При этом следует отметить, что разделить биокоррозию и электрохимическую коррозию во многих случаях без проведения специальных микробиологических анализов практически невозможно, тем более в водных средах, где механизм микробиологической коррозии является в основном электрохимическим.

Коррозионному разрушению в водной среде подвергаются не только малоуглеродистые стали, но иногда и нержавеющие стали, сплавы меди, кислотоупорные стали, алюминийевые сплавы и свинец под действием микроорганизмов. При этом селективное повреждение нержавеющих сталей связано с тем, что хром и никель, входящие в их состав, вступают в реакции комплексообразования с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, в том числе с органическими кислотами, аминокислотами, сульфополипидами и другими соединениями. Комплексы этих веществ с ионами хрома и никеля были выявлены в культуральной жидкости после коррозионных испытаний [3].

О тесной связи электрохимической и биокоррозии свидетельствуют многочисленные факты неэффективности применения обычных ингибиторов коррозии без использования биоцидов, убивающих коррозионно-активные микроорганизмы, которые способны участвовать в процессах электрохимической коррозии малоуглеродистых сталей, интенсифицируя их [4]. При этом в проточных условиях биокоррозия локализуется, прежде всего, в областях металлической поверхности, имеющих металлургические и технологические дефекты в виде микроскопических трещин, неровностей, плохих сварных швов и т.д. [5].

Процесс микробиологической коррозии можно условно разделить на:

- транспортировку микроорганизмов из воздуха, воды, почвы или с загрязненных поверхностей на поверхность металлоконструкций;
- адсорбцию микроорганизмов и загрязнений на поверхности металлов;
- рост популяций микроорганизмов на поверхности металлоконструкций и образование биопленок.

Размножаясь, популяции бактерий изменяют физико-химические свойства микросреды. Эта стадия сопровождается появлением коррозионноактивных продук-

тов и локальным накоплением метаболитов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей, ферментов и других веществ). Аэробные и факультативно анаэробные виды бактерий, населяющие поверхностные области биопленки, стимулируют биодеградацию металла, создавая питание и физико-химические условия, необходимые для роста и активности сульфатредуцирующих бактерий под биопленкой, где они затем являются основными инициаторами анаэробной коррозии металла.

Следует отметить важную роль в этом процессе физиологической группы железокисляющих бактерий, образующих плотные обрастания, а также отложения в виде нерастворимых оксидов и гидроксидов железа, что способствует созданию анаэробных зон и развитию сульфатовосстанавливающих бактерий.

Кроме этого, возможно разрушение микроорганизмами защитных покрытий на металле как способ участия в коррозионном процессе. На практике все эти факторы могут действовать на металл в различных сочетаниях в зависимости от реальных условий [2,5].

Применяются следующие способы борьбы с коррозией:

- легирование металлов;
- электрохимическая защита (катодная, анодная);
- применение защитных покрытий на основе неорганических (металлических: Zn, Ni, Cr, Cu, Cd, Al и др., неметаллических: силикатных, цементных, оксидных, хроматных, фосфатных и др.) и органических веществ (лакокрасочные противокоррозионные покрытия, футеровки пластмассами, полимерные покрытия и другие);
- использование ингибиторов и пассиваторов коррозии;
- регулирование концентраций кислорода и других примесей (путем устранения застойных зон);
- повышение требований к качеству подпиточной воды и металлических конструкций (чистоты металлов и сплавов, применения коррозионностойких сплавов, рационального конструирования и пр.).

В последнее время стали применять металлические трубы с полимерным покрытием или изготовленные из полимерных материалов, которые не подвергаются электрохимической коррозии, но биокоррозия их возможна. Кроме того, необходима защита от коррозии других металлических конструкций в системах оборотного водоснабжения, особенно теплообменного оборудования, а также защита всех конструкций от солеотложений и биообрастаний.

Для предотвращения отложений применяют и методы физического воздействия, например, магнитную и акустическую обработку воды, хотя эффективность действия этих методов по предотвращению отложений не превышает 70-80%.

Борьбу с коррозией, вызываемой микроорганизмами, проводят различными методами. Для предотвращения попадания микроорганизмов проводится фильтрация, сорбция, а при загрязненных водах подпитки – физико-химическая очистка коагулянтами и флокулянтами. Для предотвращения адсорбции микроорганизмов, попавших в систему, их роста и образования биопленок, а также предотвращения контакта микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности с защищаемой поверхностью металла проводят очистку поверхностей и используют защитные покрытия, часто включающие биоциды.

Основные методы защиты от биокоррозии и биообрастаний – обеззараживание воды активным хлором и биоцидами.

В оборотных системах охлаждения с большими объемами воды для уничтожения микрофлоры обычно проводят обеззараживание воды раствором гипохлорита натрия. Активный хлор, являясь сильным окислителем, разрушает органические вещества и микрофлору, но продукты неполного их окисления в дальнейшем являются питательной средой для оставшихся и вновь появляющихся водорослей и бактерий. Обработка воды активным хлором обычно проводится периодически, частота ее различна и колеблется от 3 раз в день до одного раза в месяц. Однако при обеззараживании воды активным хлором всегда происходит усиление коррозии сталей, так как образующиеся хлорид-ионы являются активаторами коррозии. Поэтому рекомендуется этот процесс проводить в течении короткого промежутка времени, но достаточного для обеззараживания воды, и при коррозионном контроле циркулирующей воды в натуральных условиях.

Ультрафиолетовое облучение эффективно для обеззараживания не очень загрязненной циркулирующей воды. Этот метод следует применять в системах, где предусмотрена хотя бы частичная фильтрация и/или физико-химическая очистка циркулирующей воды.

В связи с высокой стоимостью биоцидов, обычно их применяют периодически в период паводков, летом и при случайных загрязнениях. Эти вещества действуют на уровне живых клеток и влияют на их развитие. В качестве биоцидов, многие из которых являются и поверхностно-активными веществами, а некоторые одновременно являются и ингибиторами коррозии металлов, применяют: производные четвертичного аммония, замещенные соли гуанидина, некоторые аминокислоты и производные альдегидов. Для того, чтобы биоциды действовали эффективно, остаточная концентрация этих веществ должна сохраняться после длительного контакта, а в случае биостатов – сохраняться постоянно.

В последние десятилетия наиболее распространен комплексный метод борьбы с коррозией и различными видами отложений в оборотных системах охлаждения – коррекционная обработка воды с применением композиций реагентов, содержащих ингибиторы солеотложений, коррозии (ИК), диспергаторы, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и биоциды. Поверхностно-активные вещества уменьшают поверхностное натяжение воды, улучшают процессы тепло- и массообмена в системе, облегчают доступ диспергаторов и биоцидов к загрязнениям, что увеличит эффективность их действия. При применении этого метода примеси, имеющиеся в воде, а также соле- и биоотложения не удаляются из системы, а переводят в такое мелкодисперсное состояние, при котором не только не происходят отложения на поверхностях системы, в том числе и теплообменных, но даже может происходить разрушение и очистка поверхностей от имевшихся в системе отложений. С этой целью в циркулирующую воду вводят различные композиции реагентов, т.к. установлено явление синергизма – взаимного усиления защитного действия смеси ингибиторов, даже при более малых дозах, по сравнению с действием каждого ингибитора, введенного отдельно. Иногда дополнительно используют и методы физического воздействия на воду, указанные выше.

Особенно привлекательными является использование полифункциональных соединений, обладающих одновременно свойствами ИК и диспергатора, ИК и ингибитора солеотложений, ИК и биоцида, или ПАВ и биоцида и т.п. Полифункциональными свойствами обладают фосфорорганические комплексоны и их соли – комплексоны, сульфоновые соединения (лигниносульфونات, арилсульфонаты и т. д.); акриловые полимеры и их производные, а также производные гуанидина (например, фосфопаг, ПГМГ и др.)

В настоящее время синтезировано большое число новых комплексонов, комплексонов, биоцидов и других веществ для предотвращения коррозии, солеотложений и биообрастаний в водооборотных системах охлаждения, а также различных композиций на их основе. Однако универсального реагента или даже сложного состава реагентов для разных типов вод не существует. Вряд ли универсальное средство возникнет, так как каждая водооборотная система индивидуальна из-за специфики составов воды подпитки, циркулирующей воды и конструктивных особенностей системы.

Следует заметить, что для борьбы с биообрастаниями и защиты от них гидросооружений также не может быть рекомендован какой-либо один универсальный метод. Выбор метода определяется видовым составом организмов, образующих биообрастания, сезонностью их размножения и развития, наличием образования обрастаний, а также конкретными местными условиями.

Биообрастания и осадки, включающие продукты коррозии и солеотложения, ухудшают эксплуатационные показатели систем, сужая просветы трубопроводов и уменьшая теплопередачу в системах охлаждения. Многие микроорганизмы-образователи являются условными патогенами, а продукты жизнедеятельности или распада микроорганизмов могут образовывать токсичные хлорорганические соединения в процессе обработки систем хлором. Вместе с этим необходимо отметить, что основными агентами в процессе биокоррозионного разрушения материала металлоконструкций, в том числе трубопроводов, являются группы бактерий-автотрофов, не учитываемые в санитарно-гигиенических показателях качества воды.

Во всех случаях применения реагентов для коррекционной обработки разных типов вод следует учитывать, что их количество не должно превышать значений предельно допустимых сбросов (ПДС) в канализацию или источник. Поэтому необходимо перед внедрением сложной композиции реагентов предварительно провести лабораторное тестирование их совместимости и эффективности действия ингибиторов при концентрациях меньших, чем концентрации допустимые ПДС.

Отметим, что любое снижение коррозионных потерь металла одновременно решает и экологические проблемы. В большинстве промышленно развитых стран увеличивается сброс недостаточно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, содержащих органические соединения и минеральные соли, в том числе нитраты и фосфаты, в реки, озера и моря – водоприемники, что стимулирует процессы биообрастания и увеличивает коррозионные разрушения при использовании этих вод для подпитки. Это свидетельствует о тесной взаимосвязи коррозии металлов и экологии [6].

Мероприятия, направленные на предотвращение коррозионных потерь, одновременно являются экологическими мероприятиями. В свою очередь, большинство усилий, направленных на защиту окружающей среды, как или иначе способствуют уменьшению ущерба от коррозии.

### Список использованных источников

1. Всё о коррозии: Терминологический справочник / Мамулова И.С., Сухотин А.М., Сухотина Л.П., Флорианович Г.М., Яковлев А.Д.; Под ред. Сухотина А.М. – СПб: Химиздат. – 2000. – 520 с.
2. Благник Р., Зенова В. Микробиологическая коррозия. – М. – Л.: Химия. – 1965. – 224 с.
3. Rudd T., Sterrit R.M., Lester J.N. // Water Res. – 1984. – V.18 P.379 – 384.
4. Боршевский А.М., Беликова Т.Д., Павловец Н.М. // Защита металлов. – 1994. – Т. 30, № 4 – С.364-368.
5. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справочник. В 2-х т. / Под ред. Герасименко А.А. – М.: Машиностроение. – 1987. – Т.1 – 687 с, Т.2 – 783 с.
6. Экологические аспекты коррозии. Тищенко Г.П., Алексеева В.А., Тищенко И.Г. и др. – М.: НИИТЭХим. – 1992. – 68 с.

УДК 556.166.2

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЕЛИЧИНУ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ

*Волчек А.А.\**, *Шелест Т.А.\*\**

*\*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, volchak@tut.by*

*\*\*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, tashelst@mail.ru*

In article describes the results of the analysis of formulas which are used for definition of the maximum expenses of water of rainfall floods on the rivers of Belarus at absence or insufficiency of the given hydrometric supervision. The role of the various parameters entering into the formulas is revealed.

### Введение

На реках Беларуси максимальный сток может формироваться как во время прохождения весенних половодий, так и паводков. Ему принадлежит особое место в практике гидрологических расчетов, т.к. эта величина требуется для решения большого круга задач водного хозяйства. От правильности расчета максимального расхода воды зависит как безопасность сооружений, так и их экономическая эффективность. Преуменьшение расчетных значений максимальных расходов воды дождевых паводков может повлечь за собой разрушение сооружений при прохождении катастрофических паводков, непредусмотренных при проектировании. Наоборот, при увеличении расчетных значений максимальных расходов повышается стоимость гидротехнических сооружений, и, как следствие, уменьшается их рентабельность.

Поэтому важнейшей задачей гидрологических расчетов является сочетание этих двух противоречивых требований: требования безопасности и экономической эффективности.

Сочетание этих двух требований достигается путем применения принципа вероятностного расчета, основанного на учете, с одной стороны, гидрологических условий формирования максимального стока, и, с другой стороны, на учете вероятности его превышения.

Расчетные формулы определения максимальных расходов дождевых паводков еще более многочисленны, чем формулы максимальных расходов талых вод.



Целью настоящего исследования является анализ влияния различных факторов на формирование максимальных расходов воды дождевых паводков на реках Беларуси.

#### Исходные данные и методика исследования

Для решения поставленной задачи использовались материалы наблюдений Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за максимальными расходами воды дождевых паводков.

В Пособии к СНиП [1] для определения максимальных расходов воды дождевых паводков  $Q_p$ , м<sup>3</sup>/с в случае отсутствия данных гидрометрических наблюдений при площадях водосборов более 50 км<sup>2</sup> и наличии рек-аналого предлагается редуцированная формула:

$$Q_p = q_{pa} \frac{\delta \cdot \delta_2}{\delta_a \cdot \delta_{2a}} \left( \frac{A_a}{A} \right)^{n_s} \cdot A, \quad (1)$$

где  $q_{pa}$  – модуль максимального мгновенного расхода воды реки-аналога, м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>, расчетной вероятностью превышения  $P$ ;

$\delta$  и  $\delta_a$  – соответственно для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимальных расходов воды проточными озерами;

$\delta_2$  и  $\delta_{2a}$  – соответственно, для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности водосбора;

$n_s$  – коэффициент редукиции модуля максимального мгновенного расхода воды с увеличением площади водосбора;

$A$  и  $A_a$  – соответственно для исследуемой реки и реки-аналога площади водосборов, км<sup>2</sup>.

При невозможности подобрать реку-аналог, максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков обеспеченностью 10 % определяются по формуле:

$$\bar{Q}_p = \frac{a_{10\%} \cdot \delta \cdot \lambda_p}{\Phi^{0,8}} \cdot A, \quad (2)$$

где  $a_{10\%}$  – параметр, характеризующий модуль максимального мгновенного расхода воды обеспеченностью 10 %;

$\lambda_p$  – переходный коэффициент от максимальных расходов воды дождевых паводков, вероятностью превышения 10 % к максимальным расходам другой вероятности превышения;

$\Phi$  – морфологическая характеристика русла, определяемая по формуле:

$$\Phi = \frac{1000 L}{\chi_p i_p^{1/3} A^{1/4}}, \quad (3)$$

где  $\chi_p$  – гидравлический параметр русла;

$i_p$  – средневзвешенный уклон русла реки, ‰;

$L$  – длина реки, км;

$A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$A, \delta$  – то же, что в формуле (1).

Основными параметрами, входящими в формулы по определению максимальных расходов воды дождевых паводков, являются длина реки, площадь водосбора, средневзвешенный уклон, озерность и заболоченность водосборов. При увеличении длины реки или площади водосборов (одного из параметров) происходит уменьшение значений максимальных расходов воды дождевых паводков. Так, при увеличении длины реки (без изменения площади водосборов)

в два раза величина максимального мгновенного расхода воды уменьшается примерно в 1,7 раза. Велика роль уклонов рек в формировании максимальных расходов воды дождевых паводков, влияющих на скорости стекания воды и, тем самым, продолжительность добегания и потери воды. Так, увеличение средневзвешенного уклона реки на 1 % приводит к увеличению максимального расхода воды паводков в среднем в 1,3 раза.

Гидравлический параметр русла  $\chi_p$ , зависящий от шероховатости русла и поймы, учитываемый при определении морфометрической характеристики русла, изменяется от 7 до 11 в зависимости от степени засоренности и извилистости русла. Наибольшее значение имеет для чистых и прямых русел. Получается, что при спрямлении русел происходит уменьшение параметра  $\Phi$ , а это ведет к увеличению максимального расхода воды паводка  $Q_p$ . На Полесье в результате проведения мелиоративных работ, сопровождающихся спрямлением русел, произошло увеличение максимальных расходов воды паводков в 1,4 раза.

На малых водосборах условия формирования и механизма формирования паводков заметно отличаются от больших и даже средних водосборов.

Для рек с площадями водосборов менее 20 км<sup>2</sup> и средних уклонах водосборов более 5 % максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков определяют по формуле предельной интенсивности стока

$$Q_p' = q'_{1\%} \varphi H'_{1\%} \delta \lambda_p A, \quad (4)$$

где  $q'_{1\%}$  – максимальный модуль стока ежегодной вероятностью превышения  $P$ , равной 1%, выраженный в долях произведения ( $\varphi H'_{1\%}$ ) при  $\delta=1$ ;

$H'_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков, мм, вероятностью превышения 1%;

$\varphi$  – сборный коэффициент стока;

$\lambda_p$  – переходной коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятностью  $P$ , равной 1%, к максимальным расходам другой вероятности превышения;

$\delta, A$  – то же, что в формуле (1).

Для выявления роли каждого из входящих в формулу параметров в определении максимальных расходов воды дождевых паводков, проведен численный эксперимент. Доказано, что между максимальным суточным слоем осадков  $H'_{1\%}$  и величиной максимальных мгновенных расходов воды дождевых паводков существует тесная зависимость: увеличение максимального суточного слоя осадков на 10 мм приводит к росту максимального расхода воды паводков примерно в 1,3–1,4 раза (рисунок 1 а). Это связано с тем, что на малых водосборах даже небольшое увеличение слоя осадков, которые часто охватывают весь водосбор, приводит к росту расходов воды.

Зависимость, полученная между величиной максимального расхода воды и средневзвешенной озерностью, представлена на рисунке 1 б. Анализ рисунка показывает, что с увеличением средневзвешенной озерности происходит уменьшение величины максимального расхода воды паводков, что объясняется аккумуляцией дождевых вод.

Увеличение средневзвешенного уклона русла реки  $i_p$  приводит к росту максимального мгновенного расхода воды паводков, что отражено на рисунке 1 в. Причем наиболее интенсивный рост отмечается при средневзвешенных уклонах от 0,1 до 5 %, а затем он выполаживается. Несколько иная зависимость величины максимального мгновенного расхода воды дождевого паводка со средним уклоном водосбора (рисунок 1 г). Так, при значениях средних уклонов водосборов от 5,1 до 15 % максимальный расход остается без изменений, а начиная с

15,1 %, начинает постепенно расти. Влияние уклонов на величину максимальных расходов воды дождевых паводков проявляется в их воздействии на скорость стекания воды по склону, что сокращает продолжительность добегаания и тем самым уменьшаются потери воды на испарение и инфильтрацию, что ведет к увеличению максимальных расходов. Это особенно актуально для малых водосборов, где склоновые добегающие играют значительную роль.

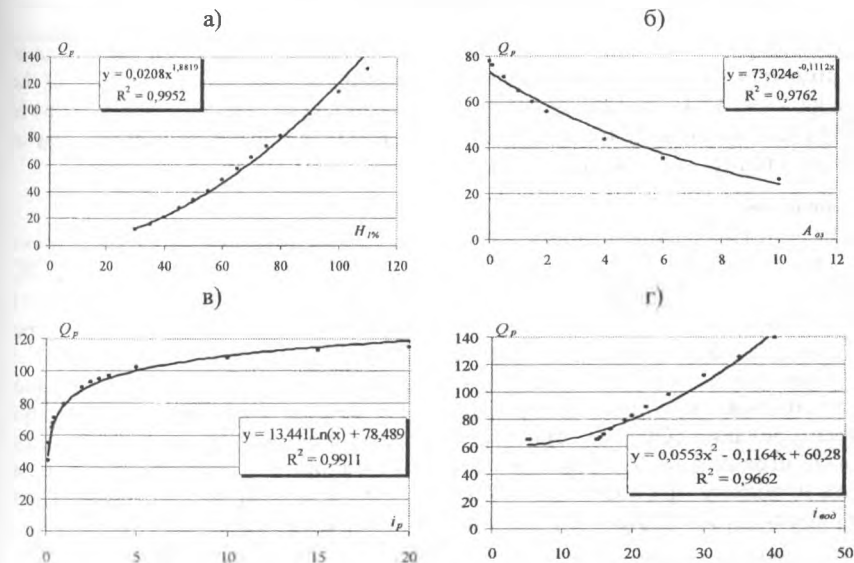


Рисунок 1 – Связь величины максимальных мгновенных расходов воды с параметрами: а) максимальным суточным слоем осадков вероятностью превышения 1 %; б) средневзвешенной озерностью; в) средневзвешенным уклоном реки; г) уклоном водосбора

## Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволили определить вклад различных параметров, входящих в формулы по определению максимального расхода воды дождевых паводков при отсутствии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений. Получены зависимости между максимальным модулем стока дождевых паводков и суточным слоем осадков, средневзвешенной озерностью и уклонами (средневзвешенным уклоном русла и уклоном водосбора). Использование соответствующих формул и сопоставление их с эмпирическими величинами дает вполне приемлемые результаты. Однако для рек с площадью водосборов от 20 до 50 км<sup>2</sup> нет соответствующих формул для определения максимальных расходов воды дождевых паводков, что требует проведения дальнейших исследований.

## Список использованных источников

1. Определение расчетных гидрологических характеристик / Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. – 174 с. УДК 541.123.7: 628.1/2

## ОЦЕНКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОМЕЛЬСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Вострова Р.Н., Мохарева С.П.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г.Гомель, РБ, [erivr@belsut.gomel.by](mailto:erivr@belsut.gomel.by)*

In a complex of problems of housing and communal services of one of the major the problem of a choice of directions of processing and recycling of deposits of the sewage formed on city clearing constructions continues to remain. It is impossible to finish process of sewage treatment, not having effective and ecologically safe way of recycling of deposits of sewage.

### **Введение**

На очистных сооружениях (ОС) КПУП «Гомельводоканал» ежедневно образуется (по сухому веществу) около 18 тонн осадков сточных вод (ОСВ), которые складываются на иловых картах, занимая 21 га земли Гомельского района, и оказывают негативное техногенное воздействие на окружающую среду примыкающей к городской черте территории.

Главной причиной создавшегося положения является тот факт, что рассматриваемая проблема утилизации ОСВ не была сформулирована при проектировании (ОС), не был продуман вопрос о том, что накопление осадков на ограниченной территории в будущем приведет к необходимости решать проблему при значительно больших затратах. Вместе с тем осадок может послужить добрую службу в различных областях народного хозяйства.

### **Способы утилизации ОСВ**

Как показывает зарубежный и отечественный опыт, большое количество ОСВ успешно утилизировать в одном каком-либо направлении не удастся. Необходимо внедрять комплексный подход к их утилизации. В странах ЕС наблюдается тенденция снижения объёмов осадков, складываемых на полигонах, а соответствующее законодательство накладывает на владельцев очистных сооружений обязательство интегрального решения проблемы осадков сточных вод. Например, в Германии с 2005 г. запрещено складирование таких осадков. Утилизация по объемам осадков производится в следующих направлениях: складирование -10 %, использование в качестве удобрений – 45 %, сжигание -38 %, компостирование – 7 %.

Перспективными направлениями утилизации ОСВ в Гомельском регионе можно считать компостирование с древесными отходами и изготовление композиционных топливных брикетов на основе ОСВ.

Созданные на основе ОСВ компосты могут быть использованы в зеленом строительстве города. Известно, что 150 м<sup>2</sup> газона обеспечивает годовую потребность в кислороде для 100 жителей города. Один квадратный метр травы в течение года способен скапливать до полукилограмма пыли, которая потом вымывается дождевыми потоками. Богатые гумусом компосты необходимы для создания зеленых ландшафтов нашего города [3].

При разработке полезных ископаемых, например, при добыче мела Добрушского месторождения может быть предложено использование компостов на основе ОСВ в качестве компонента плодородного слоя почвы при рекультивации нарушенных земель.

К сожалению, в Республике Беларусь нет нормативной документации, которая позволяет производить утилизацию ОСВ с экологически-безопасным размещением в окружающей среде.

Кафедрой «Экология и рациональное использование водных ресурсов» УО «БелГУТ» во взаимодействии с КПУП «Гомельводоканал» проведена работа по разработке Технических условий «Осадки сточных вод с иловых площадок с твердым покрытием» (ТУ РБ 400051864.001 – 02). Документ прошел согласование в республиканском центре санитарии и эпидемиологии РБ и заключение НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии».

В случае согласования и утверждения данного документа (с учетом корректировки и доработки в соответствии с требованиями экологической безопасности) в Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды, Госстандарте и Минюсте РБ станет возможным сертификация ОСВ очистных сооружений регионов РБ и разработка технологии компостирования на основе ОСВ.

Одним из важных элементов комплексной схемы обращения с ОСВ является энергосберегающая технология высушивания и прессования осадков с отходами деревообрабатывающей промышленности и нефтесодержащими шламами с целью получения топливных брикетов. Известно, что себестоимость топливных ресурсов, получаемых из вторичного сырья, составляет 20-30 % от себестоимости их получения из первичного, включая также затраты на их добычу, переработку и транспортировку. При этом сохраняется природная среда обитания. Следовательно, ОСВ являются одним из стратегических ресурсов, именно такой подход к отходам демонстрируют цивилизованные страны.

Механически обезвоженный осадок содержит 65-80 % воды. После термической сушки его теплотворная способность может достигать 9-13 МДж/кг, что соответствует примерно половине теплоты сгорания каменного угля [1,2]. Этот топливно-энергетический ресурс может быть использован в котельных очистных сооружений. Рассматриваемый способ утилизации ОСВ является одним из направлений по созданию альтернативного возобновляемого топлива.

Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить 500 кг условного топлива. После сжигания остается зола, которая может использоваться при производстве строительных материалов (керамзит, цемент) или в качестве дополнительного наполнителя при производстве асфальтобетона.

Для успешной работы необходима разработка технологии изготовления брикетов, технических решений по созданию установок по производству брикетов, а также нормативно-технической документации на создаваемый продукт, отвечающей требованиям стандартов и экологической безопасности. В качестве установки для производства брикетов может быть предложен шнековый пресс-экструдер производительностью 1 т/час; с потребляемой мощностью 40 кВт.

Полученный топливный полуфабрикат далее направляется в карусельную печь, (производительность 1 т/час; потребляемая мощность 5 кВт) для последующей

сушки. В качестве топлива для карусельной печи может использоваться часть полученного топливного полуфабриката. Сравнительные теплотехнические характеристики различных видов топлива и предлагаемых брикетов на основе ОСВ приведены в таблице.

В результате технико-экономических расчетов были определены: себестоимость топливных брикетов – 150 тыс. бел. руб./т., отпускная цена упакованных топливных брикетов – 200 тыс. бел. руб./т., период возврата капитальных затрат -26 месяцев. Расчеты показали, что при двухсменной работе предлагаемая установка способна переработать в брикеты суточную норму поступающего на иловые карты очистных сооружений г.Гомеля осадка [4,5].

**Таблица – Теплотехнические характеристики различных видов топлива**

Наименование топлива	Зольность, А, %	Теплота сгорания рабочей массы, МДж / кг	Калорийный эквивалент, Э
Брикет на основе опилок и ОСВ	2-2,32	18,8-23	0,558
Бурые угли (W= 17%)	25-28	14,67-15,8	0,50-0,54
Бурые угли (W = 23 %)	27	11,73	0,40
Бурые угли (W = 23 %)	10	18,85	0,64

Серийное изготовление отечественных установок позволит повысить экономию валютных средств и создать дополнительные рабочие места, что приобретает особый смысл в условиях экономического кризиса.

Несмотря на капитальные затраты, связанные с внедрением технологии компостирования и созданием установки по производству брикетов с использованием ОСВ, в целом выигрыш будет больше, особенно если учесть экономический и экологический ущерб от складирования ОСВ.

#### **Список использованных источников**

1. Томалла, М. Сушка осадка сточных вод с помощью ленточных сушильных установок: сборник докладов 4-го Международного конгресса по управлению отходами / М. Томалла, П. Прейфер – Москва, 2005.
2. Федосеев И.В. Технология утилизации осадков городских сточных вод: Сборник докладов 4-го Международного конгресса по управлению отходами / И.В. Федосеев, Г.Н. Фадеев – Москва, 2005.
3. Вострова, Р.Н. Влияние состава осадков сточных вод на накопление в некоторых сельскохозяйственных культурах токсичных веществ: материалы Международной научно-практической конференции «Социально-экономические и экологические проблемы мелиорации и водного хозяйства» / Р.Н. Вострова, С.П. Мохарева, Т.В. Титова – Горки, 2004. – 333 с.
4. Вострова, Р.Н. Интегральная оценка возможных путей утилизации осадочных сточных вод очистных сооружений: Материалы МНПК «Трансграничное сотрудничество в области охраны окружающей среды: состояние и перспективы развития» / Р.Н. Вострова, С.П. Мохарева – Гомель, 2006 . – 408 с.
5. Вострова, Р.Н. К вопросу утилизации осадков сточных вод с учетом требований нормативной документации: материалы МВК «ЭКВАТЭК – 2007», «Крокс-Экспо» – Москва, 2007. – 240 с

## ПРОБЛЕМЫ ПОВТОРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

*Гируль Николай<sup>1</sup>, Ковальский Дариуш<sup>2</sup>, Якимчук Богдан<sup>1</sup>, Гируль Анна<sup>1</sup>.*

*1 – Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина. e-mail: [m.m.girol@meta.ua](mailto:m.m.girol@meta.ua).*

*2 – Люблинский политехнический университет, Люблин, Польша.*

Design factors and materials, physicochemical properties of water in water sources, hydrodynamic operational conditions and technological regulations for water network operation have an influence on quality of water, supplied to consumers. Divergence of mentioned parameters from their rational values leads to decrease of potable water quality. Study of processes, which occur in water transmission and distribution systems, with a purpose of achievement to needed quality allows gaining rational management in the whole operation cycle.

Водопроводная система Украины – достаточно сложный инженерный комплекс, годовая производительность которого достигает  $2 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup>. Значительная часть сооружений этого комплекса отработала нормативный срок и нуждается в обновлении [1, 11]. За время эксплуатации существующих систем произошли существенные технические, социально-экономические, экологические и другие изменения, которые обусловили необходимость приоритетного восстановления соответствующего современному мировому уровню систем водоснабжения в государстве.

Следует отметить, что не во всех регионах Украины протяженность и состояние водопроводных сетей находятся на одинаковом уровне (рис.1). Потери воды в распределительной сети достигают 30-50% (иногда и больше указанно) от общего объема подаваемой в сеть воды.

Проблемы вторичного загрязнения воды в водопроводной сети, как в Украине, так и в странах центральной и восточной Европы приобретают все большую остроту [7, 12]. В Украине на протяжении последних десятилетий (с 1990 до 2008 года) продолжительность пребывания воды в системе водораспределения выросла в 2 раза [6]. На отдельных участках сети продолжительность пребывания воды в ней достигает нескольких десятков суток. Такое изменение указанных параметров работы сети сказывается на свойства воды в ней: изменяется гидравлический режим работы сети, уменьшается в воде количество растворенного кислорода, изменяется состав и концентрация примесей, усиливаются биохимические процессы на внутренней поверхности труб и т.д. [7]. Изменение указанных параметров негативно сказывается на качестве воды: наблюдается повторное ее загрязнение. Проблема ухудшения качества воды в системах хранения и ее распределения касается не только старых протяженных водопроводных сетей из стальных или чугунных трубопроводов.

При проектировании водопроводной сети важным является вопрос рационального подбора материала труб. В водопроводных сетях Украины, в отличие от сетей других стран мира, большое распространение получили стальные тру-

бы, продолжительность надежной работы которых является недостаточной. Не-высокая надежность трубопроводов негативно сказывается на эффективности работы системы и на качестве питьевой воды [1, 14].

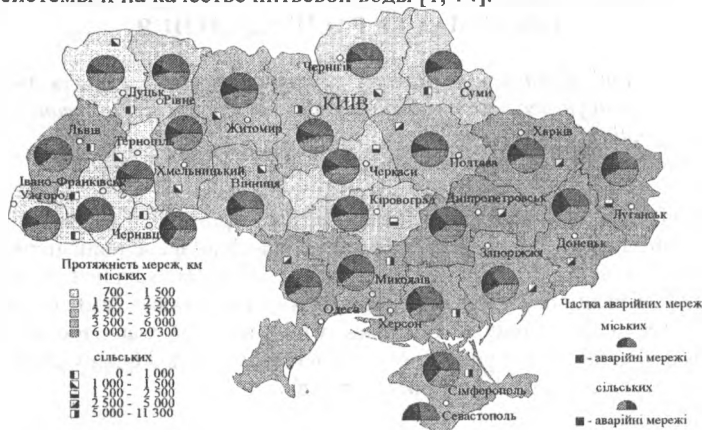


Рисунок 1 – Состояние водопроводных сетей в Украине [1]

На ухудшение качества воды влияют коррозионные процессы материала стенок металлических труб, происходящие при малой скорости движения ( $0,5 > v > 0,0001$ , м/с) воды в них. Все это способствует формированию на стенках трубопроводов осадка, биопленки и протеканию других процессов.

С целью предотвращения негативного влияния осадков, накапливающихся в трубах, на качество воды в них, улучшения гидравлических характеристик водопроводной сети в практике ее эксплуатации широко применяются различные методы стабилизации качества воды и восстановления работоспособности сети. Наиболее известными являются добавления в водопроводную воду соединений фосфора, замена участков труб сети [7], усовершенствования эксплуатационных параметров сети и работ по ее обслуживанию [3, 4], периодическое проведение промывки сети [2, 4] периодическая очистка водопроводной сети [13].

Принимая во внимание общую производительность и длину водопроводов Украины, средний удельный показатель потерь воды составляет  $0,85 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{км})$ .

В условиях низкого качества водопроводных сетей, значительного их объема, невысокой надежности в работе значительно страдает качество питьевой воды. Вода даже высокого качества, попадая в такие системы, теряет свои свойства [7]. Существенное влияние на качество очищенной воды имеют условия обеззараживания, хранения очищенной воды, состояние водопроводных сетей, качество оборудования и уровень эксплуатации [8].

Уменьшение вероятности вторичного загрязнения воды в водопроводной сети достигается благодаря постоянному и многогранному проведению мониторинга работы системы водоснабжения, а избежание вероятности вторичного загрязнения воды способствуют следующие мероприятия:

- Рациональный подбор материалов труб сети в соответствии с качеством воды;
- Своевременное и качественное восстановление технического состояния водопроводной сети;



- Строгое соблюдение технологического регламента эксплуатации всей системы водоснабжения;
- Наличие у эксплуатационного персонала полной и качественной информации о системе водоснабжения;
- Четкое понимание процессов, протекающих в водопроводной сети;
- Качественная очистка воды перед ее подачей в водопроводную сеть;
- Избегание смешивания воды в сети от различных источников водоснабжения;
- Владение необходимым оборудованием для управления качеством воды;
- Строгое соблюдение долговременной программы охраны качества воды;
- Владение необходимыми средствами для достижения необходимого уровня эксплуатации системы.

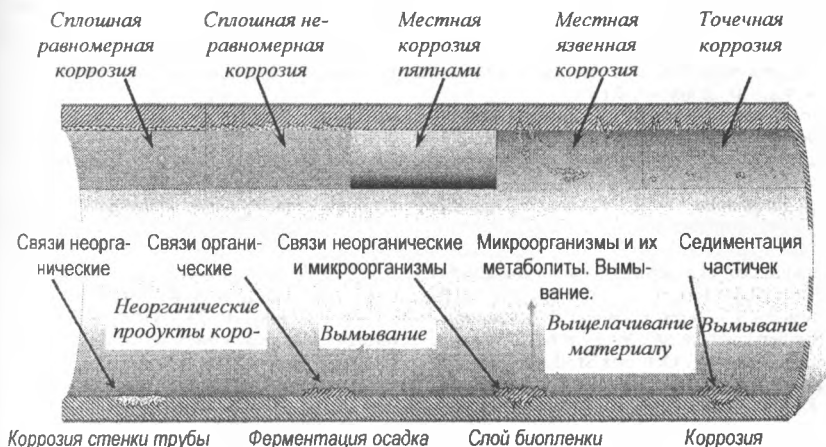


Рисунок 2 – Виды коррозии внутренней поверхности трубопроводов и факторы влияния на качество воды в них [5, 10]

Соблюдение указанных требований дает реальные возможности обеспечить потребителей качественной водой.

### Выводы

1. Чрезмерный объем водопроводной сети обуславливает уменьшение скорости движения и возрастания продолжительности пребывания воды в ней, что способствует выпадению осадка на внутренней поверхности трубопроводов.

2. Наличие в воде осадка минерального и органического происхождения способствует формированию условий разрушения трубопроводов и повторного загрязнения очищенной воды.

3. Постоянный рост протяженности изношенных трубопроводов требует увеличения длины их ежегодной замены. Значение этого параметра должно приближаться к 3% от общей длины трубопроводов. В период замены трубопроводов следует обращать внимание на возможный завышенный диаметр существующей сети.

4. Предотвращению вторичного загрязнения воды водопроводной сети способствует рациональный отбор материала труб сети и технологии кондиционирования исходной воды, строгое соблюдение регламента эксплуатации сети и водопроводной системы в целом.

## Список использованных источников

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2003 році. наук.керівник Гіроль М.М. – Рівне, 2005. – 143 с.
2. Bobruk P., Bonetyński K., Kowalski D. Badanie możliwości ochrony jakości wody w układzie osiedlowej sieci wodociągowej. I Kongres Inżynierii Środowiska, materiały, Monografie Komitetu Środowiska PAN, 2002. – vol.11. – С. 381-389.
3. Denczew, S. Przedsięwzięcia służące utrzymaniu lub przywracaniu wymaganej jakości w sieci wodociągowej. Ochrona Środowiska. 4/2001. – S. 31-32.
4. Denczew, S. „System płukania i badania jakości wody w układach wodociągowych” IV Międzynarodowa Konferencja „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wod”. – Kraków 11-13 Września 2000.
5. Szuster-Janiaczyk, A. Zarządzanie jakością wody w systemach wodociągowych. XIX Krajowa, VII Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna „Zaopatrzenie w wodę, jakości-ochrona wod”, Zakopane, 18-21 June 2006. – S. 862-883.
6. Національна стратегія розвитку водного сектора України та План дій. Данське екологічне співробітництво з країнами Східної Європи (DANCEE). Консультативна доповідь. Вересень 2002, 197 с.
7. Гіроль М.М., Ковальський Д., Хомко В.Є., Гіроль А.М. Проблеми якості води в водопровідних мережах. Водопостачання та водовідведення // Виробничо-практичний журнал. К. – №2. – 05.2008. – 1-21 с.
8. Kowal A.L. „Przyczyny i zapobieganie zmianom jakości wody w systemach wodociągowych”. Ochrona Środowiska. 4/2003. – S. 3-6.
9. Kuś K., Gamrot B., Malicka K., Scieranka G. Wpływ eksploatacji i stanu technicznego sieci na jakość wody wodociągowej. Ochrona Środowiska, 3/2001.
10. В.Б.Косачев, А.П.Гулидов. Коррозия металлов. НИК «Вектор». г. Москва <http://www.rosteplo.ru/>
11. Гіроль М.М., Семчук Г.М. Ефективність систем водопостачання України як фактор національної безпеки держави // Надзвичайна ситуація. – № 5. – 2001.
12. Hrol M.M. Khomko V.Y. Problems of the secondary pollution of potable water in water supply systems. Conference "Water & environment"/ К.: 7-10.10.2008. – С. 330-331.
13. Swiderska-Broz M., Wolska M. „Wpływ nierównomierności rozbioru wody wodociągowej na zmianę jej jakości”. Ochrona Środowiska. 4/2004. – S. 21-23.
14. Kwietniewski M., Rak J. Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce. Polska Akademia Nauk. Studia z zakresu inżynierii. №67. – Warszawa 2010. – S. 134.

УДК 628.16

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ

*Гироль Николай<sup>1</sup>, Бойчук Сергей<sup>2</sup>, Гироль Анна<sup>1</sup>, Лагуд Гжегоз<sup>3</sup>.*

*1 – Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина. e-mail: m.m.girol@meta.ua,*

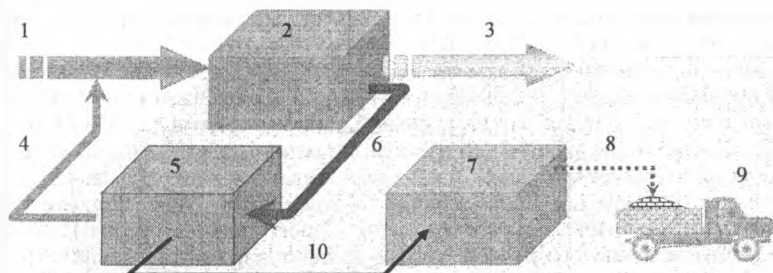
*2 – Симферопольский водоканал, г. Симферополь, Украина,*

*3 – Люблинский политехнический университет, Люблин, Польша.*

Risk of ingress of toxic contaminations from sludge beds of water purification plants into water sources gains special currency. Existent technologies for utilization of admixtures from flush and technological water of those plants cannot always gain positive effect. Developed by us technology of use sludge in building materials production can be the one of rational ways for solving the mentioned problem.

Существующие методы утилизации осадков водопроводных станций не отвечают современным требованиям экологической безопасности, в результате  
262

этого происходит несанкционированный сброс загрязнений в природные источники, и зачастую при повторном использовании грязных промывных вод происходит загрязнение токсикантами питьевой воды. В качестве одного из направлений утилизации осадка нами изучалась возможность его добавления к растворам керамических глин, используемых при изготовлении керамического щебня или кирпича. При этом получение осадка и его обработка осуществлялись по схеме, представленной на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Технологическая схема утилизации производственных стоков водопроводной станции**

1 – вода от источника; 2 – станция очищенной питьевой воды; 3 – отвод очищенной воды; 4 – транспортирование очищенной промывной воды; 5 – станция очистки производственных стоков; 6 – транспортирование производственных стоков; 7 – цех изготовления керамического гравия (кирпича); 8 – транспортирование гравия; 9 – транспортирование гравия за пределы производства; 10 – транспортирование сгущенного осадка

Проведенные нами исследования свидетельствуют о следующем элементном составе (%) полученного осадка:

$SiO_2$	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SO_3$	$P_2O_5$	$MnO$	$K_2O$	$Na_2O$
37-40	7-8	19-22	8,2-9	2,4-3	1,9	0,07	0,8	1,6-2	0,7-1

$SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  – элементы строительных вяжущих материалов, наполнители,

$Al_2O_3$ ,  $CaO$  – элементы строительных вяжущих материалов; элементы для нейтрализации кислых почв, как щелочные агенты;

$SO_3$  – токсический компонент;

$P_2O_5$ ,  $MnO$  – ценный элемент,

$K_2O$  – удобрительный элемент;

$Na_2O$  – щелочной элемент;

$K_2O$ ,  $Na_2O$  – растворимая часть золы, обладающая моющими свойствами

Токсичность осадка ВОС характеризуется высоким содержанием алюминия в щелочной среде (25,7 мг/кг) и в кислой среде (8250 мг/кг), а также высоким содержанием железа в кислой среде (1477 мг/кг). Поэтому осадок ВОС без обработки не пригоден для сброса в водные объекты или в пруды-накопители с естественным основанием.

Одним из направлений утилизации осадка нами изучалась возможность его добавления к растворам керамических глин, используемых при изготовлении керамического щебня или кирпича. В исследованиях при получении формовочной смеси использовался глинистый сланец карьера «Марьинский» (керамическая глина), который является основным сырьем на Симферопольском кирпичном заводе при изготовлении кирпича. В качестве добавки, в долевого количестве по массе 0...50%, использовался осадок водопроводной станции и кварцевый песок. Обжиг

материала производился при температуре 600, 900, 1120°C продолжительностью 20..60 мин. Высушенный без добавок осадок превращается в камнеподобный черепок. Объемная масса обожженного вспученного куска гравия равна 0,740 – 0,814 кг/дм<sup>3</sup>, поэтому осадок данной водоочистной станции можно отнести к глинам слабоспучивающимся при обжиге 900-1150°C (по классификации Горбунова Г.И.).

Испытание на прочность образцов после высушивания осадка промстоков ВОС при 110°C и после обжига при температурах 600, 1120 °C выполняли по стандартным методикам контроля качества промышленного производства керамзитового гравия (ГОСТ25264–82).

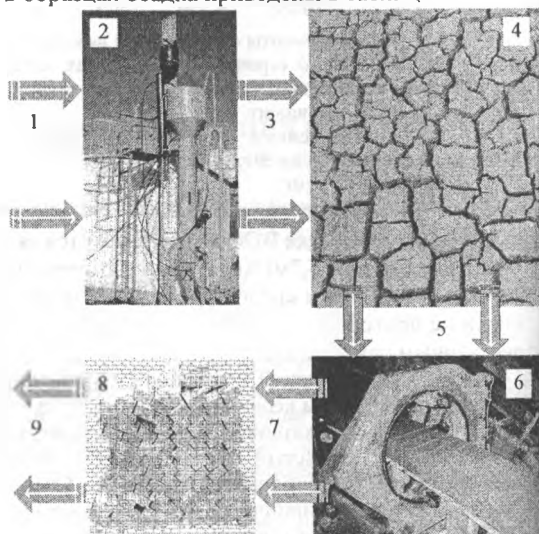
Испытание керамического гравия из осадка промстоков по методике определения прочности керамзита показало, что гравий после обжига при температуре 1120 градусов не разрушался при удельной нагрузке сжатия, равной 33 кг/см<sup>2</sup>.

Проведенные исследования реализованы на одном из предприятий, изготавливающих строительные материалы в АР Крым. Опытный участок включал следующие технологические операции: очистка на комбинированной установке отстойник-фильтр технологических стоков водопроводной станции, обработанных коагулянтами; отстаивание промывной воды и концентрация осадка станции очистки технологических стоков; приготовление формовочной смеси с 20% добавкой концентрированного осадка, формирование и обжиг; исследования, складирование и распределение изготовленного строительного материала (рис.2).

Химические и радиологические исследования образцов осадка водоочистной станции выполнены в «Аккредитованном испытательном центре» государственного предприятия «Крыстан-дартметрология», аттестат аккредитации в системе УкрСЕПРО № UA 6.001.Н.042 от 16.05.2002. Определение содержания токсичных элементов в осадке выполняли путем химического анализа водной вытяжки из образцов сухого и обожженного осадка промстоков водоочистной станции в среде со значениями pH от 4,8 до 9,0. Результаты анализа по определению содержания основных токсичных элементов в образцах осадка приведены в таблице.

**Рисунок 2 – Схема экспериментальной технологии переработки промывных стоков водопроводной станции**

- 1 – поступление промывной воды;
- 2 – пилотная установка очистки промывной воды;
- 3 – отвод концентрированной сточной воды;
- 4 – площадка концентрации и сушки осадка, приготовление раствора;
- 5 – перемещение глинистого раствора;
- 6 – цех формирования и обжига кирпича;
- 7 – перемещение обожженного кирпича;
- 8 – складское помещение;
- 9 – транспортирование готовой продукции на объекты потребителей



**Таблица – Содержание токсичных элементов в водных вытяжках из образцов обожженного осадка при температуре 1100 градусов, г/л**

Содержание металлов в вытяжке	Fe	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Sr	Al
Водная вытяжка при pH=7	0,1	0,03	0,1	0,25	0,03	0,003	0,3	2,0	0,1
Водная вытяжка при pH=4,8	273	1,34	1,3	2,8	0,05	0,005	1,2	14,9	1584
Водная вытяжка при pH=9	0,2	0,05	0,2	0,5	0,05	0,003	0,5	5,1	45,5

Наилучшие показатели прочности и химической стойкости в водных вытяжках образцов керамического гравия, формовочная смесь которого состоит из осадка промстоков водоочистной станции. Удовлетворительные показатели химической стойкости керамического гравия получены также из формовочной смеси, состоящей из осадка промстоков водоочистной станции (по сухому веществу) – 50 % с добавкой керамической глины 50 % (по сухому веществу) и воды.

В результате аналитических исследований содержания токсичных элементов в водных вытяжках и удельной радиоактивности, по заключению «Аккредитованного испытательного центра» государственного предприятия «Крымстандартметрология» от 06.02.2006 г и согласно НРБУ–97 разрешается применение образцов щебня, изготовленного из осадка во всех видах строительства без ограничения.

УДК 662.628

## **ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ТЕПЛОЙ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Гириль Николай<sup>2</sup>, Трач Юлия<sup>1</sup>, Гириль Анна<sup>1</sup>.*

*1 – Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина. e-mail: [m.m.girol@meta.ua](mailto:m.m.girol@meta.ua). 2 – Люблинский политехнический университет, Люблин, Польша.*

The problem of organic admixtures removal quite often appears in hot ( $t \approx 60^\circ\text{C}$ ) water treatment in carbonation units in schemes of recycling water supply of power objects. Existent technical solutions not always fulfill their duties. Use of bioreactors with floating filter bed can be the one of rational ways for solving the problem. Development of theoretic ground for such solutions will allow to determine analytically the rational conditions of researched process passing.

С целью рационального использования воды и энергоресурсов на спиртовых заводах для питания паровых котлов используют теплообменную воду, температура которой составляет  $55^\circ\text{C}$ . При движении в технологической схеме такая вода обогащается примесями различного происхождения, что обуславливает потребность в ее очистке перед Na – катионитовыми фильтрами [1, 2].

Одним из рациональных технологических приемов предшествующей Na – катионитовыми фильтрами очистки воды является применение фильтров с плавающим фильтрующим слоем, которые могут работать в режиме биореакторов.

На основании изучения и анализа механизмов и особенностей процесса фильтрования теплообменной воды нами выбрана математическая модель, описывающая процесс биохимического окисления примесей в фильтре при наличии достаточного количества кислорода [3-5].

Особенность выбранной модели состоит в том, что при учете кинетических процессов, для определенных параметров процесса фильтрования, рассчитывается значение высоты фильтрующего слоя. В этих условиях:

– нестационарное уравнение материального баланса массы субстрата для относительно неограниченного участка тонкого активного слоя биопленки и зерен фильтрующего слоя сферической формы имеет вид:

$$D_t \left( \frac{\partial^2 L}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial L}{\partial r} \right) - R_t = \frac{\partial L}{\partial t} \quad (1)$$

– запишем уравнение для перемещения субстрата к поверхности биопленки из объема жидкости (фильтра) через гидравлическую пленку (пограничный слой):

$$N_L = K_L (L_s - L) \quad (2)$$

– при этом нестационарное уравнение материального баланса для субстрата в объеме фильтра имеет вид:

$$n_c \frac{\partial L}{\partial t} = -v \frac{\partial L_s}{\partial z} - \frac{F_s}{F} K_L (L_s - L) \Big|_{z=0}, \quad (3)$$

где  $L, L_s$  – соответственно концентрации субстрата в биопленке и фильтре,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ;  $D_L$  – коэффициент молекулярной диффузии субстрата в биопленке  $\text{м}^2/\text{ч}$ ;  $R_t$  – скорость окисления органических веществ,  $\text{г}/(\text{м}^3/\text{ч})$ ;  $K_L$  – коэффициент массопереноса субстрата в гидравлической пленке,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $v$  – скорость фильтрования,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $F$  – площадь фильтра,  $\text{м}^2$ ;  $F_s$  – площадь поверхности биопленки на единицу высоты фильтра,  $\text{м}$ ;  $n_c$  – пористость фильтрующего слоя;  $\delta, \delta_n$  – соответственно толщины активной (азробной) биопленки и гидравлической пленки,  $\text{м}$ .

Решение системы дифференциальных уравнений выполнено для следующих граничных условий:

1) на поверхности разделения ( $r = R + \delta$ ) приток субстрата к биопленке равен притоку к ней через гидравлическую пленку:

$$D_L \frac{\partial L}{\partial r} = K_L (L_s - L) \Big|_{r=R+\delta} \quad ; \quad (4)$$

2) на поверхности распределения среды и биопленки ( $r = R$ ) принимается, что поступление субстрата в фильтрующий слой отсутствует и равно нулю:

$$D_L \frac{\partial L}{\partial r} = 0 \Big|_{r=R} \quad (5)$$

Известно, что высоту фильтрующего слоя можно вычислить:

$$H = \frac{V}{A_o} \ln \frac{L_0}{L_{\text{max}}}, \quad (6)$$

где  $V$  – скорость фильтрования,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $A_o$  – параметр, учитывающий кинетику биохимических процессов в биологической пленке;  $L_0$  – концентрация органических веществ,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ;  $L_{\text{max}}$  – допустимая концентрация органических веществ в фильтрате,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ .

На основе анализа известных научных работ в области исследования кинетических процессов в биологической пленке [3, 4] в таблице приведен диапазон возможных значений упомянутых коэффициентов.

Числовые значения коэффициентов, приведенные в таблице, в некоторых случаях имеют широкий диапазон изменения, что свидетельствует о вероятной их зависимости от других факторов, обусловленных особенностью биохимических процессов при высоких температурах. Поэтому для расчета биофильтра важным является определение и обоснование числовых значений коэффициентов математической модели. Это можно осуществить путем установления их физической сути, определению возможных взаимосвязей с параметрами фильтрования.

Из имеющихся сведений [3-5] нами были обоснованы числовые значения коэффициентов математической модели, а именно – коэффициент диффузии  $D_L=2,65 \cdot 10^{-6}$ ,  $\mu_m=1,8 \text{ ч}^{-1}$ ,  $\delta=1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ . Среднее значение  $Y$  составило  $0,55 \text{ мг биомассы/мг}$ , а среднее значение  $\delta_n$  было принято  $0,75 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ . Исследуя влияние скорости фильтрования и диаметра гранул пенополистирола на числовое значение коэффициента  $K_m$  и концентрацию биомассы  $X$ , нами была установлена их функциональная зависимость от параметров фильтрования. А именно:

#### Числовые значения констант и коэффициентов

№п/п	Коэффициент	Единица измерения	Числовой диапазон существования или формула расчета
1	Коэффициент трансформации субстрата к биомассе микроорганизмов	$Y$ , мг биомассы/мг ХПК	0,3-0,7
2	Концентрация активной части биомассы	$X$ , г/дм <sup>3</sup>	< 30
3	Константа полунасыщения по субстрату	$K_m$ , г ХПК/м <sup>3</sup>	10-30
4	Коэффициент молекулярной диффузии субстрата в биопленке	$D_L$ , м <sup>2</sup> /ч	$(1,25-3,0) \cdot 10^{-6}$
5	Толщина активной биопленки	$\delta$ , м	$(1-2) \cdot 10^{-4}$
6	Коэффициент массопереноса субстрата из жидкости в биопленку	$K_L$ , м/ч	0,025-0,08

$$K_m = 20 \cdot V^{-0,108} \quad (7)$$

$$X = 0,9 \cdot V^{0,37d^{0,14}} \quad (8)$$

Определение числовых значений эмпирических коэффициентов математической модели и их зависимости от параметров фильтрования позволяет осуществить расчет фильтра-биореактора для очистки теплообменной воды в спиртовом производстве. Расчет такого очистного сооружения сводится к определению рациональных значений скорости фильтрования, диаметра гранул пенополистирола и высоты фильтрующего слоя. От числовых значений вышеприведенных параметров, зависит размер самого фильтра-биореактора, размер помещения узла предварительной очистки теплообменной воды, высота помещения и длительность фильтроцикла.

## Вывод

При проектировании биореактора, с продолжительностью фильтроцикла 24 часа необходимая эффективность очистки теплообменной воды может быть достигнута при следующих значениях параметров:  $V=3,5-4,5$  м/ч,  $d=1,15-1,3$  мм,  $Y=0,3...0,7$  мг биомассы/мг ХПК,  $D_L=(1,25-3,0) \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/ч,  $\delta=(1-2) \cdot 10^{-4}$  м,  $K_L=0,025-0,08$  м/ч.

## Список использованных источников

- 1 Гироль, Н.Н. Опыт работы фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой в схемах очистки воды // Коммунальное хозяйство городов: зб. наук. праць. – К.: Техніка, 2003. С. 154 – 162.
- 2 Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры.–М.: Стройиздат, 1992. – 176 с.
- 3 Олейник, А.Я. Моделирование процессов доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод на фильтрах / А.Я. Олейник, Т.В. Василенко, С.А. Рыбаченко, Ихаб Ахмад Хамад // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки. – К. КНУБА, 2006. – Вип. 4. – С.67–68.
- 4 Хенце, М. Очистка сточных вод (Биологические и химические процессы); перев. с англ., к.т.н. Т.П. Мосоловой / Под ред. д.х.н., С.В. Каложного. – М.: Изд. «Мир», 2004. – 480 с.
- 5 Олейник, А.Я. Теоретические исследования фильтрационных процессов в пористых средах с изменяющимися водно-физическими свойствами // Прикладна гідромеханіка. – 2007, Т. 9. – № 2-3. – С.122–138.

УДК 662.628

## ОПЫТ РАБОТЫ ФИЛЬТРА С ПЛАВАЮЩИМ ФИЛЬТРУЮЩИМ СЛОЕМ В СХЕМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ВОДЫ НА ОАО "РИВНЕАЗОТ"

*Гироль Андрей, Якимчук Богдан*

*Национальный университет водного хозяйства и природопользование, г. Ровно, Украина [girol@meta.ua](mailto:girol@meta.ua)*

Replacement of filters with quartz bed in the decarbonization flowsheet by filters with floating filter bed, equipped with system of air-water flushing, ensures necessary treatment and sustained operation.

Существующая на ОАО "Ривнеазот" технологическая схема станции очистки декарбонизированных вод состояла из блока осветлителей, реагентного хозяйства и фильтров с загрузкой из кварцевого песка. Качество воды после осветлителей в течение года характеризуется значительными колебаниями содержания взвешенных веществ (4-20 мг/л), соледержания (170-250 мг/л), щелочности (1,2-1,4), солей жесткости (1,5 – 2,4 мг-экв/л) и значительным изменением других параметров. Такое непостоянство параметров качества воды обусловлено их изменением в источнике водоснабжения, изменением температуры окружающей среды, возможной нестабильностью работы реагентного хозяйства и непостоянством других факторов. Нестабильность качества воды, поступающей

268



на фильтровальные сооружения, несовершенная промывка фильтрующего слоя обусловили интенсивное (в течение 2-х лет) его заиливание и выход сооружений из строя, что в свою очередь отрицательно отразилось на работе теплообменной и технологического оборудования предприятия.

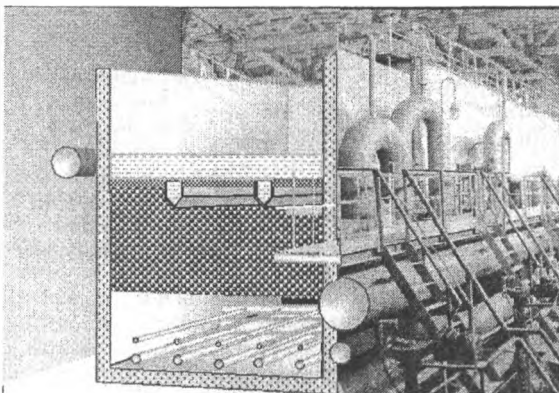
По всей высоте толщи фильтрующего слоя фильтров сформировались грязевые бассейны. Пропускная способность фильтров существенно уменьшилась, а качество воды настолько ухудшилась, что фильтры стали источником загрязнения очищаемой воды. Фильтровальная станция была выключена из технологической цепочки производства.

С целью решения возникшей проблемы, по нашему предложению, на предприятии проведены работы по расширению станции путем реконструкции песчаных фильтров на фильтры с плавающим фильтрующим слоем конструкции ФПЗ-3 (рис. 1), оборудованные системой водовоздушной промывки [1,2].

Во время реконструкции максимально использованы конструктивные элементы существующих фильтров.

Составной частью рекомендаций были соответствующие решения относительно фильтрующего слоя, верхней и нижней систем. В качестве коллектора отвода промывной воды использован существующий коллектор диаметром  $d = 600$  мм, что позволило достичь интенсивности промывки  $q \leq 7-9$  л/(с·м<sup>2</sup>). Такой интенсивности для промывки фильтра только водой явно не хватает, поскольку эта величина составляет только 30-40% от необходимой, но это более чем достаточно для проведения водовоздушной промывки.

Процесс реконструкции характеризовался относительной простотой. В связи с применением плавающего слоя отпала необходимость в существующей технологической цепи (трубопроводы, задвижки, насосы) водяной промывки. Однако существующая система распределения воздуха с внешними коммуникациями и оборудованием была оставлена для новых фильтров. Кроме того, фильтры дооборудованы верхней распределительной системой, а фильтрующий



слой из кварцевого песка заменен фильтрующим слоем из гранулированного полистирола, удельная насыпная масса которого в  $\sim 30$  раз меньше аналогичного показателя кварцевого песка.

*Рис. 1. Схема реконструированной фильтровальной станции цеха декарбонизации воды*

Использование водовоздушной промывки способствовало обеспечению эффективной работы фильтра при низкой интенсивности водяной промывки

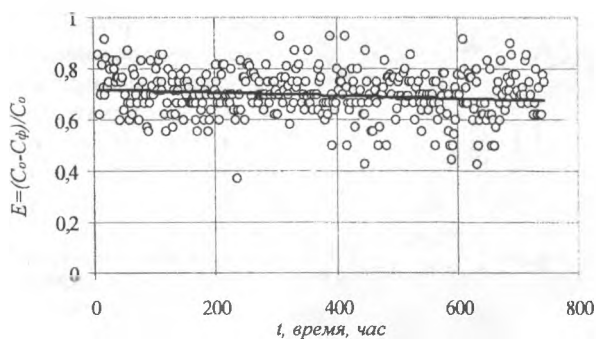
( $q=5-6$  л(с·м<sup>2</sup>)). В начальный период эксплуатации, от фильтроцикла к фильтроциклу наблюдалось незначительное повышение эффективности очистки воды, что, вероятно, обусловлено формированием остаточных загрязнений в толще фильтрующего слоя, на последующих этапах наблюдений такой тенденции не обнаружено.

Интересно то, что после водовоздушной промывки структура фильтрующего слоя существенно отличается от его структуры, формирующейся после только водяной промывки. В этом случае гидравлическая классификация гранул по высоте загрузки практически отсутствует. В фильтре происходит процесс фильтрования воды, через толщу плавающего неоднородного по фракционному составу, смешанного по высоте фильтрующего слоя.

Результаты длительных наблюдений за работой реконструированных фильтров свидетельствуют: при изменении в широком диапазоне параметров исходной воды, скорости фильтрования 5-8 м/ч фильтр работает стабильно, обеспечивает достаточную эффективность очистки. При некотором снижении скорости фильтрования (4-5 м/ч), эффективность очистки воды по взвешенным веществам достигает 70-90%.

Длительная эксплуатация такого фильтра подтвердила, целесообразность замены фильтрующего слоя, так и возможность применения водовоздушной промывки для фильтров с плавающим фильтрующим слоем. При таких условиях сооружение в течение продолжительного времени работает стабильно, удовлетворяя требования производства.

Новое техническое решение выгодно отличается и с экономической точки зрения. Так, для обеспечения работы фильтров с фильтрующим загрузкой из кварцевого песка необходимо их перегружать каждые полгода с последующим выполнением специальных работ связанных с промывкой песка на специальных установках. Выполнение этих работ достаточно громоздко, требует значительных ручных работ, их продолжительность достигает 1-2 месяца на 1 фильтр, а трудоемкость – 100-150 ч-см.



*Рис. 2. Динамика изменения эффективности очистки декарбонизированной воды на фильтрах с плавающим фильтрующим слоем*

При использовании нового технического решения отпала необходимость в перегрузке фильтрующего слоя, существенно упрощены условия эксплуатации сооружений, поскольку фильтр обслуживается только одной задвижкой, отпала необхо-

димось в промывных насосах и резервуарах для хранения воды на промывку фильтров, что существенно отразилось на сокращении не только общих стоимостных показателей, но и на энергоёмкости подготовки воды – величина сэкономленной электроэнергии в течение года составляет 4000 кВт·ч на один фильтр.

### **Выводы**

Замена фильтров с кварцевым фильтрующим слоем в технологической схеме декарбонизации природных вод на фильтры с плавающим фильтрующим слоем, оборудованные системой водовоздушной промывки обеспечивают необходимую степень очистки и характеризуются стабильной работой.

### **Список использованных источников**

1. Hirol M.M., Hirol A.M., Jakymchuk B.N. Water filtration after reactor-calciner/ Conference "Water & environment"/ K.: 7-10.10.2008, 311-312 c.

2. Hirol M.M., Kowalski D., Hirol A.M., Yakimchuk B.N., Trach Y.II. Badania doswiadczalne przebiegu płukania fluidalnego złoża filtru pospiesznego do oczyszczania wody Ochrona srodowiska, Polska, vol.31 NR 4, 2009, st.35-38.

УДК 628.11

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ МЕХАНИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ**

*Голченко М.Г., Анженков А.С.*

*Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, РБ, [anzhenkov@mail.ru](mailto:anzhenkov@mail.ru)*

In article the water intake is presented that is applied to mechanically polluted liquids. The basic difference of the device, this presence of the mechanism of self-cleaning in the form of a cleaner brush. The self-cleaning mechanism is put in action from a stream of a liquid of pump station selected from a delivery line.

### **Введение**

В современных условия дефицита ресурсов, в том числе водных, а в некоторых случаях отсутствие доступа к незагрязненной воде, приводят к необходимости создания систем водозабора, не чувствительных к механическим примесям, что позволяет расширить диапазон пригодных к забору воды источников.

Водозаборные устройства, в первую очередь, предназначены для предотвращения попадания во всасывающую линию насосной станции молодёжь, водорослей, плавающего мусора. Особенно актуальным вопрос фильтрации входящего потока жидкости является для мобильных насосных станций. Зачастую, водозабор осуществляется в неподготовленных местах с неизвестным составом механических загрязнителей и в непосредственной близости от берега, на расстоянии 3–10 м, в зависимости от длины всасывающего трубопровода [2, 4]. Передвижные насосные станции имеют ограничения по массе и габаритам, поэтому применение эффективных многоступенчатых систем очистки затруднено либо невозможно.

Распространенные системы фильтрации, устанавливаемые на всасывающих линиях насосных станций, обычно состоящие из сетки-заборника [3, 4], не пригодны для условий сильного загрязнения забираемой жидкости. В процессе

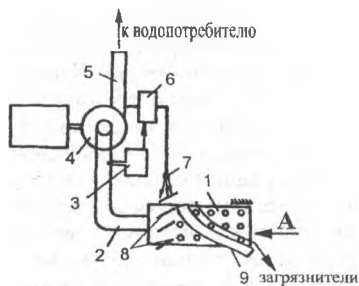
эксплуатации загрязнители, прижимаемые входящим потоком, скапливаются на поверхности фильтрующей сетки и создают значительное сопротивление во всасывающей линии насосной станции. Это приводит к снижению производительности и может вызвать кавитацию в центробежных насосах. Следовательно, при заборе жидкости из сильно загрязненных водоисточников, необходимы мероприятия по очистке фильтрующего элемента.

Система самоочистки фильтрующего элемента должна работать автоматически, не повышая трудозатраты, и эффективно очищать фильтрующую поверхность в случае загрязнения превышающего допустимый уровень без остановки подачи воды. С учетом требований, предъявляемых к мобильным установкам, масса и габариты устройства должны быть минимальны, а привод осуществляется от имеющихся в системе источников энергии без существенных изменений конструкции насосной станции.

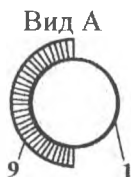
### Водозаборное устройство с системой самоочистки

В УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» предложена конструкция водозаборного устройства [1] со щеточным очистителем, для привода которого используется энергия потока жидкости, отбираемой из нагнетательной линии насосной станции, представленная на рисунке 1. Предлагаемое водозаборное устройство включает сетку-заборник барабанного типа, лопатки, трубопровод, гидравлический мультипликатор скорости вращения, щеточный очиститель, который выполнен в виде полувитка спирали по поверхности сетки-заборника.

Водозаборное устройство (рисунок 1 (фиг. 1)) состоит из сетки-заборника 1 барабанного типа, вращающейся вокруг всасывающего трубопровода 2, соединенного с последним, датчика 3 засорения сетки-заборника, насоса 4, напорного трубопровода 5. Устройство снабжено гидравлическим мультипликатором скорости, выполненным в виде регулятора расхода воды 6, соединяющего напорный трубопровод 5 с соплом 7, установленным с возможностью взаимодействия образуемой соплом струи с лопастями 8, закрепленными на сетке-заборнике. Сетка-заборник, по всей длине перфорации, контактирует со щеточным очистителем 9, выполненным в виде полувитка спирали по поверхности сетки-заборника (фиг. 2).



Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 1 – общий вид водозаборного устройства, Фиг. 2 – щеточный очиститель и сетка заборник, вид сбоку

*Рисунок 1 – Водозаборное устройство с системой самоочистки*

Водозаборное устройство работает следующим образом.

Поступающая внутрь сетки-заборника 1 вода фильтруется, проходя через ее перфорацию, при этом загрязнения (водоросли, мусор и т.п.) осаждаются на наружной поверхности сетки-заборника.

Когда влияние загрязнителей станет заметным, датчик 3 засорения подает сигнал на регулятор 6 расхода, и последний подает воду под давлением на сопло 7. Вода, выходящая через сопло 7, взаимодействует с лопастями 8, что приводит во вращение сетку-заборник 1. При этом загрязнения с перфорированной поверхности сетки-заборника 1 захватываются щеточным очистителем 9 и, смещаясь вдоль его боковой поверхности по оси вращения сетки-заборника, выводятся из зоны забора воды. Сетка-заборник 1 очищается, датчик 3 снимает сигнал, регулятор 6 расхода закрывается и сетка-заборник прекращает вращение.

Применение щеточного очистителя, выполненного в виде полувитка спирали по поверхности сетки-заборника, устраняет возможность повторного захвата удаленных с ее поверхности загрязнителей, что повышает надежность очистки сетки-заборника.

Передвижные насосные станции обычно относят к III категории надежности подачи. Их используют при сложных природных условиях или в качестве временных объектов, когда строительство стационарных насосных станций экономически неоправданно. Как правило, передвижные насосные станции или установки дешевле стационарных в производстве, но значительно дороже в эксплуатации и имеют и меньший срок службы [5].

Эффективное водозаборное устройство, для условий механически загрязненных водоисточников, способствует повышению производительности, снижению входного сопротивления, следовательно энергозатрат на подачу воды потребителю, увеличивает срок эксплуатации насосной станции, уменьшая входное сопротивление и очищая от твердых и абразивных включений, изнашивающих рабочее колесо и корпус насоса.

Областью применения предложенной конструкции является водоснабжение сельскохозяйственных объектов, например, ферм, систем орошения, полевых поилок; систем пожаротушения. С учетом эффективной самоочистки конструкцию можно использовать для осушения каналов и водоемов с малой глубиной, затопленных подвальных помещений.

#### Список использованных источников

1. Водозаборное устройство: пат. 3592 Респ Беларусь, МПК А 01G 25/00 / А.С. Анженков, В.И. Копуба, Г.А. Райлян, В.Н. Чеснык, заявитель УО «Белгоссельхозакадемия»; заявл. 13.11.2006; опубл. 01.03.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1. – С. 3.
2. Исаев, А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 400 с.
3. Карелин, В.Я. Насосы и насосные станции / В.Я. Карелин, А.В. Минаев – Москва: Стройиздат, 1986. – 320с.
4. Лобачев, П. В. Насосы и насосные станции: учеб. для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
5. Чебаевский, В. Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок / В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневецкий, Н.Н. Накладов. – Москва : Колос, 2000. – 376 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ВОДЕ МЕТОДОМ ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*Головач А.П.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [golovach\\_anna@mail.ru](mailto:golovach_anna@mail.ru)*

Method of the fluorescent spectroscopy allow to carry out the operative control and monitoring of presence of organic substances over various reservoirs. Also this technique is useful to supervise a degree of water treating from organic compounds.

### **Введение**

По данным Всемирной организации здравоохранения, природные воды сейчас содержат 13 тысяч потенциально токсичных веществ, и каждый год добавляется от 500 до 1000 новых. Среди множества загрязнителей выделяются супертоксиканты – вещества, которые даже в минимальных количествах оказывают прямое или опосредованное влияние на здоровье человека. Всемирная организация здравоохранения определила перечень таких супертоксикантов. Сюда входят, прежде всего, те вещества, которые синтезировали и производят именно как ядовитые – инсектициды, гербициды и т. д. Другую группу составляют вещества, образующиеся в качестве побочных продуктов в различных процессах — горения топлива, разложения или синтеза органических веществ, работы автомобильных двигателей и т.п. Особую опасность представляют ароматические углеводороды – вещества, содержащие бензольное кольцо; полиароматические углеводороды – вещества, содержащие конденсированные бензольные кольца, содержание которых принято пересчитывать на бенз(а)пирен; полихлорированные бифенилы.

На станциях водоподготовки качественный состав воды также пополняется новыми химическими компонентами. Здесь и примеси, содержащиеся в реагентах, и соединения образовавшиеся в побочных реакциях, сопровождающих водоподготовку. Многие из побочных продуктов хлорирования и озонирования включены Всемирной организацией здравоохранения в список приоритетных токсикантов. Таким образом, безвредность химического состава природных и питьевых вод невозможно установить без определения содержащихся в них органических веществ.

### **Исследования органических примесей в воде флуоресцентным методом**

Действующий СанПиН предусматривает контроль 10 токсикологических и 9 органолептических показателей, но среди нормируемых показателей токсичности упоминается содержание лишь одного органического вещества – остаточного полиакриламида, применяемого для осветления воды при водоподготовке. Определение других органических веществ (даже контроль побочных продуктов хлорирования воды), относящихся к токсикантам и супертоксикантам, не

предусмотрено. А ведь для питьевой воды установлены ПДК нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, фенолов, 6 алифатических и 23 циклических углеводородов (к этому классу относится супертоксикант бенз(а)пирен), 78 галогенсодержащих соединений и ПДК еще свыше шести сотен различных органических веществ.

Анализ воды по нормативам выполнялся с помощью самых доступных приборов — фотоколориметров, рН-метров, или химическими методами, вовсе не требующими специального оборудования. Органические загрязнители этими методами определять или невозможно, или очень сложно. Для современного контроля состава воды необходимы более чувствительные методы анализа. Для решения задач, связанных с анализом воды, в том числе питьевой, успешно применяется флуоресцентная спектроскопия.

С применением лазеров в качестве источников излучения, возбуждающих флуоресценцию, возможности флуориметрии значительно расширились: возникли дистанционная и нелинейная флуориметрия [1]. Флуориметрия была поставлена на строгую количественную основу благодаря применению метода внутреннего репера — калибровке сигнала флуоресценции примеси по сигналу комбинационного рассеяния. Для калибровки флуориметров можно использовать какой-либо сигнал сравнения, исходящий из среды, определяемый тем же световым полем в среде, что и полезный сигнал, и малозависящий от состояния среды. При лазерном зондировании атмосферы в качестве такого сигнала сравнения часто используется стоксова компонента комбинационного рассеяния (КР) сигнала в азоте, концентрация которого в воздухе велика и постоянна.

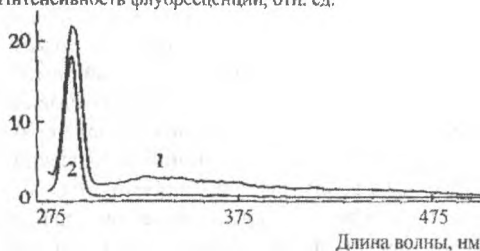
При количественном спектральном анализе водных сред в качестве сигнала сравнения можно использовать стоксову компоненту комбинационного рассеяния в воде. КР-спектроскопия не является высокочувствительным методом при непосредственном определении органических веществ в воде (предел обнаружения органических веществ  $10^{-1}$ – $10^{-3}$  г/л). Для наиболее интенсивной рамановской линии воды дифференциальное сечение КР, проинтегрированное по регистрируемой спектральной линии КР, асимптотически равно  $10^{-29}$  см<sup>2</sup>/ср, в то время как произведение сечения поглощения органических соединений на квантовый выход флуоресценции имеет типичные значения  $10^{-16}$ – $10^{-18}$  см<sup>2</sup>/ср. В то же время интенсивность флуоресценции органических соединений сравнима с интенсивностью КР самой воды как растворителя, что позволяет использовать полосу КР воды в качестве внутреннего репера. В качестве аналитического сигнала используется отношение  $I_{\Phi\lambda}/I_{\text{КР}}$ , где  $I_{\Phi\lambda}$  — интенсивность (в максимуме полосы) флуоресценции органических веществ;  $I_{\text{КР}}$  — интенсивность линии КР воды при длине волны, соответствующей валентным колебаниям О–Н–О в жидкой фазе. Значение  $I_{\Phi\lambda}$  измеряется относительно уровня шума; значение  $I_{\text{КР}}$  получают путем вычитания сигнала флуоресценции из общего сигнала при длине волны КР воды.

Спектр флуоресценции воды регистрируют в диапазоне 270–550 нм. Такой анализ не требует пробоподготовки, его время совпадает со временем регистрации спектра. Регистрируемая на спектрах лазерно-индуцированной флуоресценции

дистиллированной и бидистиллированной воды сильная узкая линия с длиной волны 292,6 нм (рис.1) является сигналом комбинационного рассеяния воды  $I_{KR}$ , который используют в качестве внутреннего опорного сигнала, с него нормируют сигнал лазерно-индуцированной флуоресценции  $I_{\Phi\Lambda}$ .

В пробе дистиллированной воды (рис. 1, спектр 1) наблюдался максимум лазерно-индуцированной флуоресценции на длине волны 330 нм; его интенсивность небольшая ( $I_{\Phi\Lambda}/I_{KR}=0,13$ ). В пробе бидистиллированной воды (рис. 1, спектр 2)  $I_{\Phi\Lambda}/I_{KR} = 0,05$ , максимум – на длине волны 336 нм. Это свидетельствует о значительном снижении органических соединений при двойной перегонке и соответствует представлению, сложившемуся в аналитической спектроскопии, об отсутствии в самой чистой воде флуоресценции, возбуждаемой ультрафиолетовым излучением [2]. Соединения, флуоресцирующие в пробах дистиллированной и бидистиллированной воды, являются низкомолекулярными, их основной вклад в поглощение находится в области 250-300 нм, для них характерна флуоресценция в диапазоне 300-360 нм.

Интенсивность флуоресценции, отн. ед.



- 1 – дистиллированная вода;  
2 – бидистиллированная вода

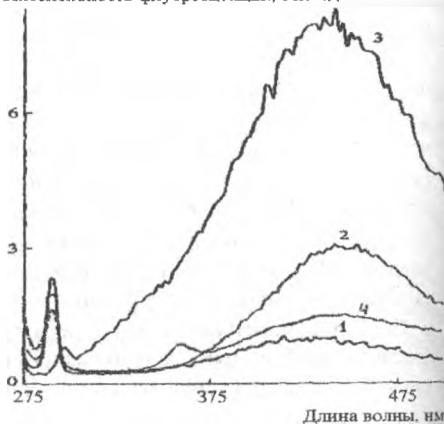
**Рисунок 1 – Спектры лазерно-индуцированной флуоресценции**

Существует корреляция между величиной отношения  $I_{\Phi\Lambda}/I_{KR}$  и общим содержанием органических веществ в воде. На рис. 2 представлены спектры лазерно-индуцированной флуоресценции воды из различных источников, содержащих высокомолекулярные органические соединения, о чем свидетельствует их флуоресценция в области 420–450 нм ("голубая" флуоресценция воды) [3].

- 1 – бутилированная питьевая вода;  
2 – водопроводная вода; 3 – речная вода;  
4 – водопроводная вода, обработанная озоном

**Рисунок 2 – Спектры лазерно-индуцированной флуоресценции**

Интенсивность флуоресценции, отн. ед.





Полоса флуоресценции 420–450 нм связана с гуминовыми веществами, а полоса 300–350 нм – с низкомолекулярными веществами (протеинами, фенолами и полифенольными соединениями) [4]. При большой концентрации высоко-молекулярных органических соединений в пробе воды флуоресценция низкомолекулярных попадает в полосу поглощения высокомолекулярных соединений (300-380 нм) и эффективно тушится, поэтому преобладает "голубая" флуоресценция (рис.2, спектр 3).

Для спектра лазерно-индуцированной флуоресценции водопроводной воды характерно наличие широкой полосы флуоресценции с максимумом 435 нм (рис. 2, спектр 2). После обработки водопроводной воды озоном (рис. 2, спектр 4) наблюдается максимум лазерно-индуцированной флуоресценции в области, характерной для низкомолекулярных соединений (388 нм), что свидетельствует о распаде органических соединений до веществ с низкой молекулярной массой. Спектр бутилированной питьевой воды (рис. 2, спектр 1) характеризуется очень низким содержанием высокомолекулярных органических соединений ( $I_{ФЛ}/I_{КР}=0,6$ ) с максимумом 438 нм.

При совместном применении спектрометра и разделительных систем (например высокоэффективной жидкостной хроматографии) возможна идентификация веществ, составляющих органическую примесь, и их количественная оценка. Это позволит идентифицировать отдельные органические вещества (например, образующиеся в результате озонирования и хлорирования питьевой воды на станциях водоподготовки), входящие в состав анализируемого объекта, и оценить степень их опасности для окружающей среды и водопотребителей.

### **Заключение**

Таким образом, с помощью спектрометра можно оценивать эффективность различных способов очистки воды. Флуоресцентная спектроскопия позволяет регистрировать примесь растворенных органических веществ в воде, дифференцировать низко- и высокомолекулярные органические вещества, контролировать степень очистки воды от органических соединений.

Метод флуоресцентной спектроскопии позволяет проводить оперативный контроль и мониторинг содержания органических веществ в различных водоемах, питьевых источниках, сточных водах, технологической, талой и дождевой воде; оценивать степень загрязнения водоемов; контролировать качество сверхчистой воды в различных производствах. При использовании метода флуоресцентной спектроскопии образцы проб не требуют предварительной обработки, при которой могут происходить необратимые изменения структуры органических соединений.

### **Список использованных источников**

1. Сэм, М.Ф. Лазеры и их применения / М.Ф. Сэм // Соросовский Образовательный Журнал. – 1996 – № 6. – С. 9–98.
2. Карабашев, Г.С. Флюоресценция в океане / Г.С. Карабашев – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 200с.
3. Изучение природы происхождения "синей" люминесценции в воде / Н.Л. Лаврик и [др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – № 7. – С. 175–181.
4. Использование комплекса спектроскопических методов для анализа природных и сточных вод / М.В. Ахманова и [др.] // Журн. аналит. хим. – 1987. – Т. 42. – Вып. 12. – С. 2151–2162.

## УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ И ДЕСТРУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АКТИВНОГО ИЛА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Дзюба И.П., Гребенчикова И.А., Рымовская М.В., Флюрик Е.А., Маркевич Р.М.  
Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь, [marami@tut.by](mailto:marami@tut.by)*

Hydrobiology analysis of active sludge from Lida and Soligorsk wastewater treatment facilities has been done. Distribution of active sludge microorganisms' indicative groups has been studied. Active sludge dehydrogenase activity has been determined and conclusion about toxigenic stowage on active sludge has been made.

**Введение.** В городах Лида и Солигорск проживает примерно одинаковое количество населения (95,8 и 101,4 тыс. человек соответственно), объем сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения, составляет 28 и 30 тыс. м<sup>3</sup>. На обоих очистных сооружениях осуществляется механо-биологическая очистка сточных вод. Аэротенк-вытеснитель на сооружениях г. Солигорск работает без регенерации активного ила, период аэрации сточных вод составляет 13,2 ч. На очистных сооружениях г. Лида основной поток сточных вод также очищается в аэротенке-вытеснителе, работающем с 50% регенерацией активного ила. Около трети общего потока подается для очистки в биооксидлок.

Цель настоящего исследования заключалась в определении уровня развития и деструкционного потенциала активного ила очистных сооружений городов Лида и Солигорск.

### **Распределение основных индикаторных групп организмов активного ила.**

На каждом очистном сооружении складывается свой специфический биоценоз активного ила. На изменение состава сточных вод и условий очистки гидробионты реагируют вначале изменением состояния (подвижность, размеры, размножение и др.), а затем меняется состав биоценоза [1]. Это приводит к изменению деструкционного потенциала активного ила, который можно оценить с помощью показателя дегидрогеназной активности. Систематический контроль состава основных индикаторных групп организмов активного ила и его дегидрогеназной активности позволяет оперативно выявлять нарушения в процессе очистки и принимать меры к их устранению.

На рисунке 1 представлено распределение основных индикаторных групп организмов активного ила очистных сооружений г. Солигорск. В удовлетворительных условиях функционирования (рисунок 1а) активный ил этих сооружений более чем наполовину представлен кругоресничными инфузориями, примерно треть составляют раковинные амёбы, присутствуют брюхоресничные и свободноплавающие инфузории. В целом видовой состав активного ила не очень богатый, хлопья ила мелкие, слабо сформированные, прозрачные, значительное количество диспергированных бактерий. Такое распределение организмов характерно для активного ила с невысоким деструкционным потенциалом, обладающего слабой седиментационной способностью.



### **Дегидрогеназная активность ила.**

Этот показатель позволяет оценить наличие ингибирования активного ила токсичными соединениями сточной воды (показатель будет меньше нуля) и общий деструкционный потенциал активного ила в определенный момент времени (по численному значению показателя) [2]. Представление результатов в виде превышения активности ила по отношению к сточной воде по сравнению с контролем (отстоянной водопроводной водой) позволяет нивелировать влияние на результат дозы ила (количества микроорганизмов в единице объема иловой жидкости) и сравнивать результаты ДАИ для активного ила разных очистных сооружений.

Дегидрогеназную активность ила городских очистных сооружений мы устанавливали по отношению к пробам сточных вод, прошедших механическую очистку в первичных отстойниках [2]. Среднее значение показателя дегидрогеназной активности ила очистных сооружений г. Солигорск в период январь–март 2010 г. составляло 105, однако показатель этот был подвержен значительным колебаниям (от 24 в пробе за 14.01.10 г. до 185 в пробе от 11.03.10 г.). Активный ил очистных сооружений г. Лида за такой же период имел более высокое значение показателя дегидрогеназной активности (около 185), причем значения эти находились в более узком интервале (145–205).

### **Заключение.**

Состав биоценоза и деструкционная способность активного ила разных городских очистных сооружений существенно различается. Более того, имеются различия в распределении основных индикаторных групп организмов активного ила сооружений биологической очистки разной конструкции (аэротенк и биооксидблок), даже если поступающие в эти сооружения сточные воды имеют один и тот же состав.

Распределение организмов и дегидрогеназная активность ила, отобранного из аэротенков г. Солигорска, свидетельствуют о его более низком деструкционном потенциале и подверженности токсикогенному воздействию. Скорее всего, это связано с поступлением промышленных сточных вод, которые содержат широкий спектр трудноокисляемых загрязнений, причем для таких вод характерны непостоянство расхода и состава. Такое заключение подтверждается цифрами: для городов с примерно одинаковым количеством населения число промышленных предприятий в Лиде составляет 33, а в Солигорске насчитывается 62 промышленных предприятия.

### **Список использованных источников**

1. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – Москва: Акварос, 2003. – 512 с.
2. Маркевич, Р. М. Методическое руководство по контролю процесса биологической очистки сточных вод: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 03 «Биоэкология» / Р.М. Маркевич [и др.]. – Минск: БГТУ, 2009. – 161 с.

## ЖИДКОФАЗНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ, НА ПРИМЕРЕ РАСТВОРА ИМИДАКЛОПРИДА

*Житенев Б.Н., Любчук Ю.Е.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г.Брест, vbreste@tut.by*

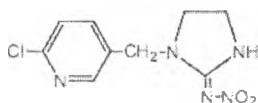
Liquid-phase destruction of pesticides, by example solution of imidacloprid.

### Введение

Имидаклоприд – системный инсектицид нового поколения, принадлежащий к химическому классу неоникотиноидов, хлорникотиловое соединение. Нормативы по содержанию имидаклоприда в объектах окружающей среды:

- допустимая суточная доза – 0,06 мг/кг;
- ориентировочное допустимое количество в почве – 0,1 мг/кг;
- предельно допустимая концентрация в воде – 0,03 мг/дм<sup>3</sup>;
- ориентировочные безопасные уровни воздействия в водоемах рыбного хозяйства – 0,2 мг/м<sup>3</sup>;
- ориентировочные безопасные уровни воздействия в атмосферном воздухе населенных мест – 0,02 мг/м<sup>3</sup>.

Брутто формула: C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>ClN<sub>5</sub>O<sub>2</sub>



### Экспериментальная часть

Имидаклоприд определяется спектрофотометрическим методом в ультрафиолетовом диапазоне при длине волны 270 нм (рисунок 1).

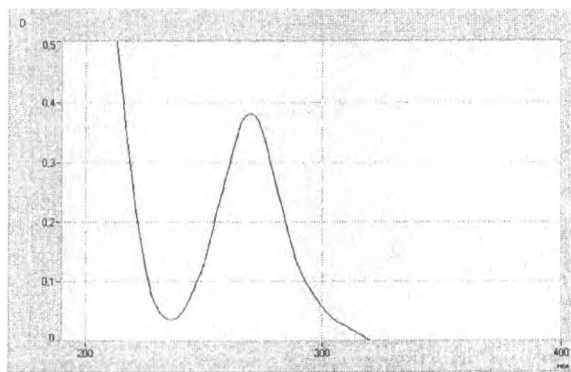
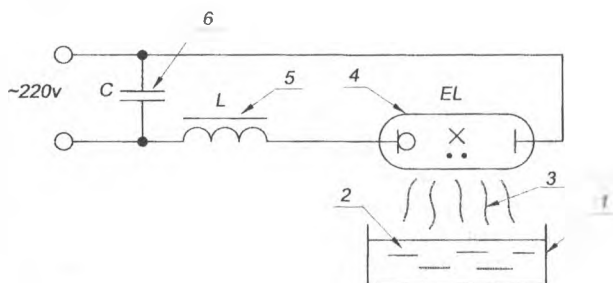


Рисунок 1 – Спектрограмма раствора с концентрацией 5мг/л имидаклоприда

Имидаклоприд трудно окисляется даже такими окислителями как озон, поэтому для сокращения дозы озона необходимо было найти другие более эффективные методы очистки на первом этапе. Одним из таких методов является фото-деструкция под действием ультрафиолетового излучения.

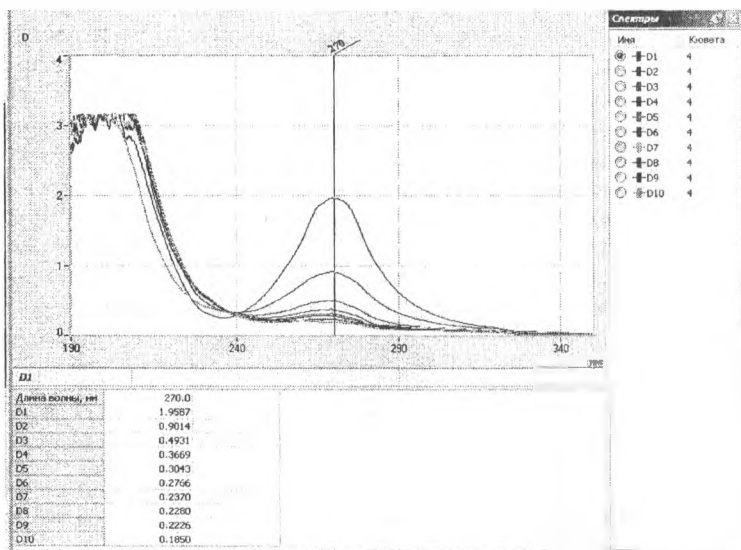
Для облучения раствора имидаклоприда использовалась кварцевая горелка ртутно-аргоновой лампы высокого давления ДРЛ-250. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2



1 – чашка Петри; 2 – раствор имидаклоприда; 3 – ультрафиолетовое излучение;  
4 – кварцевая горелка ДРЛ-250; 5 – дроссель; 6 – конденсатор

*Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки*

Для эксперимента был использован раствор с концентрацией 20 мг/л имидаклоприда. 50 мл раствора обрабатывали в течение более 1 минуты, пробы отбирали каждые 10 секунд. Спектрограммы сняты на спектрофотометре СФ-2000 (рисунок 3).



*Рисунок 3 – Спектрограммы раствора имидаклоприда при обработке ультрафиолетовым излучением*

По данным спектрограмм построен график снижения оптической плотности по времени (рисунок 4).

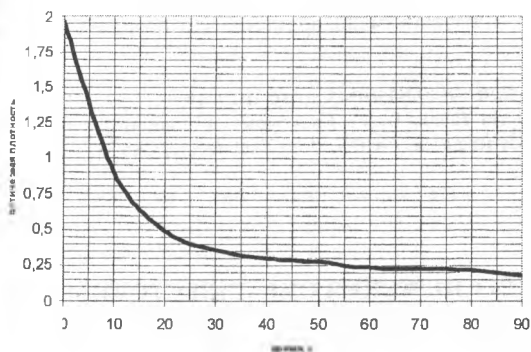


Рисунок 4 – График снижения оптической плотности на длине волны 270 нм по времени, при воздействии ультрафиолетового излучения на раствор имидаклоприда

По данным спектрограмм видно, что наиболее резкое снижение концентрации идет в течение первых 20 секунд, это можно объяснить тем, что при больших концентрациях большая вероятность попадания квантов в молекулы исходного вещества. Слева на спектрограммах (рисунок 3) одновременно со снижением пика на длине волны 270 нм, характерного для имидаклоприда, идет рост пиков в дальнем ультрафиолете продуктов распада исходного вещества. Химизм фотолитического распада водного раствора имидаклоприда представлен на рисунке 5. Жирными стрелками показаны наиболее вероятные пути образования продуктов распада.

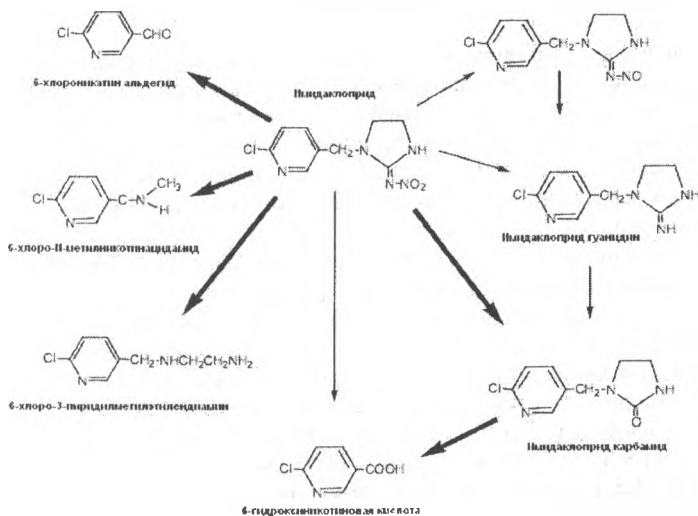


Рисунок 5 – Химизм фотолитического распада водного раствора имидаклоприда

## **Заключение**

В заключении можно сделать вывод, что обработка ультрафиолетовым излучением данного пестицида, является эффективной. Для снижения больших концентрации имидаклоприда требуется мало времени, что позволяет создать установку проточного типа.

## **Список использованных источников**

1. Environmental Fate of Imidacloprid. Juanita Baccy. Environmental Monitoring & Pest Management Branch Department of Pesticide Regulation. 830 K Street Sacramento, Ca 95814.

УДК 628.316

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БРЕСТКИЙ ЧУЛОЧНЫЙ КОМБИНАТ»**

*Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест.*

In article efficiency of application of ozone for decrease in colouring of industrial sewage of Open Society «Brest hosiery mill» is investigated. Possibility of achievement of necessary degree of purification by means of ozonization unlike drugs applied now is shown.

## **Введение**

Сточные воды предприятий легкой промышленности характеризуются высоким содержанием загрязняющих веществ. Они содержат до 1000 мг/л взвешенных веществ, характеризуются высоким химическим поглощением кислорода (ХПК), которое определяется содержанием органических загрязняющих веществ в коллоидной и растворимой формах. Но одним из самых характерных показателей загрязнения производственных сточных вод данных предприятий является их окраска.

Окраска сточных вод при производстве текстильных изделий в основном обуславливается широким применением органических красителей. В зависимости от специализации предприятия окрашиванию в процессе производства подвергаются волокна, ткани, готовые изделия. В процессе колорирования значительная часть красителей (от 10% до 50%) остается в отработанных технологических растворах и в промывных водах, образующихся после промывки окрашенных изделий. В результате окраска сточных вод, отводимых с предприятий, использующих красители в производственном цикле может достигать 1:400, 1:500 по степени разбавления. При этом максимально допустимая окраска по степени разбавления бытовых и производственных сточных вод, сбрасываемых как в городскую водоотводящую сеть, так и в поверхностные водные объекты



не должна превышать 1:20 (согласно решению Брестского городского исполнительного комитета от 9 августа 2007 года № 1316 «О допустимых концентрациях загрязняющих веществ, сбрасываемых в коммунальную и ведомственную канализацию и нормативах платы за сбросы загрязняющих веществ в коммунальную и ведомственную канализацию»).

К примеру, на ОАО «Брестский чулочный комбинат» в результате технологического процесса образуются интенсивно окрашенные сточные воды. Для снижения окраски сточных вод на данном предприятии используют импортные дорогостоящие препараты, имеющие восстановительную природу. Однако, эффект их действия является нестабильным, при последующем окислении восстановленных (неокрашенных) форм красителей кислородом воздуха могут образовываться исходные формы красителей.

Для решения проблемы снижения окраски сточных вод предприятий легкой промышленности на кафедре ВВиОВР БрГТУ исследуется эффективность применения озона. В данной работе было выполнено исследование эффективности озонирования реального производственного стока ОАО «Брестский чулочный комбинат». Исследовались производственные сточные воды, отобранные из усреднителя, в который поступают отработанные красильные растворы и промывные воды от красильных аппаратов. Количество одновременно функционирующих красильных аппаратов в смену составляет 8...10 единиц. При этом в разных аппаратах осуществляется окраска изделий из различных волокон (хлопка, шерсти и т.д.) с использованием различных классов красителей и вспомогательных веществ. В результате окраска сточных вод данного предприятия сильно варьирует по насыщенности и цвету (соответственно по составу красителей и вспомогательных веществ), поэтому используемая в настоящее время очистка с помощью препаратов «Redutex RAP» и «Redutex BOR» неэффективна.

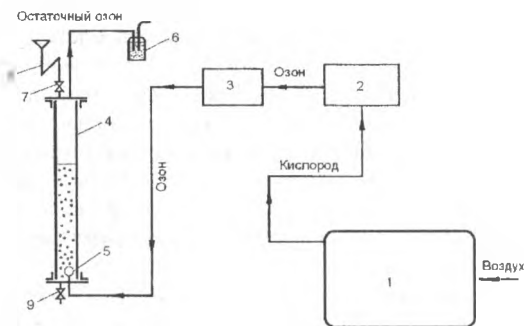
**Исследование эффективности применения озона для снижения интенсивности окраски производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат».**

#### *Методическая часть.*

В качестве объекта исследования использовались производственные сточные воды ОАО «Брестский чулочный комбинат», отобранные из усреднителя 27.03.2010 г. В этот период крашение чулочно-носочных изделий в основном осуществлялось с использованием кислотного красителя Lanasyн Navy M-DNL, поэтому цвет отобранного стока был синим, окраска по степени разбавления составляла 1:300, пороговое число запаха составляло 40, запах был сульфитно-сульфидный, т.е. определялся соединениями серы. Кроме этого в сточных водах содержалось некоторое количество взвешенных веществ в виде остатков текстильных волокон.

Процесс исследования эффективности применения озона для снижения окраски производственных сточных вод осуществлялся методом его точного дозирования в виде водного раствора. Такой метод исследования был обусловлен невозможностью точно определить дозу озона, вступившего в реакцию, при его дозировании в газообразном виде. Раствор озона получался барботированием через пористую на-

садку озono-кислородной смеси в стеклянной колонке, высотой 1,5 м., заполненной дистиллированной водой. Схема установки показана на рисунке 1.



- 1 – концентратор кислорода Atmung oxy 6000; 2 – озонатор PLATON 10/2;
- 3 – озонметр МЕДОЗОН 254/5; 4 – контактная колонка;
- 5 – диспергатор;
- 6 – деструктор остаточного озона;
- 7 – вентиль для заливки воды;
- 8 – гидравлический затвор;
- 9 – вентиль для отбора озонированной воды.

*Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки*

Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1 поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озono-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом вода насыщается озоном. Далее обедненная озоном озono-кислородная смесь поступает в деструктор 6, представляющий собой склянку Дрекселя, заполненную насадкой, разрушающей озон. Озонированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью вентилля 9. Новые порции воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 с помощью вентилля 7.

Для проведения опыта из колонки отбиралась озонированная вода, объемом около 1 л., определялась концентрация озона в воде с помощью прибора МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30), после этого рассчитанный объем озонированной воды добавлялся к обрабатываемой пробе сточной воды. Затем определялась концентрация озона в озонированной воде, не использованной для проведения реакции. За концентрацию озона во введенной в реакцию озонированной воде принималось среднее значение двух определений. Такой порядок определения концентрации раствора озона обуславливается его быстрым распадом в водных растворах.

Исходя из вышеописанной методики проведения исследований с точным дозированием озона в виде водного раствора исходный сток разбавлялся в 3 раза, с целью обеспечения возможности введения в реакцию смесь достаточно высокой дозы озона. Максимально возможная концентрация озона в дистиллированной воде при насыщении озono-кислородной смесью с использованием озонатора PLATON 10/2 (позволяет получать озono-кислородные смеси с содержанием озона до 150 мг/л), без специального дополнительного охлаждения составляет 30 мг/л. Поэтому максимально возможная доза озона, вводимая в виде раствора, при разбавлении исходного стока в три раза, составляла около 19 мг/л.

Эксперимент осуществлялся следующим образом. Исходный сток, объемом 340 мл, заливали в стакан объемом 1 л, далее при непрерывном перемешивании вводили заданную дозу озона в виде его водного раствора в дистиллированной воде. После этого при необходимости доводили объем смеси растворов дистиллированной водой до 1 л. В результате этого происходило трехкратное разбав-

ление исходного стока, с учетом этого исходная окраска исследуемого стока по степени разбавления составляла 1:100 (при нулевой дозе озона). После осуществления реакции с озоном определялась интенсивность окраски обработанного стока по степени разбавления.

Процесс деструкции загрязняющих веществ сточных вод под воздействием озона исследовался с использованием спектрофотометра СФ-2000 с кварцевыми кюветами К10 (длиной оптического пути 10 мм). Диапазон сканирования составлял 200 до 760 нм., шаг сканирования составлял 1 нм., количество сканирований каждой пробы — 3. По результатам спектрофотометрических исследований оценивалась степень очистки сточных вод.

#### Экспериментальная часть.

В работе выполнялось экспериментальное исследование влияния дозы озона на величину снижения окраски производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат». Методика выполнения исследований описана в методической части. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

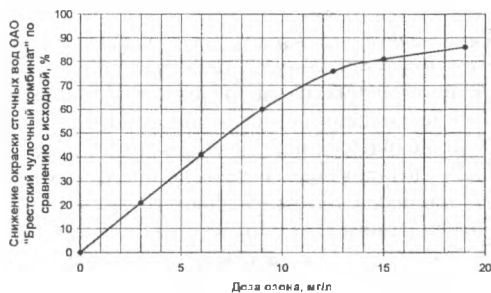


Рисунок 2. Влияние дозы озона на снижение окраски сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат»

На рисунке 2 эффективность действия озона выражена через эффект снижения окраски  $\mathcal{E}_{\text{сниж. ок.}}$  определяемый из соотношения:

$$\mathcal{E}_{\text{сниж. ок.}} = \frac{O_{\text{исх}} - O_{\text{обр}}}{O_{\text{исх}}} \cdot 100 \%$$

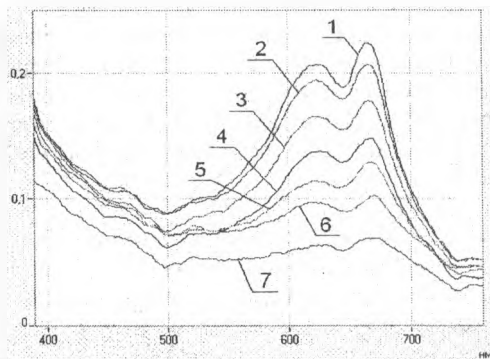
$O_{\text{исх}}$  — количество объемов дистиллированной воды, которые необходимо добавить к пробе исходной воды до полного исчезновения окраски в слое высотой 20 см.

$O_{\text{обр}}$  — количество объемов дистиллированной воды, которые необходимо добавить к пробе воды, обработанной озоном, до полного исчезновения окраски в слое высотой 20 см.

Данные представленные на рисунке 2 показывают, что озон эффективно снижает окраску производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат». При этом для снижения окраски на 81%, что эквивалентно снижению интенсивности окраски по степени разбавления от 1:100 до 1:20 требовалась доза озона 14,5 мг/л.

На рисунке 3 представлены спектры поглощения исходных и обработанных озоном сточных вод, которые снимались в ходе исследования. На спектре 1, соответствующем необработанному раствору красителя, отчетливо просматриваются максимумы поглощения на длинах волн 623 нм и 664 нм. С увеличением дозы озона высота обоих пиков поглощения пропорционально уменьшалась,

цвет сточных вод изменялся от насыщенного синего к слабо зеленому, т.е. максимум поглощения в видимой области сдвигается в более коротковолновую область, это подтверждается изменениями спектров.



- 1 — исходный раствор;
- 2 — доза озона 3 мг/л;
- 3 — доза озона 6 мг/л;
- 4 — доза озона 9 мг/л;
- 5 — доза озона 12,5 мг/л;
- 6 — доза озона 15 мг/л;
- 7 — доза озона 19 мг/л.

Рисунок 3 — Спектры поглощения производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат», обработанных различными дозами озона.

Для сравнения эффективности применения озона и препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» было выполнено исследование влияния концентрации данных препаратов на снижение окраски исследуемых стоков. Препараты «Redutex BOR» и «Redutex RAP» дозировались в раствор последовательно один за другим в объемных соотношениях 1 объем «Redutex BOR» и 10 объемов «Redutex RAP», согласно рекомендациям ОАО «Брестский чулочный комбинат». Препарат «Redutex BOR» является вспомогательным, основным действующим препаратом является «Redutex RAP», поэтому на рисунке 4 показана зависимость снижения окраски сточных вод от дозы препарата «Redutex RAP». Время обработки пробы при непрерывном перемешивании составляло 10 мин. Полученные результаты представлены на рисунке 4.

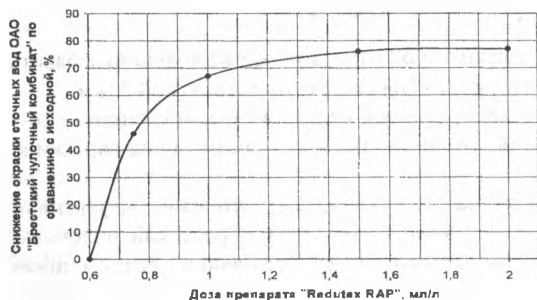
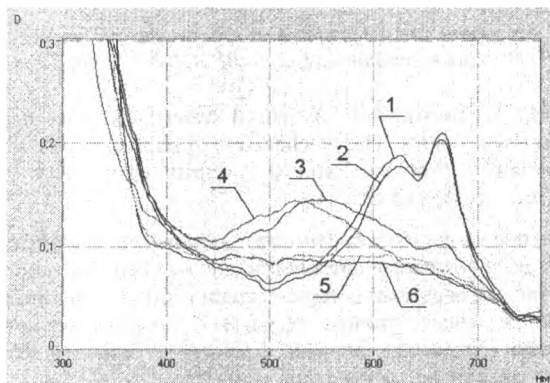


Рисунок 4 — Влияние концентрации препарата «Redutex RAP» на снижение окраски сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат».

Полученные результаты показывают, что препарат «Redutex RAP» проявляет свое действие при концентрациях выше 0,6 мл/л, но даже при концентрации 2 мл/л снижение окраски составляло 77%, и при дальнейшем увеличении дозы препарата эта величина не изменялась. Поскольку требуемая степень очистки составляет 80%, достичь ее с помощью данных препаратов не удалось. С учетом плотности препаратов («Redutex BOR» — 1,38 г/см<sup>3</sup>; «Redutex RAP» — 1,18 г/см<sup>3</sup>) общая

масса введенных препаратов при дозе препарата «Redutex RAP» 2 мл/л составила 2,636 г на один литр, что совершенно недопустимо по экономическим и экологическим соображениям.

На рисунке 5 представлены спектры сточных вод, которые снимались в процессе получения данных, представленных на рисунке 4.



- 1 — исходный раствор,
- 2 — доза препаратов 0,6 мл/л;
- 3 — доза препаратов 0,75 мл/л;
- 4 — доза препаратов 1 мл/л;
- 5 — доза препаратов 1,5 мл/л;
- 6 — доза препаратов 2 мл/л.

**Рисунок 5** — Спектры поглощения производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат», обработанных различными дозами препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP»

При сравнении спектров поглощения производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат», обработанных различными дозами препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP», представленных на рисунке 5 со спектрами сточных вод различными, обработанными различными дозами озона, представленными на рисунке 4, видно, что при обработке максимальной дозой озона оптическая плотность раствора снижается в среднем до значений порядка 0,06, а при обработке препаратами в максимальных дозах такого снижения оптической плотности не происходит, что показывает невозможность достижения необходимой очистки сточных вод при помощи данных препаратов.

### **Заключение**

По результатам проведенных исследований снижения окраски производственных сточных вод ОАО «Брестский чулочный комбинат» обработкой озоном в сравнении с использованием метода очистки с помощью препаратов «Redutex BOR» и «Redutex RAP» было установлено, что в отличие от данных препаратов озон позволяет достичь требуемой степени очистки по степени разбавления 1:20. Необходимая доза озона для достижения данной степени очистки составила около 14 мг/л для трехкратно разбавленных сточных вод. Соответственно можно ожидать, что для неразбавленного стока потребуется доза озона порядка 40...50 мг/л, что является сравнительно высокой дозой озона, поэтому необходимо продолжить исследования в направлении снижения дозы озона для достижения требуемой степени очистки. Однако, в настоящее время, адекватной альтернативы для снижения окраски данного вида стока не имеется.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

*Житенев Б.Н., Бульская И.В.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ; Бульская И.В. – магистрант кафедры ВВиОБР, УО БрГТУ.*

The article gives an overview of purification of natural waters and sewage by methods of advanced oxidation technologies. The mechanisms of photocatalysis with titanium dioxide and photo-Fenton processes and the results of research on wastewater treatment of paper mill are described.

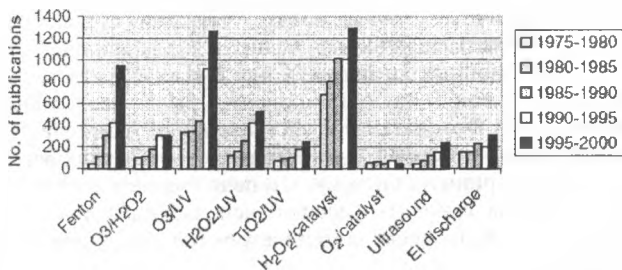
В настоящее время все большее влияние на состояние поверхностных и подземных источников водоснабжения оказывают антропогенные загрязнения, поступающие в водоемы с атмосферными осадками поверхностным стоком и сточными водами. Наиболее весомый вклад вносят сточные воды, особенно сточные воды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, в состав загрязнений которых входят тысячи веществ различного происхождения и природы.

В результате развития химической индустрии за последние годы синтезировано большое количество органических соединений, которые по способности окисляться под воздействием естественных природных процессов можно разделить на стойкие, трудноокисляемые и легкоокисляемые. Следует отметить, что приведенная классификация весьма условна, поскольку множество факторов определяют скорость и глубину деструкции органических веществ.

Очевидно, что традиционные методы не всегда справляются со все возрастающими объемами и характером загрязнений сточных вод, поэтому перспективным является направление усовершенствования существующих, либо развитие новых более эффективных методов, что позволит снизить экономические затраты и разрешить ряд экологических проблем. Все большую актуальность приобретает концепция «оборотного водоснабжения», которая позволила бы предприятиям не забирать из источников водоснабжения большие объемы воды, а использовать производственную сточную воду после ее глубокой очистки. Однако осуществление на практике такого рода процессов возможно только при наличии высокоэффективных технологий очистки воды. В последнее время приобретает все большее внимание исследователей использование редокс-систем, в которых происходит образование радикалов ОН.

В литературе эти процессы упоминаются как «передовые окислительные процессы (ПОП)», «продвинутое окисление», «улучшенные окислительные технологии», «глубокое окисление». Радикалы ОН имеют более высокий окислительный потенциал. Поэтому они оказываются фактически универсальным окислителем, для многих веществ константа скорости реакции с радикалами ОН по крайней мере в миллион раз больше, чем с озоном. Примерами таких окислительных процессов могут служить:  $UV$ ,  $O_3$ ,  $UV/TiO_2$ ,  $O_3/Fe^{2+}$ ,  $O_3/H_2O_2$ ,  $O_3/UV$ ,  $UV/H_2O_2$ ,  $H_2O_2/Fe^{2+}$ ,  $H_2O_2/Fe^{2+}/O_3$ ,  $UV/H_2O_2/O_3$ ,  $H_2O_2/Fe^{2+}/UV$  и  $O_3/UV/H_2O_2/Fe^{2+}$ .

Сферы применения ПОП могут быть весьма разнообразными, и интерес к ПОП в научном мире заметно возрос за несколько последних десятилетий (см. Рис.1). [1,2]



**Рисунок 1 –**  
**Число публикаций,**  
**касающихся ПОП,**  
**за период с 1975 г.**  
**по 2000 г.**

Множеством исследований доказано, что, например, при помощи фотокатализа с диоксидом титана большинство органических хлорпроизводных, пестицидов, гербицидов, поверхностно-активных веществ и красителей могут быть полностью окислены до нетоксичных веществ, таких как диоксид углерода, соляная кислота и вода. В 1998 году Агентство защиты окружающей среды США (US Environmental Protecting Agency) составило список из более 800 молекул, которые можно разрушить данным способом. [3]

Во многих регионах проблемой является загрязнение поверхностных и грунтовых вод химикатами (пестицидами, гербицидами и инсектицидами), используемыми в сельском хозяйстве. Большинство таких химикатов являются высокотоксичными веществами и негативно влияют на окружающую среду. Кроме того, многие из них, а также их производные, образующиеся в естественной природной среде, являются канцерогенами, и даже в небольших количествах опасны для человека. Поверхностные и грунтовые воды – это основные источники пресной питьевой воды во многих регионах, поэтому проблема загрязнения таких вод тесно связана с проблемой качества питьевой воды. Согласно Техническому отчету 1999 года Европейского агентства окружающей среды (European Environment Agency), производные триазина и мочевины являются двумя наиболее распространенными типами пестицидов в грунтовых водах Европы (обнаруживаются в более чем 50% проб) [4].

Проблема очистки воды от пестицидов может быть успешно разрешена при помощи ПОП. Многие окислительные процессы используются для этой цели, включая процессы фотохимической деградации загрязнителей (UV/O<sub>3</sub>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), фотокатализ (TiO<sub>2</sub>/UV, Photo-Fenton's reagent), и процессы химического окисления (O<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>). Так, например, использование O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> снижает концентрацию триазинов на 95%. К сожалению, такая очистка приводит к образованию ряда нежелательных побочных продуктов [4,5].

Другие ПОП, такие как фотокатализ с диоксидом титана или Фентон-реакция, не имеют токсичных побочных продуктов и могут быть успешно использованы для очистки воды от пестицидов. Эффективность такой очистки так же очень высока.

Из-за повсеместного использования органических соединений в современном обществе практически любые сточные воды, содержащие бытовые или промышлен-

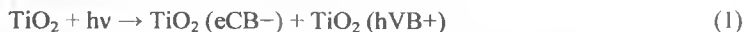
ленные отходы, содержат разнообразные органические компоненты. Некоторые из этих компонентов могут вызывать нарушения в эндокринной системе, поэтому сброс таких компонентов без соответствующей очистки представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Широкий спектр таких компонентов зафиксирован в различных сточных водах. Адекватная степень очистки от органических веществ, вызывающих нарушения в эндокринной системе, не достигается за счет традиционных химических или биологических методов. Поэтому для очистки сточных вод от таких компонентов была исследована эффективность различных ПОП. Фотокатализ и ультразвуковое окисление показали высокую эффективность в очистке сточных вод от органических веществ, негативно влияющих на эндокринную систему. Степень очистки достаточно высока, и поэтому эти методы могут быть успешно использованы для очистки сточных вод, которые могут быть впоследствии вторично использованы для промышленных целей [6].

Эффективно использование ПОП и для очистки сточных вод. Фотокатализ с диоксидом титана или различные типы Фентон-реакции (фото-, термо-) могут быть успешно использованы для понижения биологического и химического потребления кислорода (БПК и ХПК), то есть для снижения концентрации органических загрязнителей. Многочисленные исследования показывают, что использование ПОП наиболее рационально для сточных вод с не очень высокими значениями ХПК и БПК, содержащих тяжело поддающиеся биологической очистке органические компоненты [1,4.]

Двумя наиболее часто используемыми ПОП являются фотокатализ с диоксидом титана и фото-Фентон-реакция.

TiO<sub>2</sub> – фотокатализатор, широко используемый в виде суспензии или закрепленным на основе. Он имеет невысокую стоимость, нетоксичен, фотостабилен в широком интервале pH, подходит для применения на промышленном уровне, к тому же его легко отделить от сточной воды после процесса очистки и можно использовать снова. pH раствора влияет на процесс фотокатализа – pH модулирует заряд катализатора, а следовательно, влияет на адсорбцию загрязнителя и агрегацию частиц [7].

Фотокаталитическая реакция происходит, когда полупроводник (фотокатализатор TiO<sub>2</sub>) активируется светом. Энергия световой радиации должна быть равной или большей, чем та энергия, которая необходима для создания запрещенной энергетической зоны (для TiO<sub>2</sub> 3.2eV), что соответствует абсорбции длины волны более 390 нм. Один электрон переносится из валентной зоны (образуя положительно заряженные дыры) в проводящую зону.



Впоследствии есть несколько возможных путей реакции, с участием адсорбированных на поверхности катализатора загрязнителей и позитивно заряженных «дыр», где загрязнители окисляются. «Дыры» могут прямо окислять загрязнитель, либо реагировать с адсорбированной водой и гидроксид-ионами, приводя к образованию ОН-радикалов. ОН-радикалы являются главным окислителем в системе.



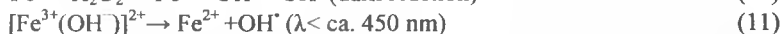
Загрязнитель + hνB<sup>+</sup> → окисленные или минерализованные продукты (2)



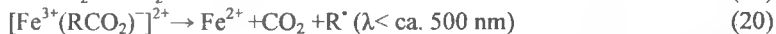
С другой стороны, электрон может восстанавливать адсорбированный кислород, образуя ОН радикалы, пероксид водорода, а, следовательно, дополнительные ОН-радикалы.

Кроме того, пероксид водорода может абсорбировать свет прямо и образовывать ОН-радикалы даже в отсутствии катализатора. Добавление пероксида увеличивает эффективность фотокаталитического процесса [7,8].

Существуют доказательства, что окислителями в реакционной системе фото-Фентон-процесса являются гидроксил-радикалы (ОН) и железо в высоких степенях окисления ( $Fe^{3+}(OH)^{2+}$ ,  $Fe^{4+}$ ,  $Fe^{4+}=O$ ,  $Fe^{5+}=O$ ). Реакции образования окислителей, ответственных за прямую атаку органических соединений, могут быть записаны следующим образом:



Реакции, приводящие к минерализации органических соединений (RH), при помощи ОН могут быть записаны следующим образом:



Эффективность фото-Фентон-процесса зависит от начального рН, начальной концентрации пероксида водорода, отношения концентраций пероксида и железа (II), температуры [8].

Оба рассмотренных процесса находят широкое применение в очистке воды от различных загрязнителей, однако при очистке сточных вод с высокими значениями БПК и ХПК, эффективность фотокатализа с диоксидом титана несколько снижается за счет рассеивания света из-за мутности таких сточных вод, поэтому фотокатализ с диоксидом титана рекомендуется использовать как дополнительный метод после основной биологической очистки (рисунок 2) [1].

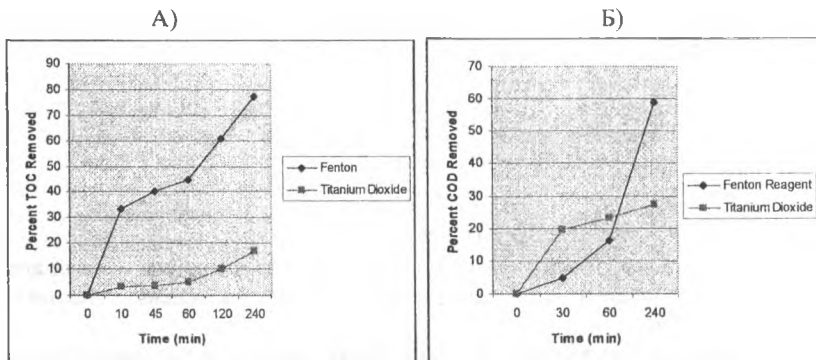


Рисунок 2 – Сравнение удаления общего растворенного углерода (А) и ХПК (Б) в эксперименте с фото-Фентон-реакцией и  $TiO_2$  при очистке сточных вод бумажной фабрики

ПОП имеют несколько общих недостатков, таких как высокая реакционная способность радикалов ОН со всеми восстановителями в воде, подвергаемой очистке, наличие относительного большого для некоторых процессов числа гидрофобных продуктов и ограниченные знания о токсичности некоторых побочных продуктов процессов. Однако в целом ПОП представляют весьма перспективную технологию, на основе которой могут быть развиты экологически и экономически эффективные методы очистки воды. В настоящий момент уже существует ряд опробованных на промышленном уровне технологий, с использованием ПОП, показавших высокую эффективность, поэтому дальнейшие разработки в данной области приобретают все большую актуальность [2,9].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Oxidative treatment of paper mill effluent by  $TiO_2$  photocatalysis or photo-fenton reagent, K. Fytianos, I. Bulskaya, E. Bizany, Proceedings of the 11<sup>th</sup> international conference on environmental science and technology, Chania, Crete, Greece, 2009.
2. Applications of advanced oxidation processes: present and future H. Suty, C. De Traversay and M. Cost, Anjou Recherche-Vivendi Water, Chemin de la Digue, BP 76 F-78603 Maisons-Laffitte Cedex, France
3. Solar photocatalysis: a clean process for water detoxification D. Roberta, S. Malato, The Science of the Total Environment 291 (2002) 85–97, 2002 Elsevier Science B.V.
4. Applications of advanced oxidation processes: present and future H. Suty, C. De Traversay and M. Cost Water Science and Technology Vol. 49 No 4 pp 227–233, 2004, IWA Publishing
5. Review paper pesticide chemical oxidation: state-of-the-art S. CIIRON, A. FERNANDEZ-ALBA, A. RODRIGUEZ and E. GARCIA-CALVO, Water Research Vol. 34, No. 2, pp. 366-377, 2000, Elsevier Science Ltd., Great Britain.
6. Review on endocrine disrupting-emerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse V. Belgiorno, L. Rizzio, D. Fatta, C. Della Rocca, G. Lofrano, A. Nikolau, V. Naddeo, S. Meric, Desalination, 215 (2007) 166–176
7. Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation–flocculation followed by heterogeneous photocatalysis Angela Claudia Rodrigues, Marcela Boroskia, Natalia Sueme Shimada, Juliana Carla Garcia, Jorge Nozaki, and Noboru Hioka, Brazil Available online 12 July 2007. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry Volume 194, Issue 1, 5 February 2008, Pages 1-10
8. Photochemical Purification of Water and Air, Advanced Oxidation Processes: Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts, T. Oppenlander, Wiley-VCH, Germany, 2003.
9. Photocatalysis with solar energy at a pilot-plant scale: an overview Sixto Malato, Julian Blanco, Alfonso Vidal, Christoph Richter, Applied Catalysis B: Environmental, 37 (2002) 1–15.

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. БРЕСТА

*Кароза С.Э.*

*Учреждение образования «Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, [zoology@brsu.brest.by](mailto:zoology@brsu.brest.by)*

The results of studies of the effects of various factors on the situation sewage sludge in Brest are provided in the article. The influence of ratio volume of return activated sludge and waste water, oxygen concentration and effluent of various enterprises have been studied there. The recommendations have been developed on improvement of sewage treatment plants.

### **Введение**

Повышение темпов урбанизации ведет к закономерному увеличению объемов потребляемой воды и, соответственно, количества бытовых и промышленных стоков. Они поступают на очистные сооружения, где очищаются до заданных показателей и сбрасываются после естественной доочистки в биопрудах в реки. Наиболее значимой стадией дезинтоксикации стоков является биологическая очистка в аэротенках при помощи комплекса прокариотических и эукариотических организмов, которые образуют искусственный биоценоз активного ила. Его состав индивидуален для каждого очистного сооружения, так как он зависит и от объемов стоков, и от соотношения различных химических веществ в них [1]. При нормальной работе очистных сооружений этот искусственный биоценоз является достаточно устойчивым.

Но в определенных критических условиях устойчивость такого биоценоза может нарушаться, что проявляется во вспухании ила, его выносе из вторичных отстойников в биопруды и ухудшении качества очистки воды. В последнее время это спорадически происходит на очистных сооружениях г. Бреста. Причины этого явления могут быть разными, и точно определить их сложно, так как стоки разных источников смешиваются, и суммарный состав даже в течение суток может сильно изменяться [2].

### **Цели и задачи исследования**

Целью исследований было определение возможных причин спорадического ухудшения состояния активного ила очистных сооружений г. Бреста и разработка рекомендаций по улучшению работы этих предприятий.

Для этого были поставлены следующие задачи: провести гидробиологический анализ текущего состояния активного ила; экспериментально проверить влияние соотношения возвратного активного ила и сточных вод и условий аэрации; определить влияние сточных вод различных предприятий г. Бреста на состояние активного ила; определить химический состав стоков предприятий для выявления наиболее токсичных веществ.

## Объекты и методы исследования

Для гидробиологического анализа нативных препаратов активного ила использовали методы микроскопии раздавленной капли объемом 0,1 мл и окрашенных препаратов с помощью светового бинокулярного микроскопа «Микмед-1». Определение видового состава прокариот и эукариот проводили как с помощью общебиологического, так и специализированного определителя [3, 4]. Регистрацию объектов проводили с помощью цифровой фотокамеры «Nicon Coolpix 4500» с микрофотонасадкой. Иловой индекс и скорость оседания определяли в цилиндре объемом 500 см<sup>3</sup>. Визуально оценивали вид и прозрачность надосадочной жидкости [5]. Иловой индекс вычисляли по формуле:  $I = V/d$ , где  $I$  – иловой индекс, см<sup>3</sup>/г;  $V$  – объем осадка, см<sup>3</sup>;  $d$  – масса сухого осадка, г. Дозу ила рассчитывали исходя из общего объема сухого осадка в пробе. Для оценки состояния ила определяли частоту встречаемости отдельных видов организмов на 1 дм<sup>3</sup> и на 1 г. сухого веса активного ила.

Для оценки влияния сточных вод отдельных предприятий в сосуды емкостью 8 л помещали смесь активного ила и сточных вод в соотношении 1 : 2. В эксперимент брали 1,17 дм<sup>3</sup> активного ила и 2,34 дм<sup>3</sup> изучаемых проб сточных вод. Смесь азрировали при помощи аквариумного компрессора Оху Boost APR-300 сутки, так как это согласуется с реальным временем пребывания сточных вод в аэротенках и отстойниках.

## Результаты и обсуждение

Для разработки методики регенерации активного ила были поставлены опыты по регенерации кислородом при отсутствии нагрузки и при смешивании ила со сточными водами. Анализ ила проводился через 1, 2, 5, 7 суток после постановки эксперимента. Его результаты показали, что наибольшая разница проявилась на пятые сутки. Регенерация только возвратного активного ила, без добавления сточных вод, привела лишь к незначительному улучшению его состояния: количество бактериальных нитей уменьшилось, ил приобрел чуть коричневатый цвет, но хлопья ила остались рыхлыми, неструктурированными. Видовое разнообразие составило 12 видов, но численность беспозвоночных была мала. А регенерация ила со стоками в соотношении 3 : 1 заняла меньше времени и оказалась более результативной. Серобактерии практически исчезли, ил структурировался – хлопья стали плотные, темные, видовое разнообразие повысилось: появились зооглеи, Epistylis, круглые и кольчатые черви. Стали преобладать кольчатые черви – аэлозоны, хорошо минерализующие и уплотняющие активный ил. Иловой индекс понизился в 2,96 раза. Таким образом, произошло улучшение состояния ила, однако прирост иловой массы оказался недостаточным.

Результаты оценки влияния стоков предприятий на состояние активного ила оказались неоднозначными. В первой серии активный ил на начальном этапе имел серо-коричневый цвет, седиментационные свойства были немного ниже средних значений (27% осадка), доза была низкой (1,22 г/дм<sup>3</sup>), а иловой индекс (221,3 см<sup>3</sup>/г) выше нормы (60-150 см<sup>3</sup>/г) [6]. Видовое разнообразие составило 14 видов.

После суток культивирования со сточными водами доза ила изменилась незначительно: стоки завода ЖБК и «Савушкина продукта» снизили ее до 1,1 и 1,18 г/дм<sup>3</sup>, а стоки остальных предприятий увеличили: «Агротранс» – 1,32, локомотивное депо – 1,46, «Брестское пиво» – 1,64 (табл.). Седиментационные свойства изменились сильнее, и объем осадка составлял: «Брестское пиво» – 85% (хлопья очень рыхлые, неструктурированные), локомотивное депо – 52%, «Савушкин продукт» – 51%, «Агротранс» – 30%, завод ЖБК – 22%. Максимальное возрастание илового индекса, намного превышающее норму, отмечено для «Брестского пива» (518,3 см<sup>3</sup>/г), «Савушкина продукта» (432,2 см<sup>3</sup>/г) и локомотивного депо (356,2 см<sup>3</sup>/г). На стоках «Агротранса» этот показатель практически не изменился с начала опыта (227,2 см<sup>3</sup>/г), а на стоках завода ЖБК даже улучшился (200 см<sup>3</sup>/г), хотя еще и не достиг нормы.

**Таблица – Видовой состав и численность гидробионтов в циркуляционном активном иле и в опытных смесях со сточными водами предприятий**

№ п/п	Представители биоценоза	Численность гидробионтов на 1 г сухого ила, экз.					
		Начало опыта	Культивирование смеси ила и сточных вод в течение суток				
			Активный ил	Завод ЖБК	«Брестское пиво»	«Савушкин продукт»	«Агротранс»
1.	<i>Thiothrix</i>	870	640	960	1120	720	530
2.	<i>Zooglea ramigera</i>	680	780	1260	740	560	460
3.	<i>Vorticella convalaria</i>	980	1040	430	340	870	1040
4.	<i>Vorticella microstoma</i>	640	750	280	430	460	520
5.	<i>Aspidisca costata</i>	1240	1130	870	960	1170	990
6.	<i>Pamphagus hyalinum</i>	-	95	-	-	-	-
7.	Коловратки	124	340	-	-	230	-
8.	Цисты	-	-	495	420	120	80
9.	<i>Zooflagellata б/цв</i>	1360	1020	1680	1730	990	1220
10.	<i>Lionotus lamella</i>	-	-	143	-	-	230
11.	<i>Arcella vulgaris</i>	430	620	1460	1115	520	390
12.	<i>Opercularia sp.</i>	-	-	-	-	-	80
13.	<i>Stylonychia</i>	140	220	-	-	110	80
14.	<i>Gymnamoeba</i>	-	-	-	220	-	-
15.	<i>Vorticella campanula</i>	-	110	-	-	90	-
16.	<i>Colpidium sp.</i>	230	310	160	84	180	160
17.	<i>Euplotes sp.</i>	255	-	-	95	-	80
18.	<i>Amoeba viridis</i>	160	-	240	-	120	130
19.	<i>Paramecium bursaria</i>	320	-	-	-	-	260
20.	<i>Paramecium caudatum</i>	-	-	-	-	-	-
21.	<i>Epistylis plicatilis</i>	370	260	240	-	220	-
22.	<i>Podophrya fixa</i>	-	86	-	-	-	-
23.	<i>Nematodes sp.</i>	-	86	-	-	-	-
24.	<i>Sphaerotilus natans</i>	-	-	460	230	-	-
25.	Видовое разнообразие	14	15	13	12	14	15
	Иловой индекс, см <sup>3</sup> /г	221,3	200,0	518,3	432,2	177,4	162,2
	Доза ила, г	1,22	1,1	1,64	1,18	1,32	1,46

На видовой состав наиболее неблагоприятное действие оказали стоки предприятий «Савушкин продукт» и «Брестское пиво». На стоках первого увеличилась численность нитчатых бактерий и зооглейных форм, раковинных амёб и уменьшилось количество прикрепленных инфузорий, количество видов снизилось до 13. Это может объясняться или более высокой дозой органических веществ, или воздействием специфических токсикантов. Аналогичные изменения, но выраженные слабее, произошли и на стоках «Савушкин продукт». На стоках остальных предприятий значительных изменений видового состава не произошло, количество видов не изменилось или даже увеличилось до 15 на стоках локомотивного депо и завода ЖБК. Возможно, это говорит о хорошей способности ила перерабатывать небольшие дозы нефтепродуктов.

Во второй серии опытов активный ил на начальном этапе также имел сероватый оттенок. Он оседал достаточно быстро, но неполно (осадок составлял 14,2% исследуемого объема), надосадочная жидкость содержала много хлопьев. Доза ила была очень низкой (0,48 г/дм<sup>3</sup>), иловый индекс был высоким – 295,8 см<sup>3</sup>/г и тоже не укладывался в норму. Видовое разнообразие составляло только 11 видов.

После суток культивирования со сточными водами доза активного ила также изменилась незначительно: стоки «Хлебопродукта» и автобусного парка вообще не изменили ее (0,48 г/дм<sup>3</sup>), а стоки БЭМЗа увеличили до 0,54 г/дм<sup>3</sup>. Седиментационные свойства улучшились во всех пробах, и объем осадка после 30 мин составлял: БЭМЗ – 10,4 %, «Хлебопродукт» – 11%, автобусный парк – 10,4%. В результате улучшился и иловый индекс: БЭМЗ – 192,6 см<sup>3</sup>/г, «Хлебопродукт» – 229,2 см<sup>3</sup>/г, автобусный парк – 216,7 см<sup>3</sup>/г. Ни в одной из проб анализируемые показатели не достигли нормы, что связано с очень плохим исходным состоянием возвратного активного ила из вторичных отстойников, что было хорошо заметно даже визуально (ил был вспухшим с низкой плотностью).

Видовой состав изменился незначительно. Во всех пробах количество видов увеличилось, что может объясняться хорошими условиями аэрации и отсутствием отрицательного влияния стоков данных предприятий на микроорганизмы биоценоза. Даже стоки автобусного парка с визуально высоким содержанием нефтепродуктов были переработаны, и состояние ила при этом улучшилось по сравнению с исходным.

В пробах сточных вод «Савушкин продукт» было обнаружено наличие толуола, неионогенных СПАВ, гидроксикарбоновых соединений, а «Брестское пиво» – только толуол.

### **Выводы**

1. Для нормальной регенерации активного ила необходимо соотношение возвратного ила и стоков не менее 2 : 1 и усиление аэрации.

2. Наиболее токсичными для активного ила из исследованных нами были стоки предприятий «Савушкин продукт» и «Брестское пиво», но установить однозначную связь между содержащимися в них органическими соединениями и токсичностью не удалось.

3. Для улучшения работы очистных сооружений необходима реконструкция с увеличением объема аэротенков и возрастанием мощности компрессорной станции.

### Список использованных источников

1. Голубовская, Э.К. Биологические основы очистки воды / Э.К. Голубовская. – М.: Высшая школа, 1978. – 268 с.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с азотенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 241 с.
4. Фауна азотенков (Атлас) / Л.А. Кутикова [и др.]; под ред. Л.А. Кутиковой. – Л.: Наука, 1984. – 264 с.
5. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. ГОСТ 17.4.4.02-84. – Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
6. Методика проведения технологического контроля работы очистных сооружений городских канализаций. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. – 229 с.

УДК 59:595.768

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В ЗАМКНУТЫХ ВОДОЕМАХ ПО СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ГИДРОБИОНТОВ

*Климец Е.П., Мартысюк И.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, [inna41@TUT.BY](mailto:inna41@TUT.BY)*

The lead estimation of a condition of populations water organisms (*Viviparus viviparus*, *Rana esculenta* and *Salvinia natans*) the closed reservoirs of city of Brest and his vicinities on a level morphological and genetic a homeostasis has shown, as the investigated kinds are markers of quality of water, and stability of development of these kinds criterion of a level of pollution of a reservoir.

### Введение

Использование водных источников должно предусматривать прежде всего оценку качества воды в нем. В настоящее время антропогенное воздействие на водные экосистемы проявляется не только в сбросе сточных вод, но и в виде «вторичного загрязнения», которому особенно подвержены мелководные участки с замедленными процессами водообмена. «Вторичное загрязнение» приводит к резкому повышению уровня трофии, во много раз ускоряя тем самым естественное развитие водоемов.

В процессе сельскохозяйственного производства в природные экосистемы вносятся в больших количествах различные химические соединения. Токсическое действие пестицидов на водные экосистемы проявляется в разнообразных формах, из которых наиболее серьезными, видимо, являются кумуляция токсических веществ в органах и тканях гидробионтов и передача их по трофическим цепям. Это представляет собой реальную опасность как для воспроизводства биологических ресурсов водосмов, так и, в конечном счете, и для здоровья человека [1, с. 61].

При всей важности различных подходов (физические, химические и др.) к оценке состояния любой экосистемы приоритетной является биологическая. Все многообразие воздействий, содержание различных веществ и их концентрацию в водном источнике определить довольно сложно, поэтому при комплексном воздействии факторов наиболее важным представляется получение интегральной информации посредством оценки состояния живых существ водоема.

Детальное изучение характера таких воздействий на гидробионтов представляет несомненный интерес, но изучены эти процессы пока недостаточно.

### Экспериментальная часть

Целью данного исследования было выяснение возможности использования некоторых видов гидробионтов для оценки качества воды в относительно замкнутых водоемах г. Бреста и его окрестностей. Нами оценивалась стабильность развития *Viviparus viviparus* по изменчивости количества меланиновых полос на последнем обороте раковины, собранных в старицах рек Мухавец (Брестская крепость, Суворовский мост) и Лесная (Выстычи). У лягушек гибридологического комплекса *Rana esculenta* учитывались изменчивость рисунка на дорзальной стороне тела, доля редких фенов, коэффициент асимметрии и частота эритроцитов с микроядрами. Сбор материала проводился в г. Бресте (микрорайон «Восток») и пригороде (Мошенка). Стабильность развития *Salvinia natans* оценивалась по морфологическим и биометрическим показателям (окраска надводных листьев, форма листовой пластинки, количество мутовок на главном побеге, количество боковых побегов первого порядка, ширина и длина надводных листьев). Сборы проводились в старицах р. Мухавец.

Результаты фенетического анализа выборок *Viviparus viviparus* показали, что они различаются не только разнообразием фенов, но и их частотами. В выборке «Суворовский мост» количество особей с тремя полосами на раковине минимально и составляет 42 %, а в выборках «Брестская крепость» и «Выстычи» их доля – более 70 %. Так как степень меланизации наружных покровов животных является маркером уровня загрязнения окружающей среды, можно предполагать, что в районе Суворовского моста степень загрязнения водного источника ниже, чем в двух других.

Данные по уровню морфогенетического гомеостаза лягушек гибридологического комплекса *Rana esculenta* в выборках Бреста и его окрестностей отражены в таблицах 1-3. Представленные материалы показывают, что в выборках города наблюдается большая стабильность морфогенетических параметров по сравнению с выборками окрестностей города. Это позволяет констатировать, что степень загрязнения в водоемах окрестностей Бреста выше, чем в старицах реки Мухавец.

**Таблица 1 – Статистические показатели фенетического разнообразия в выборках *Rana esculenta***

Выборки	Число морф (m)	Средний показатель внутрипопуляционного разнообразия	Доля редких фенов
Окрестности Бреста	9	4,125±0,08	0,08±0,027
Брест	8	2,7±0,15	0,325±0,046

**Таблица 2 – Величина показателей стабильности развития (средняя частота асимметричного проявления на признак) в выборках *Rana esculenta***

Выборки	N	X±m	Балл
Окрестности Бреста	25	0,61±0,02	4
Брест	25	0,46±0,018	1

**Таблица 3 – Частота эритроцитов с микроядрами в выборках *Rana esculenta***

Точка	N	X±m (%)
Окрестности Бреста	10	6,8±0,6
Брест	10	0,18±0,05



*Salvinia natans* – это редкий водный папоротник, который произрастает в старицах реки Мухавец. Наблюдения за этим видом в природных условиях (р-н Суворовского моста) позволило выделить шесть вариантов окраски надводных листьев: бледно-зеленую, голубо-зеленую, ярко-зеленую, темно-зеленую, коричнево-зеленую, коричневую. Изучение изменчивости окраски листьев в онтогенезе в природной среде и лабораторных условиях показало, что для молодых особей характерна голубо-зеленая окраска, а для старых, завершающих онтогенез – коричневая. Половозрелые особи имеют четыре варианта окраски надводных листьев: голубо-зеленую, желто-зеленую, ярко-зеленую и темно-зеленую. Изменчивы и такие параметры сальвинии, как длина и ширина надводных листьев, количество мутовок на главном побеге и количество боковых побегов первого порядка. Сравнение лабораторных выборок в контроле (содержание в отстоянной водопроводной воде) и эксперименте (содержание сальвинии в отстоянной водопроводной воде с добавлением фенола 5мг/л) показало, что в контроле преобладали особи с желто-зеленой окраской листьев, а в эксперименте наблюдались особи с листьями всех четырех окрасок, характерных для половозрелых форм, а также отмечены особи с коричнево-зеленой и коричневой окраской надводных листьев. Количество мутовок и количество боковых побегов меньше в эксперименте, чем в контроле. Вероятно, наличие особей с коричневой окраской листьев и уменьшенным числом мутовок боковых побегов являются показателями наличия загрязнителя в воде.

Анализ данных по всем трем изученным видам гидробионтов показывает, что выбранные нами виды для оценки качества воды являются маркерами качества воды в водоемах, а степень нарушений стабильности развития, как показателя уровня гомеостаза, может отражать степень загрязнения водного источника.

#### Список использованных источников

1. Жукова, Т.И. Некоторые реакции популяции озёрной лягушки на пестицидное загрязнение водоёмов / Т.И. Жукова, Б.С. Кубанцев, Т.Л. Бурлаченко // Сб. науч. трудов «Антропогенное воздействие на популяции животных». – Волг оград. Волгоградский пед. Институт, 1986. – 143 с.

УДК 628.15

### УЧЕТ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ УЧАСТКОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ДИАМЕТРОВ ТРУБ

**Козицин Т.В.**

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, РБ, kozitsint@yandex.ru*

*In the article the possibility of using method of marginal costs for determining the diameters of the water mains sections is analyzed. The appropriate calculations are given. A method of optimization of the water mains is offered.*

Одним из самых простых, но в то же время и одним из самых приближенных методов расчета систем распределения воды является метод подбора диаметров труб по предельным расходам. Предельные расходы определяют на основании более точных методов расчета для независимо работающих трубопроводов. На практике при применении данного метода удобно пользоваться таблицами для гидравлического расчета Ф.А. Шевелева, где приведены соответствующие данные.

Суть метода предельных расходов заключается в следующем. Если принять тот или иной стандарт на трубы, то для каждого из имеющегося диаметров в сортаменте можно найти такой расход, при котором данный диаметр станет экономически равноценным следующему диаметру. При сравнении двух конкурентных вариантов с экономической точки зрения более выгодным считается вариант, обладающий минимумом дисконтируемых затрат на строительство и эксплуатацию в течение расчетного срока эксплуатации.

При экономическом сравнении двух независимых трубопроводов дисконтированные затраты на единицу длины при одноставочном тарифе на электроэнергию выразятся уравнением:

$$ДЗ = K (1 + E)^{-1} + R \sum_{i=1}^{T-1} (1 + E)^{-i} + \frac{q \Delta h_{np}}{102 \cdot \eta} \cdot 24 \cdot 365 \cdot \gamma \cdot \sigma \cdot \sum_{i=1}^{T-1} (1 + E)^{-i}, \quad (1)$$

где  $K$  – сметная стоимость строительства единицы длины трубопровода диаметром  $d$ , руб./м;  $R$  – сумма годовых отчислений на ремонт и эксплуатацию, доли единицы;  $T$  – расчетный срок эксплуатации, годы,  $E$  – коэффициент дисконтирования;  $\Delta h_{np}$  – потери напора, м;  $q$  – расход по трубопроводу, л/с;  $\eta$  – КПД насосных агрегатов, доли ед.;  $\gamma$  – коэффициент неравномерности расходования электроэнергии;  $\sigma$  – стоимость энергии, руб./кВт·ч.

Из определения предельных расходов, используя формулу (1), получаем следующее выражение для двух смежных диаметров  $i$  и  $i+1$ :

$$q = \frac{(K_{i+1} - K_i) \left( 1 + R \sum_{i=1}^{T-1} (1 + E)^{-i} \right) 102 \cdot \eta}{(\Delta h_{np}^i - \Delta h_{np}^{i+1}) \cdot 24 \cdot 365 \cdot \gamma \cdot \sigma \cdot \sum_{i=1}^{T-1} (1 + E)^{-i}}. \quad (2)$$

Продолжительность расчетного срока эксплуатации для сравнения конкурентных вариантов была принята 25 лет,  $\gamma = 0.7$ ,  $\eta = 0.7$ . При выполнении расчетов было сделано допущение, что затраты на земляные и прочие работы для смежных диаметров равны, и поэтому они не учитывались. В расчет включены только рыночная стоимость трубы и налог на добавочную стоимость в размере 18%, а прочие затраты, зависящие от диаметра трубопровода, учтены в размере 10% от стоимости трубы. Результаты расчета сведены в таблицу 1.

**Таблица 1 – Предельные расходы для независимых работающих трубопроводов из труб ПЭ-63 (ПНД 273-79) ГОСТ 18599-2001 при  $\gamma = 0.7$  и  $\eta = 0.7$**

Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Цена 1мп трубы, руб.	Предельный экономический расход, л/с
110	97,4	8661	7,57
125	110,8	11147	10,4
140	124	14048	13,8
160	141,8	18275	18,8
180	159,6	23082	25,1
200	177,2	28676	32,4
225	199,4	36219	42,8
250	221,6	44755	55,5
280	248,2	55944	74,0
315	279,2	70862	97,7
355	314,8	89510	133
400	354,6	113960	176
450	399	144211	231
500	443,4	177778	302
560	496,6	222533	403
630	558,6	282206	—

Несмотря на то, что метод предельных расходов справедлив только для независимо работающих трубопроводов, его также применяют и для определения диаметров участков водопроводных сетей и трубопроводов с попутными отборами. Разберем, в чем состоит принципиальная разница между этими объектами.

Диаметры участков распределительных сетей определяются на основании минимума дисконтированных затрат на строительство и эксплуатацию. Эксплуатационные расходы при экономическом сравнении возможных вариантов зависят от затрат энергии насосной станцией на преодоление сил трения при движении воды по трубам.

В случае независимо работающего трубопровода затраты энергии насосной станцией на преодоление сил трения зависят только от величины транспортируемого расхода и от потерь напора по участку:

$$N_{\text{тр}} = \frac{q \cdot \Delta h_{\text{тр}}}{102 \cdot \eta} \quad (3)$$

где  $N_{\text{тр}}$  – затраты энергии насосной станцией на преодоление сил трения, кВт\*час;  $q$  – расход по трубопроводу, л/с;  $\Delta h_{\text{тр}}$  – потери напора на трубопроводе, м;  $\eta$  – коэффициент полезного действия насосной станции, доли единицы.

Рассмотрим работу трубопровода с попутными отборами (рисунок 1). Затраты энергии насосной станции на преодоление сил трения в этом случае зависят от подачи насосной станции и от суммы потерь напора на каждом участке:

$$N_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{нс}} \cdot \sum \Delta h_{\text{тр}}}{102 \cdot \eta} = \frac{Q_{\text{нс}} \cdot (\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4)}{102 \cdot \eta} = \frac{Q_{\text{нс}} \cdot \Delta h_1}{102 \cdot \eta} + \frac{Q_{\text{нс}} \cdot \Delta h_2}{102 \cdot \eta} + \frac{Q_{\text{нс}} \cdot \Delta h_3}{102 \cdot \eta} + \frac{Q_{\text{нс}} \cdot \Delta h_4}{102 \cdot \eta} \quad (4)$$

где  $Q_{\text{нс}}$  – расход, подаваемый насосной станцией, л/с;  $\sum \Delta h_{\text{тр}} = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$  – сумма потерь напора на каждом участке, м.

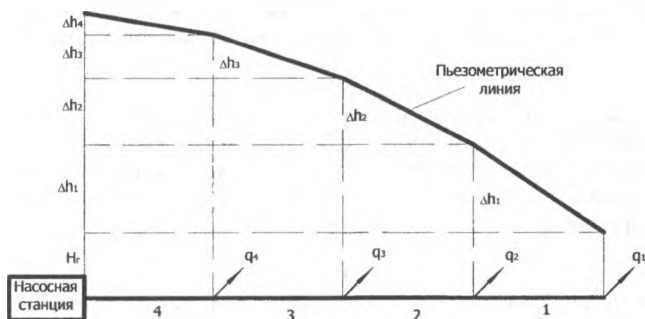


Рисунок 1 – Схема работы трубопровода с попутными отборами

В последнем выражении затраты энергии на преодоление сил трения представлены в виде суммы затрат энергии по всем участкам трубопровода. Из выражения (4) видно, что затраты энергии, связанные с эксплуатацией какого-либо участка трубопровода с попутными отборами, зависят от подачи насосной станции. Такие участки трубопровода называются зависимо работающими.

Из сравнения формул (3) и (4) видно, что затраты энергии на преодоление сил трения при эксплуатации  $i$ -того участка трубопровода с попутными отборами всегда больше в  $Q_{nc}/q_i$  раз, чем при эксплуатации независимо работающего трубопровода с тем же транспортируемым расходом и с теми же потерями напора.

Для водопроводных сетей необходимо так же дополнительно учитывать параллельность работы участков. Затраты энергии для водопроводной сети можно выразить следующей зависимостью:

$$N_{mp} = \frac{Q_{nc} \cdot \sum (x_i \cdot \Delta h_i)}{102 \cdot \eta} = \frac{Q_{nc} \cdot (\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_n)}{102 \cdot \eta} \quad (5)$$

$$= \frac{Q_{nc} \cdot x_1 \cdot \Delta h_1}{102 \cdot \eta} + \frac{Q_{nc} \cdot x_2 \cdot \Delta h_2}{102 \cdot \eta} + \dots + \frac{Q_{nc} \cdot x_n \cdot \Delta h_n}{102 \cdot \eta}$$

где  $x_i$  – фиктивный расход, который учитывает долю потерь напора  $i$ -того участка в общих потерях напора водопроводной сети.

Таким образом, затраты энергии на преодоление сил трения при эксплуатации  $i$ -того участка водопроводной сети всегда больше в  $\frac{Q_{nc} \cdot x_i}{q_i}$  раз, чем при эксплуатации независимо работающего трубопровода с тем же транспортируемым расходом и с теми же потерями напора.

Поскольку затраты энергии различны, то будут различными и расчетные диаметры. Поэтому метод предельных расходов для трубопровода с попутными и участков водопроводной сети будет давать неточный результат.

Для проверки данного утверждения был выполнен расчет трубопровода с попутными отборами. Согласно рассчитанным в таблице предельным расходам, были назначены диаметры участков сети. Далее была поставлена задача снижения затрат на строительство без увеличения эксплуатационных расходов.

Для каждого участка трубопровода было рассчитано, как изменятся величина потерь напора и стоимость трубопровода при увеличении диаметров на один сортмент. Имея такие данные, мы можем оценить, во сколько увеличатся капитальные затраты за счет уменьшения потерь напора на 1м на каждом участке по формуле:

$$j = \frac{K_{i+1} - K_i}{\Delta h_{i+1}^{exp} - \Delta h_i^{exp}} \quad (6)$$

Далее для каждого участка трубопровода было рассчитано, как изменятся величина потерь напора и стоимость трубопровода при уменьшении диаметров на один сортмент. Имея такие данные, мы можем оценить, сколько мы сэкономим капитальных затрат за счет увеличения потерь напора на 1м на каждом участке по формуле:

$$z = \frac{K_i - K_{i+1}}{\Delta h_{i+1}^{exp} - \Delta h_i^{exp}} \quad (7)$$

Анализируя полученные данные, можно увидеть, что увеличение диаметра на последнем участке связано с увеличением капитальных затрат на 0,7 млн. руб. на 1м уменьшения потерь напора. В то же время на первом участке уменьшение диаметра трубопровода приведет к уменьшению капитальных затрат на 11,8 млн. руб. на 1м увеличения потерь напора. Таким образом, увеличение диаметра трубопровода на десятом участке и уменьшение диаметров на первом участке приведут в целом к снижению капитальных затрат с 900,9 до 854,3 млн. руб., причем при снижении общих потерь напора (с 70,3м до 69,7м).

Действуя подобным образом, можно снизить для рассмотренного трубопровода капитальные затраты с 900,8 до 789,4 млн. руб., при сохранении исходных суммарных потерь напора.

Таким образом, неучет взаимного влияния в работе участков трубопровода и назначение диаметров труб по предельным расходам привели в рассматриваемом варианте как минимум к завышению капитальных затрат на  $\frac{900,8 - 789,4}{900,8} \cdot 100 = 12,4\%$ . Примерно такие же результаты были получены при расчете водопроводной сети.

УДК 628.29

### ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМОВ, НАПРАВЛЯЕМЫХ НА ОЧИСТКУ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Колобаев А. Н.\* , Новикова О. К.\*\**

\* Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, РБ, [aleftin@list.ru](mailto:aleftin@list.ru)

\*\* Учреждение образования «Белорусский государственный технический университет транспорта», г. Гомель, РБ, [olanov2007@mail.ru](mailto:olanov2007@mail.ru)

The article the recommendations of division of surface sewage and account of volume of submitted for treatment on the basis of developed "criterion of relative stabilization of quality of the surface sewage" has been given. After achievement of this criterion (as a critical layer of rain) the quality rain sewage is essentially reduced, and they can be disposal, passing sewage treatment plants. By accounts is established, that for various platforms of the agricultural machine building enterprises to clearing is exposed from 64 up to 72 % from volume of surface sewage for one year. The received results can be used as at designing and maintaining of sewage treatment plants, and for an estimation of anthropogenesis influence on natural water objects.

Для выбора рациональной схемы отведения дождевых сточных вод и определения расчетной производительности очистных сооружений немаловажным фактором является динамика смываемых загрязнений по ходу дождя. Авторами выдвинута гипотеза, что при снижении концентраций загрязняющих веществ по ходу дождя существует «точка перелома» или определенный предел, после которого концентрации загрязняющих веществ в дождевом стоке принимают сравнительно небольшие и устойчивые значения, сопоставимые с концентрациями загрязняющих веществ в выпадающих осадках. Критерием («относительной стабилизации качества дождевого стока») может служить объем поверхностного стока, достаточного для смыва основного количества загрязняющих веществ с единицы водосбора, или «критический слой активно используемых ат-

мосферных осадков». Предложено теоретическое выражение для определения критического слоя осадков в зависимости от водопроницаемости почв, их поглощающей способности, уклона местности и процента смываемых загрязнений [2]. Корректность предложенного выражения для численного определения вышеупомянутого критерия подтверждена специальными экспериментальными исследованиями на одном из предприятий сельскохозяйственного машиностроения. На основании этого критерия разработана излагаемая в настоящей статье методика расчета объемов поверхностных сточных вод, направляемых на очистку.

Согласно разработанным ФГУП «НИИ ВОДГЕО» рекомендациям [4], на очистные сооружения должна отводиться наиболее загрязненная часть поверхностного стока, которая образуется в периоды выпадения дождей, таяния снега и от мойки дорожных покрытий, в количестве не менее 70 % годового объема стока для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности, и всего объема стока с площадок предприятий, территория которых может быть загрязнена специфическими веществами с токсичными свойствами или значительным количеством органических веществ. По разработанным рекомендациям [4] величина слоя осадков, сток от которого подвергается очистке в полном объеме, определяется путем построения графика функции распределения вероятности суточного слоя жидких атмосферных осадков за теплый период года на основании данных многолетних наблюдений метеостанций за атмосферными осадками для конкретной местности и принимается равной суточному слою осадков от малоинтенсивных часто повторяющихся дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности, равной 0,05-0,1 года.

Таким образом, согласно вышеупомянутой методике величина суточного слоя осадков определяется только на основании статистических данных о количестве осадков за дождь из условия отведения на очистку не менее 70 % годового объема поверхностного стока, и не учитываются особенности площадок водосбора. В связи с этим результаты расчета являются укрупненными значениями для всех площадок, располагаемых в рассматриваемом городе.

Авторами данной работы предлагается производить расчеты для каждой площадки промышленного предприятия и определять объемы направляемых на очистку поверхностных сточных вод, с учетом относительной стабилизации качества дождевых сточных вод после выпадения критического слоя осадков.

По результатам ранее проведенных исследований [1, 2] рекомендуется направлять на очистку весь объем поверхностных сточных вод, образующихся в холодный период года, и наиболее загрязненную часть дождевых сточных вод (до достижения критического слоя осадков), образующихся в теплый период. Менее загрязненная часть дождевых сточных вод может использоваться на технологические нужды предприятия (в частности на подпитку оборотных систем водоснабжения), отводиться без очистки в городскую дождевую канализацию или (после нефтесборных устройств) в природные водные объекты.

При проектировании очистных сооружений учет относительной стабилизации качества дождевых сточных вод должен проводиться на основании специальных расчетов. Объемы поверхностных сточных вод в теплый и холодный период года определяются по рекомендациям, приведенным в инструкции [3].

Объем поверхностных сточных вод, поступающих на очистные сооружения в теплый период года, с учетом разработанных рекомендаций, предлагается определять по уточненной формуле:

$$W_{\text{д}}^{\text{оч}} = 10 \cdot h_{\text{д}}^{\text{оч}} \cdot k_{\text{д}} \cdot F, \quad (1)$$

где  $h_{\text{д}}^{\text{оч}}$  – среднееголетний слой осадков за теплый период года, мм, сток от которых подвергается очистке.

Среднееголетний слой осадков за теплый период года, сток от которых подвергается очистке  $h_{\text{д}}^{\text{оч}}$ , мм, предлагается определять в зависимости от «критерия относительной стабилизации качества дождевого стока» в виде критического слоя осадков  $H$  (рассчитывается по установленной ранее зависимости [1, 2] для каждой промплощадки), используя данные многолетних наблюдений за осадками для конкретной местности [4].

Среднееголетний слой осадков за теплый период года, сток от которых подвергается очистке, определяется по формуле:

$$h_{\text{д}}^{\text{оч}} = \sum_{i=1}^{k(h_k < H)} N_i \cdot h_{\text{ср}} + n_k \cdot H, \quad (2)$$

где  $N_i$  – число дней в теплый период года с суточным слоем осадков  $h_i \leq h < h_{i+1}$ ,  $N_i = n_i - n_{i+1}$ ;

$h_{\text{ср}}$  – среднесуточный слой осадков, мм,  $h_{\text{ср}} = \frac{h_i + h_{i+1}}{2}$  мм;

$n_k$  – число дней в теплый период года с суточным слоем осадков, превышающим расчетное критическое значение  $h > H$ ;

$H$  – критический слой осадков, мм.

На основании анализа расчетных данных слоя осадков, сток от которых подвергается очистке, установлена зависимость от критического слоя осадков и в пакете STATGRAPHICS Plus for Windows для некоторых городов РБ подобраны уравнения, описывающие функциональную зависимость  $h_{\text{д}}^{\text{оч}} = f(H)$  с коэффициентом корреляции  $R^2=0,97\dots0,99$

$$h_{\text{д}}^{\text{оч}} = a + b \cdot H + c \cdot H^2 + d \cdot H^3 + e \cdot H^4, H \in [0,1;20], \quad (3)$$

где  $a, b, c, d, e$  – числовые коэффициенты, для городов Республики Беларусь их значения приведены в табл.;

$H$  – критический слой осадков, мм,

**Таблица – Числовые коэффициенты**

Город	Коэффициенты				
	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$
Полоцк	2,63	83,72	-6,875	0,269	-0,0038
Минск	3,6	83,57	-7,01	0,277	-0,00397
Лида	2,48	81,48	-6,73	0,263	-0,00374
Гродно	2,25	79,12	-6,75	0,269	-0,00385
Брест	2,53	73,95	-6,17	0,244	-0,00349
Гомель	1,65	74,56	-6,55	0,27	-0,00397

На основании проведенных расчетов для предприятий сельскохозяйственного машиностроения Республики Беларусь определены объемы направляемых на очистку дождевых сточных вод в зависимости от специфических условий формирования качественных показателей поверхностного стока. Суммарный объем отведения на очистку поверхностных сточных вод составляет 64...72 % от общего годового объема поверхностных сточных вод, что соответствует отечественным и зарубежным нормам проектирования систем дождевой канализации. Однако предлагаемые расчеты позволяют дифференцировать объемы направляемых на очистку поверхностных сточных вод в зависимости от специфических условий площадок промышленных предприятий.

Таким образом, используя «критерий относительной стабилизации качества дождевого стока», можно более точно и обоснованно определить «критический слой осадков», по достижению которого концентрации загрязняющих веществ в дождевых сточных водах примут сравнительно невысокие и устойчивые значения, и объем дождевых сточных вод, который должен быть подвергнут очистке.

### **Заключение**

1. При проектировании и эксплуатации очистных сооружений поверхностных сточных вод необходимо учитывать крайне неравномерное распределение во времени их количества и особенно качества в летний период года.

2. Авторами разработана методика расчета объемов направляемых на очистку поверхностных сточных вод с учетом относительной стабилизации их качества (после выпадения критического слоя осадков) и типичного для рассматриваемого водосбора предприятия распределения количества дней в теплый период года с различными значениями слоя осадков.

3. Расчеты, применительно к территориям предприятий сельскохозяйственного машиностроения, показали, что на очистные сооружения должны направляться 64 – 72% годового объема поверхностных сточных вод (весь объем в холодный период года и наиболее загрязненная часть дождевых сточных вод, формирующихся в теплый период) в зависимости от специфических условий площадок предприятия.

### **Список использованных источников**

1. Колобаев, А.Н. Использование закономерностей формирования качества дождевых и талых вод с территории предприятий при их отведении и очистке / А. Н. Колобаев, О. К. Новикова // Строительная наука и техника: научно-технический журнал Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь – Минск, 2009. – № 4 (25). – С.67-71.

2. Колобаев, А.Н. Учет особенностей формирования качества поверхностного стока с территории предприятий сельскохозяйственного машиностроения при строительстве и эксплуатации очистных сооружений / А. Н. Колобаев, О. К. Новикова // Вестник БНТУ: научно-технический журнал / Белорусский национальный технический университет; главный ред. Ф. А. Романюк – Минск, 2009. – № 5. – С.12-17.

3. Об утверждении инструкции о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ от 29.04.2008 г. № 43.

4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Утверждено ФГУП "НИИ ВОДГЕО" от 28.12.2005г.

5. Справочник по климату Беларуси Ч. 2: Осадки – (Государственный кадастр по климату) / Государственный комитет по гидрометеорологии РБ – Минск, 1999. – 73 с.



## ПОКАЗАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ И СРАВНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ

*Лихацевич А.П.*

*Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации», г. Минск, РБ, niimel @ mail/ ru*

The similarity criteria of crop water regimes (indicator of atmospheric humidifying, indicator of soil humidifying, indicator of intrasoil moisture exchange, factor of a superficial drain) are determined on the basis of similarity theory with the use of  $\pi$ -theorem. It is given an example of similarity conditions evaluation of crop water regimes in different conditions.

При анализе особенностей формирования водных режимов растений и при их сравнении между собой используются *показатели водных режимов почв*. В соответствии с простейшей формой уравнения водного баланса полную характеристику водному режиму корнеобитаемого слоя почвы, справедливую для любых почвенно-климатических условий, в соответствии с теорией физического подобия ( $\pi$ -теоремой) можно дать с помощью четырех комплексных показателей, имеющих вид безразмерных соотношений. В них в качестве меры (величины, стоящей в знаменателе) служит показатель теплообеспеченности (характеристика иссушающей способности приземного слоя атмосферы), как функция приходящих тепло-энергетических ресурсов, значительная часть которых потребляется сельскохозяйственным полем (культурой) на водопотребление.

В качестве характеристики иссушающей способности атмосферы в зависимости от решаемой задачи могут использоваться:

- *потенциал испаряемости*, который эквивалентен теплоэнергетическим ресурсам климата (равен слою воды, который мог бы испариться при расходовании на процесс испарения всех тепловых ресурсов, всей энергии, приходящей к деятельной поверхности). Данный показатель был впервые введен в исследовательскую практику Э.М. Ольдекопом (1911) под названием «максимально возможное испарение» и позднее использовался В.С. Мезенцевым и его учениками в расчетах водно-теплового баланса части территории Российской Федерации. В Беларуси данный подход развивается в работах В.Е. Валуева, А.А. Волчека и ряда других авторов;

- *испаряемость*, под которой при данных погодных условиях понимается (по А.Р. Константинову) величина суммарного испарения луга или любой сельскохозяйственной культуры с сомкнутой вегетирующей массой (с сомкнутым травостоем) при оптимальных пищевом и водно-воздушном режимах корнеобитаемого слоя почвы. Испаряемость иногда называют потенциалом водопотребления фитоценоза;

- *максимальное суммарное испарение (максимальная эвапотранспирация, максимальное водопотребление)* растений, которое равно суммарному испарению конкретной сельскохозяйственной культуры при оптимальных пищевом и водно-воздушном режимах почвы. То есть, в отличие от испаряемости (потен-

циального водопотребления), здесь нет требования о сомкнутом травостое, а рассматривается суммарное испарение при фактическом состоянии вегетирующей массы, оптимальной влаговоздухообеспеченности корнеобитаемого слоя и требуемом пищевом режиме в любую фазу развития растений.

Испаряемость по величине никогда не может сравниться с потенциалом испаряемости (который эквивалентен теплоэнергетическим ресурсам климата), поскольку часть энергетических ресурсов, приходящих к поверхности земли (действительной поверхности), не расходуется на испарение, а тратится на теплообмен в атмосфере и почве. Именно на эту часть испаряемость меньше потенциала испаряемости. В свою очередь, максимальное суммарное испарение сельскохозяйственной культуры может быть численно равно испаряемости (в фазу вегетации с сомкнутой вегетирующей массой). Поэтому справедливо ограничение

$$E_m < E_0 < E_{p0},$$

где  $E_m$  — максимальное суммарное испарение (максимальная эвапотранспирация, максимальное водопотребление растений);  $E_0$  — испаряемость;  $E_{p0}$  — потенциал испаряемости.

Для приближенной оценки необходимости регулирования водного режима почвы служит *показатель атмосферного увлажнения* (территории, сельскохозяйственных земель, сельскохозяйственных культур)

$$\lambda_p = \frac{P}{Z}, \quad (1)$$

где  $P$ ,  $Z$  — атмосферные осадки и характеристика иссушающей способности приземного слоя атмосферы за расчетный период, соответственно.

Приведенное выше название соотношения (1) позаимствовано нами у Д.И. Шашко, как наиболее отвечающее физической сущности данного показателя. Вместе с тем для характеристики предложенных ранее подобных (1) соотношений использовались другие названия: гидротермический коэффициент (Г.Т. Селянинов), коэффициент увлажнения (Н.Н. Иванов), коэффициент влагообеспеченности (А.Н. Костяков), показатель зональности, показатель водообеспеченности (А.П. Лихацевич) и др.

Показатель (1) характеризует атмосферные условия. Причем отношение атмосферных осадков к потенциалу испаряемости характеризует водно-энергетический баланс территории и может использоваться для обобщенной оценки ее тепловодообеспеченности. Отношение атмосферных осадков к испаряемости показывает состояние водно-теплового баланса сельскохозяйственных земель. Отношение атмосферных осадков к максимальному суммарному испарению комплексно представляет тепловлагообеспеченность конкретной сельскохозяйственной культуры.

Почвенные условия характеризует *показатель увлажнения почвы*. Он представляет собой отношение диапазона изменения почвенных влагозапасов в корнеобитаемом слое за расчетный период к характеристике иссушающей способности атмосферы, в качестве которой в данном случае принимается либо испаряемость, либо максимальное суммарное испарение за тот же период

$$\lambda_w = \frac{\Delta W}{Z}, \quad (2)$$

где  $\Delta W$  — изменение содержания почвенной влаги в корнеобитаемом слое за расчетный период.

Показатель увлажнения почвы (2) зависит от водно-физических свойств почв и комплексно отражает почвенно-гидрологические условия, складывающиеся в корнеобитаемом слое в течение расчетного периода, применительно к сельскохозяйственным землям в целом (в знаменателе – испаряемость), либо к конкретной сельскохозяйственной культуре (в знаменателе – максимальное суммарное испарение).

Предложенный выше термин «показатель увлажнения почвы» появился не сразу. Сложность в терминологическом представлении физической сущности соотношения (2) состояла в том, что в условиях переувлажнения он зависит от влагоемкости почвы, а в условиях недостатка влаги – от переменного почвенного влагосодержания. Поэтому соотношение (2) называлось и «показателем почвенной влагоемкости», и «показателем влагосодержания почвы». Представленное здесь название объединяет эти термины и является наиболее общим.

Участие в водопотреблении сельскохозяйственных земель (или сельскохозяйственной культуры) внутрпочвенного влагообмена (между корнеобитаемым и нижележащими почвенными слоями и грунтовыми водами) характеризует *показатель внутрпочвенного влагообмена*

$$\lambda_V = \frac{V}{Z}, \quad (3)$$

где  $V$  – влагообмен между корнеобитаемым и нижележащими почвенными слоями (и грунтовыми водами) за расчетный период.

Четвертый комплексный показатель, используемый для оценки водных режимов почв, учитывает непродуктивную часть атмосферных осадков. Он равен относительным потерям (за пределы расчетной площади) атмосферных осадков на поверхностный сток, зависящим от морфологии подстилающей поверхности (уклона поверхности земли и его протяженности, типа почвы, ее сложения, наличия и вида растительности на ней и т.п.), и характеризует местные условия (в том числе степень эрозионной опасности дождя). В отличие от приведенных выше характеристик водных режимов почв, мерой данного показателя служат атмосферные осадки. Он соответствует *коэффициенту поверхностного стока*

$$\sigma = \frac{C_p}{P}, \quad (4)$$

где  $C_p$  – поверхностный сток за расчетный период.

Обобщающим комплексным показателем водно-теплового баланса растений является отношение фактического суммарного испарения к испаряемости

$$\lambda_E = \frac{E}{E_0}, \quad (5)$$

где  $\lambda_E$  – обобщающий комплексный показатель влагообеспеченности растений;  $E$  – фактическое суммарное водопотребление (эвапотранспирация, суммарное испарение) сельскохозяйственной культуры, включающее испарение с поверхности почвы и транспирацию воды растениями.

Отношение (5) часто называют *критерием влагообеспеченности растений*. Данный показатель служит в качестве обобщающей характеристики водного режима, складывающегося в зоне обитания растений (в почве и в приземном слое воздуха). С его помощью выполняется суммарная комплексная оценка текущей тепло-влагообеспеченности сельскохозяйственных культур.

Простейшее уравнение водного баланса можно выразить с учетом представленных выше комплексных показателей водных режимов почв

$$\lambda_E = \lambda_P (1 - \sigma) \pm \lambda_W \pm \lambda_V. \quad (6)$$

Как и обобщающий комплексный показатель влагообеспеченности растений (5) комплексные показатели водного режима почв (1)-(4) могут выступать в качестве критериев подобия водных режимов почв. Условие подобия водных режимов (водных балансов) почв, как и при гидравлическом моделировании, может быть представлено в стандартной форме

$$\lambda_P, \lambda_W, \lambda_V, \sigma = idem. \quad (7)$$

Условие подобия (7) читается следующим образом: при установлении подобия водных режимов (водных балансов) корнеобитаемого слоя почвы на двух участках должны попарно сравниваться и быть одинаковыми численные значения показателей атмосферного увлажнения, почвенного увлажнения, внутрпочвенного влагообмена и поверхностного стока.

Для подтверждения актуальности гидромелиорации обычно служит показатель атмосферного увлажнения сельскохозяйственных земель (1). В свою очередь комплексные показатели (2)-(4) используются при сравнении водных режимов почв и установлении их подобия с целью обоснованного распространения результатов лабораторных и деляночных опытов с модульного (опытного) участка на производственные площади, а также для оценки необходимости гидромелиорации сельскохозяйственных земель и при расчетах ее режимов.

Например, в соответствии с (7) установлено, что в одних погодноклиматических, морфологических и почвенно-гидрологических условиях подобие режимов орошения модульного и производственного участков имеет место, если соотношение их поливных норм численно равно соотношению продолжительностей поливных циклов

$$\frac{m}{m_O} = \frac{T}{T_O}, \quad (8)$$

где  $m$ ,  $m_O$  – нормы полива (нетто) для производственной площади и модульного (опытного) участка, соответственно;  $T$ ,  $T_O$  – продолжительности поливных циклов для производственной площади и модульного (опытного) участка, соответственно.

Также доказано, что постоянная по площади норма непромывного (экологически сбалансированного) полива в производственных условиях ограничивается минимумом

$$m = \min \left[ (W_{HB} - W_{III N}) \frac{T}{T + T_{1-i}} \right]. \quad (10)$$

где  $W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость;  $W_{III N}$  – предполивные влагозапасы почвы на последней ( $N$ -й) позиции по направлению продвижения поливного фронта (т.е. при завершении полива площади);  $T$  – продолжительность поливного цикла;  $T_{1-i}$  – продолжительность полива от 1-й до  $i$ -й позиции орошаемой площади по направлению продвижения поливного фронта.

Уравнение (8) является основополагающим не только при согласовании проектных режимов орошения производственной площади и модульного (опытного) участка, но и при определении размеров проектной и эксплуатационной норм полива, снижающихся по отношению к модульному участку на 30-50% с ростом продолжительности засухливых периодов.

## МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ ИЗ ПИТЬЕВЫХ ВОДОПРОВОДОВ

*Мичкова Т.С., Невзорова А.Б.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, РБ. [fokit88@mail.ru](mailto:fokit88@mail.ru)*

The purpose of the given work is carrying out of monitoring of quality of the potable water submitted to buildings on metal pipelines, laid in 70th years of the last century, for revealing change of parameters from normalized on SanPiN 10-124 RB 99 [1]. Also it is necessary to assess information results of researches. It is necessary to pay attention to harmlessness of potable water which should be harmless to health of the person, have good organoleptic parameters and it is suitable for economic – drinking processes.

### **Введение**

Приводятся результаты мониторинга показателей качества питьевой воды из питьевых водопроводов, расположенных в г. Гомеле, и подземного источника д. Уть Добрушского района, используемой для хозяйственно–питьевых нужд населения.

Качество питьевой воды, подаваемой централизованными системами водоснабжения, должно соответствовать санитарно–эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Вода, поступающая в систему городского водопровода, проходит тщательную очистку, и ее качество находится под строгим контролем (проверка по 130 химическим и биологическим параметрам). Однако, проходя длинный путь от станций очистки до потребителя, вода может загрязниться различными соединениями и микроорганизмами.

В Республике Беларусь постоянно проводятся научные разработки по совершенствованию действующих нормативно–методических документов, позволяющих улучшить существующую систему мониторинга качества питьевой воды при централизованном хозяйственно–питьевом водоснабжении (ЦХПВ). Так, разработаны и утверждены новые Санитарные нормы и правила 2.1.4.12-23-2006 «Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения», СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно–питьевого водоснабжения», «Инструкция по обеспечению контроля за качеством и безопасностью питьевой воды» 2.1.4.10-12-42 [2], [4], [3]. В них обновлена устаревшая терминология. Кроме того, в таблицу нормативов качества воды по СанПиН 2.1.4.12-23-2006 включена дополнительная графа, согласно которой с 2010 года они должны соответствовать нормативам для питьевой воды при централизованном хозяйственно–питьевом водоснабжении.

Цель работы – проведение мониторинга качества питьевой воды, подаваемой в здания по металлическим трубопроводам, проложенным в 70-х годах прошлого столетия, для выявления изменения показателей от нормируемых по СанПиН 10-124 РБ 99 [1].

### Результаты исследований

Обычно мониторинг качества питьевой воды во внутренней водопроводной сети зданий проводится собственником этих зданий или организацией (индивидуальным предпринимателем), осуществляющей эксплуатацию указанной сети. Данная работа выполнена по инициативе автора.

Объектом нашего исследования являлась питьевая вода, которая должна быть безвредна для здоровья человека, иметь хорошие органолептические показатели и быть пригодной для хозяйственно-питьевых процессов. Ее качества должны отвечать СанПиН 10-124 РБ 99 [1]. Отбор проб проводился в соответствии со стандартной методикой [4].

Результаты исследований и допустимые нормы приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Мониторинг гидрохимических исследований**

Наименование определяемого вещества, показателя	Допустимая норма	Проба					
		1	2	3	4	5	6
pH	6,5-8,5	6,8	7,15	7,35	7,3	7,75	7,85
Азот нитритный, мг/дм <sup>3</sup>	He > 0,025	0,028	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002
Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>	He > 1,2	6,79	0,70	0,96	0,57	0,79	0,56
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	He > 0,08	0,20	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	He > 500	23,3	11,2	8,6	25,1	14,2	22,3
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	He > 1000	563	302	320	407	447	413
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	He > 0,3	0,5	0,06	0,06	0,05	0,16	0,04

В результате проведенного мониторинга воды, взятой из шести различных источников, один из которых подземный (колонка), а остальные источники воды – трубопроводы, расположенные по ул. Мазурова, непосредственно на КПУП «Гомельводоканал» и из трёх корпусов БелГУТа, видно, что практически все показатели проб 2–6 соответствуют нормам. Вода является мягкой, содержание хлорид-ионов, сульфат-ионов, окисляемость воды находятся в пределах нормы.

Опишем более подробно проведенные исследования.

Проба 1 взята из подземного источника (колонки), расположенной в д. Уть Доббрушского района. Колонка предназначена для обеспечения водой отдельно стоящего частного жилого дома. Содержание pH, сульфатов, сухого остатка в норме, однако содержание азота нитритного превышает на 0,003 мг/дм<sup>3</sup>, азота нитратного – по сравнению с остальными пробами в 7–12 раз, фосфаты – в 3 раза и железо – на 0,233 мг/дм<sup>3</sup> допустимые нормы.

Проба 2 взята из трубопровода, проложенного по ул. Мазурова. Данный трубопровод подаёт воду в жилой многоэтажный дом для потребителей для хозяйственно-питьевых нужд. Показатели данной пробы находятся в норме.

Проба 3 взята из трубопровода, проложенного к КПУП «Гомельводоканал». Данный трубопровод подаёт воду на производство и для хозяйственно-питьевых нужд. Содержание азота нитритного немного превышает, однако, остальные показатели в норме.

Проба 4 взята из трубопровода, проложенного в БелГУТе в 1-м корпусе. Данный трубопровод подаёт воду для хозяйственно-питьевых нужд студентов и работников университета. Показатели данной пробы находятся в норме.

Проба 5 взята из трубопровода, проложенного в БелГУТе во 2-м корпусе. Все показатели в норме, кроме небольшого превышения содержания азота нитритного.

Проба 6 взята из трубопровода, проложенного в БелГУТе в 3-м корпусе. Показатели данной пробы находятся в норме.

При оценке результатов мониторинга азота аммонийного, нитритов и нитратов в каждом конкретном случае был взят ориентир не только на ПДК вышеуказанных веществ в воде, но и на возможность отличия уровня содержания этих ингредиентов от обычной их концентрации, характерной для воды в контрольных точках отбора проб и, прежде всего, перед поступлением в распределительную водопроводную сеть.

Установлено, что водопроводная вода, поступающая в БелГУТ, по своим органолептическим, химическим показателям, а также наличию ионов соответствует качеству, а значит, может быть использована в виде питьевой.

В то же время показатели качества воды пробы 1 во многом превышают допустимые нормы. Превышение содержания различных показателей говорит о том, что для воды нецентрализованного водоснабжения необходима дополнительная очистка от железа путем установки в местах водоразбора специальных фильтровальных блоков.

Несмотря на то, что мониторинг качества воды из питьевых водопроводов показал хорошие результаты, считаем необходимым дать следующие рекомендации потребителям. Так, при предварительном сливе воды из кранов в течение 10–15 минут, применяемом при отборе проб, согласно действующим нормативно-методическими документам, как правило, происходит полный её обмен во внутримодовых сетях. В связи с этим пробы воды, отбираемые в соответствии с вышеуказанными документами, в большей степени характеризуют качество питьевой воды на участке наружной распределительной водопроводной сети на вводе в здание, чем фактическое качество воды, употребляемой населением, во внутренней распределительной водопроводной сети здания.

Пробы воды, отобранные на исследование без сливания воды в течение 10–15 минут, в большей степени характеризует качество воды, употребляемое населением из внутренней распределительной водопроводной сети здания в период утреннего водоразбора.

Учитывая худшие показатели качества питьевой воды, полученной из квартирных водоразборов при отсутствии предварительного слива воды в течение 10–15 минут, можно в зависимости от конкретной санитарно-эпидемиологической обстановки рекомендовать населению не использовать непосредственно для питьевых целей и приготовления пищи без предварительного кипячения.

### **Заключение**

Таким образом, по результатам мониторинга подтверждается нормативное качество питьевой воды, поступающей из внутреннего водопровода зданий, расположенных в различных районах города Гомеля для хозяйственно-питьевых нужд. В то же время показано, что вода, добываемая из подземного источника (колонки) в сельской местности, требует дополнительной доочистки с применением специальных фильтровальных блоков до качества, удовлетворяющего нормативам питьевой воды.

### Список использованных источников

1. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: сб санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению: СанПиН 10 – 124 РБ 99. – Минск: Минздрав Респ. Беларусь, 2003. – 108 с.
2. Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения / В. И. Ключенович [и др.]: сборник официальных документов по коммунальной гигиене: СанПиН 2.1.4.12 – 23 – 2006. – Минск: Стройиздат, 2007. – 21 с.
3. Инструкция по обеспечению контроля за качеством и безопасностью питьевой воды 2.1.4.10 –12 – 42: утв постановлением Главного госсанврача РБ 22.11.2006 г. № 157 / С. Г. Позин [и др.]: сборник официальных документов по коммунальной гигиене. – Минск: Стройиздат, 2007. – 61 с.
4. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора: СТБ 1756 – 2007. – Взамен ГОСТ 2761 – 84 – Введ. 2007-11-01. – Минск: Изд-во «НИ РУП БелГИСС», 2007. – 13 с.

УДК 628.162

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ КОАГУЛИРОВАНИЕМ В ПРИСУТСТВИИ ФОСФАТОВ НА СВОЙСТВА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОСАДКОВ

*Науменко Л.Е.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, e-mail: lesheina@mail.ru*

Backwash waters which includes iron components is formed in a result of the operation the stations of iron removal of underground waters. Today the sludge unsets in the ground, polluting natural environment of Republic of Belarus and Polesie. The developed technology includes a treatment of backwash waters by reagent-precipitant  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  and coagulant reducing the concentration of iron compounds. These processes have a positive effect on the dehydration of sludge with mechanical dehydration constructions. It allows using sludge as the additives to building materials, pigments and for the manufacturing production of chemical coagulants.

### Введение

Важной задачей при обработке промывных вод станций обезжелезивания является не только их осветление и осаждение соединений железа, но и обезвоживание и утилизация образующихся осадков. При использовании традиционных сооружений по очистке промывных вод [1, 2], количество осадка достигает 3,0...5,0 % объема промывных вод [1, 3]. Железосодержащий осадок представляет собой высоковлажную массу веществ различной дисперсности, объединенных с помощью гидроксидных связей в единую пространственную структуру, образуемую мелкими аморфными хлопьями гидроксида железа. Основной составной частью сырого осадка является вода, которая достаточно плохо отделяется от твердой фазы.



В настоящее время из-за неэффективной работы сооружений повторного использования, промывные воды без очистки сбрасываются в водоемы, овраги, каналы либо в канализационные сети [4, 5], загрязняя окружающую среду соединениями железа. Поэтому процессам обезжелезивания и утилизации осадков не уделяется должного внимания.

На кафедре ВВОВР УО «БрГТУ» разработана технология очистки промывных вод коагулированием в присутствии фосфатов. Совместная обработка промывных вод реагентами фосфатом натрия и коагулянтом, например сульфатом алюминия, нарушает агрегативную устойчивость системы, нейтрализуя поверхностный заряд частиц, в результате чего примеси декантируются. При этом образуются коллоидные частицы  $\text{FePO}_4$ , обладающие очень низкой растворимостью, которые эффективно удаляются коагуляцией. Анионы  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ , образующиеся при гидролизе фосфата натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , способствуют снижению электрокинетического заряда коллоидной частицы гидроксида железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , а высокая степень очистки до 99,0-99,9% достигается путем фиксации соединений железа на поверхности коллоидной частицы гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$  [6].

Скоагулированный в процессе очистки воды осадок хорошо уплотняется. Соединения фосфатов препятствует заземлению воды гидроксидными ионами, что улучшает способность осадков к обезжелезиванию.

#### **Экспериментальные исследования свойств осадков промывных вод станций обезжелезивания**

В таблице 1 приведены свойства осадков промывных вод станций обезжелезивания. Осадок отбирался под гидростатическим давлением после двух часов отстаивания, дозы реагентов, которыми обрабатывалась промывная вода, составили:  $D_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = 50 \text{ мг/л}$ ,  $D_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 70 \text{ мг/л}$ ,  $D_{\text{Аква-Аурат}} = 30 \text{ мг/л}$ . В лабораторных условиях исследовалась способность железосодержащих осадков к обезжелезиванию. Испытания проводились на модельной установке центрифуги и лабораторном вакуум-филт্রে.

Центрифугирование осадка осуществлялось при частоте вращения ротора 2000 об/мин. при факторе разделения  $\Phi = 5600$  в течение времени 120 с. Максимальный эффект обезжелезивания осадков при центрифугировании достигался при совместной обработке промывных вод реагентами фосфатом натрия и сульфатом алюминия, влажность обезжележенного осадка составила 82% при индексе центрифугирования  $I = 4$ . При безреагентном отстаивании влажность снизилась до 91,2%, при обработке только сульфатом алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – до 90,2%, только фосфатом натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 87,5%, при исходной влажности осадков 98,0...99,0%.

Осадки, образующиеся при обработке промывных вод коагулянтами “Аква-Аурат 30” и сульфатом алюминия, имели высокие индексы центрифугирования (15,5 и 12,4 соответственно), что свидетельствует о низкой способности к разделению в центробежном поле. Это обусловлено тем, что при введении в промывную воду вышеперечисленных коагулянтов образуется рыхлый осадок, который плохо уплотняется из-за заземления воды гидроксидными ионами алюминия.

**Таблица 1 – Основные свойства осадков промывных вод станций обезжелезивания, эффективность их обезвоживания центрифугированием и вакуум-фильтрованием**

Образуемый осадок промывных вод станций обезжелезивания при:	Характеристика исходных осадков				Параметры центрифугирования (фактор разделения $\Phi=5600$ )			Параметры вакуум-фильтрования (вакуум, при котором происходила фильтрация 0,053...0,067 МПа)		
	Влажность, %	Зольность, %	Концентрация взв в-в, г/см <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Индекс центрифугирования	Влажность кека, %	Эффект обезвоживания, %	Удельное сопротивление осадка, см/г	Влажность кека, %	Эффект обезвоживания, %
безреагентном отстаивании	98,0	78,7	19,7	0,9714	15,2	91,2	7,0	$2,756 \cdot 10^{11}$	82,95	15,4
обработке промывных вод сульфатом алюминия	99,0	92,2	17,7	0,9807	12,4	90,2	8,9	$3,39 \cdot 10^{11}$	79,5	19,7
обработке фосфатом натрия	98,0	85,7	25,9	0,937	7,0	88,5	9,7	$1,51 \cdot 10^{11}$	81,3	16,4
обработке промывных вод коагулянтном "Аква-Аурат 30"	99,0	91,8	13,5	0,985	15,5	90,7	9,1	$3,5 \cdot 10^{11}$	80,6	18,6
совместной обработке сульфатом алюминия и фосфатом натрия	98,0	82,7	19,4	0,9898	4,0	82,0	16,3	$1,4 \cdot 10^{11}$	74,4	24,08
совместной обработке фосфатом натрия и коагулянтном "Аква-Аурат 30"	98,5	76,8	14,9	0,985	14,7	90,0	8,6	$1,63 \cdot 10^{11}$	78,95	19,8

Удельное сопротивление осадка, образующегося при безреагентном осветлении промывных вод станций обезжелезивания, составило  $27,6 \cdot 10^{10}$  см/г, влажность снизилась с 99,0% до 82,95%, что соответствует эффекту обезвоживания 15,4%.

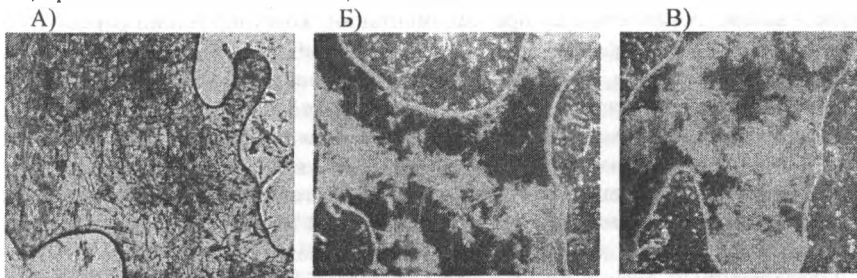
Высоким удельным сопротивлением обладали осадки промывных вод, обработанных коагулянтами "Аква-Аурат 30" и сульфатом алюминия, которое составило  $35 \cdot 10^{10}$  см/г и  $33,4 \cdot 10^{10}$  см/г соответственно, что свидетельствует о плохой фильтрации осадка и увеличении времени для достижения предельной концентрации.

Высокую способность к обезвоживанию на вакуум-фильтре показал осадок, образующийся при совместной обработке промывных вод реагентами  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Такой осадок имел удельное сопротивление  $14 \cdot 10^{10}$  см/г, влажность 74,4%, легко отделялся от ткани. При обработке воды фосфатом натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  образуются труднорастворимые соединения, которые уменьшают содержание связанной воды, поэтому предельная концентрация сухого вещества возрастает и уменьшается водоотдача осадка.

## Микроскопические исследования осадков промывных вод станций обезжелезивания

Гранулометрический анализ осадков промывных вод фильтровальных сооружений различных водозаборов подземных вод микроскопированием показал присутствие шарообразных включений размером до 2 мкм, игловидных включений длиной до 15 мкм, равноосных – размером до 50 мкм, а также нитевидных длиной 20...300 мкм и толщиной до 3 мкм [5, 7].

На рисунке 1 представлены снимки осадков, выполненные с использованием микроскопа МКИ-2М-1 при увеличении в 250 раз с окуляром 12,5×3.944.169-01, применяя объектив ЭОМБ 0,35/12.



А – свежий осадок, Б, В – при обработке промывных вод реагентами  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

*Рисунок 1 – Изменение структуры осадка промывных вод после обработки реагентами  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$*

Осадки, обработанные реагентами в процессе очистки промывных вод коагулированием в присутствии фосфатов, состоят из хорошо видимых отдельных частиц и имеют зернистую структуру. На снимках Б и В (рисунок 1) прослеживается четкая граница раздела фаз “твердос вещество-жидкость”. Крупные агрегаты такого осадка способны задержаться центрифугами, фильтр-прессами, при обезвоживании осадка на вакуум-фильтре не происходит закупорка отверстий фильтрующей ткани, что не вынудит производить частую регенерацию ткани.

## Рекомендации по утилизации осадков промывных вод станций обезжелезивания

Анализ результатов приведенных испытаний показал, что в технологическую схему очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов целесообразно включить сооружения механического обезвоживания осадка. Обезвоженный осадок впоследствии может быть утилизирован с последующим использованием в различных областях промышленности и строительства. Одним из перспективных и наиболее экологических направлений утилизации осадка – использование его в технологии изготовления стройматериалов: в качестве наполнителей при производстве газобетона, для получения железосодержащих пигментов при производстве окрашенного бетона и отделочного раствора, в лакокрасочных производствах и т.д.

В настоящее время некоторые виды бетонов и цемента производят на основе фосфатных и алюмофосфатных вяжущих. Фосфатные затворители обладают

более высокой химической активностью, чем чисто водные, поэтому продукция на их основе имеет высокие адгезионные и прочностные характеристики. Аллюмофосфатные связующие используются для кладки огнеупорных печей, крепления теплоизоляции, производства высокотемпературных клеев и клеесцементов. Известно [8, 9], что обезвоженные или сгущенные осадки с большим содержанием гидроксида алюминия используются при производстве глиноземистого цемента, который относится к быстротвердеющим с высокой химической стойкостью при воздействии агрессивных сред.

### **Выводы**

Результаты исследований параметров обезвоживания осадков станций обезжелезивания, образующихся при седиментации, коагулировании и коагулировании в присутствии фосфатов, показали, что наиболее эффективным является обезвоживание осадка, предварительно скоагулированного в процессе обработки промывных вод реагентами – фосфатом натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и сульфатом алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Максимальный эффект обезвоживания таких осадков при центрифугировании составил 16,3%, влажности обезвоженного осадка – 82% при индексе центрифугирования  $I=4$ . Удельное сопротивление осадка определялось на модельном вакуум-филт্রে и составило  $14 \cdot 10^{10}$  см/г, влажность осадка уменьшилась с 99,0% до 74,4% при эффекте обезвоживания 24,08%.

Обезвоженный осадок промывных вод станций обезжелезивания, содержащий соединения железа, алюминия, фосфаты, может утилизироваться с последующим использованием в различных областях промышленности и строительства: в качестве наполнителей при производстве бетонов, цемента, для получения железосодержащих пигментов и химических реактивов. Это полностью решит проблему накопления осадков на водозаборах.

### **Список использованных источников**

1. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84. – Введ. 01.01.85. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. Румянцева, Л.П. Брызгальные установки для обезжелезивания воды / Л.П. Румянцева – М.: Стройиздат, 1973. – 104 с.
3. Любарский, В.М. Осадки природных вод и методы их обработки / В.М. Любарский – М.: Стройиздат, 1980. – 128 с.
4. Житенев, Б.Н. Проблемы повторного использования промывных вод станций обезжелезивания воды / Б.Н. Житенев, Л.Е. Шеина // Вестник БГТУ. Доходохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология. – №2(14). – 2002. – С. 31–32.
5. Михайлик, Л.Г. Отстаивание и оборот промывных вод на станциях обезжелезивания подземных вод / Л.Г. Михайлик // Вода. – №6. – 2003. – С. 20.
6. Устройство для обработки промывных вод станций обезжелезивания: пат. 1724 ВУ, МПК С02F 1/54 / Б.Н. Житенев, Л.Е. Шеина; заявитель Брестский гос техн. ун-т – № u20040230; заявл. 10.05.2004; опубл. 30.12.2004 / Гос. реестр полезн. моделей.
7. Лисецкий, В.Н. Утилизация отходов станции обезжелезивания Томского водозабора / В.Н. Лисецкий, Т.А. Лисецкая, А.А. Андрейченко // Водоснабжение и санитарная техника. – №1. – 2003. – С.33-36.
8. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумарков. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.
9. Любарский, В.М. Обработка осадков городских водопроводных станций / В.М. Любарский, Ю.И. Рубчак // ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре – Вып.3. – 1979. – 33 с.

## ПРОБЛЕМЫ НАРУЖНОГО ВОДОСТОКА

*Новосельцев В.Г., Наумчик Г.О.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, vgnovoseltsev@yandex.ru*

*The construction of projecting tray of the system of outer water stream for preventing watering of outer walls of buildings.*

### Введение

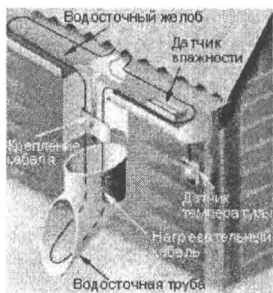
Атмосферные осадки (дождевые и талые воды), выпадающие на кровли зданий, отводятся системой внутренних водостоков за пределы зданий. Наружные водостоки состоят из желобов, которые собирают воду со ската крыши, и водосточных труб с воронками, сбрасывающих воду на отмостку возле здания. Наружные водостоки зданий имеют существенные недостатки, которые особенно ощущаются в местах, где климат характеризуется чередованием положительных и отрицательных температур воздуха, и, как следствие, происходит обмерзание приемных воронок, поломка навесных трубопроводов от образования льда, обрушение карнизов, порча отделки фасадов и т. п. [1]

### Анализ антиобледенительных систем наружных водостоков

Авторами статьи было проведено обследование нескольких малоэтажных зданий г.Бреста с небольшой площадью кровли, которые оборудованы системами наружных водостоков. По предоставленным сотрудниками ЖРЭУ г.Бреста данным, ежегодно в зимний период происходит обмерзание лотков и стояков водосточных систем этих зданий, а также образование льда на крыше вблизи водосточных лотков. Во время оттепели происходит проникновение талой воды за водосточные лотки и увлажнение наружных стен зданий, что приводит к проникновению влаги в жилые помещения, а также постепенному разрушению конструкции наружных стен.

Эффективным способом борьбы с обледенением поверхности кровли и водосток является применение кабельных систем обогрева. Эти антиобледенительные системы водостоков кровли служат для предотвращения образования льда и скапливания снега в зимнее время на кромке крыш и в водосточных желобах. Использование нагревательного кабеля в системах защиты кровли, водосточных труб, желобов и воронок от образования сосулек снижает затраты на ремонт зданий и предохраняет пешеходов от травматизма.

Для «холодной крыши» с хорошо изолированной кровлей проблемы с появлением сосулек возникают в оттепель. Для предотвращения образования сосулек и защиты от обледенения водостоков устанавливают нагревательный кабель только в водосточных желобах и трубах крыши (рис. 1).



*Рисунок 1 – Кабельная система для «холодной крыши»*

При «теплой крыше» с плохой теплоизоляцией кровли потери тепла через неё приводят к появлению плюсовой температуры под слоем снега на крыше. В этом случае вода, образующаяся при таянии снега, попадает в холодные желоба и водосточные трубы и там замерзает. Для таких крыш устанавливают дополнительный нагревательный кабель по краю для обогрева крыши.

В качестве примера: для трехэтажного здания с периметром кровли 100м ориентировочно необходимо 250м кабеля (укладка в 2 слоя в желобах и водосточных стояках); стоимость кабеля составит в среднем 2600\$, не включая стоимость монтажа кабеля. Годовое количество потребляемой электрической энергии определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{P \cdot L \cdot t}{1000}, \text{ кВт.ч.}$$

где  $P$  – удельная потребляемая мощность системы обогрева, Вт/м;

$L$  – длина нагревательного кабеля, м;

$t$  – время работы системы обогрева в год, час.

Удельная мощность кабеля в среднем составляет 35Вт/м. Ориентировочно приняв время работы системы обогрева два месяца в течение года, имеем  $\mathcal{E}=6300\text{кВт.ч.}$  На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что кабельные антиобледенительные системы эффективны, но имеют большую стоимость, а также требуют немалых эксплуатационных затрат на электроэнергию.

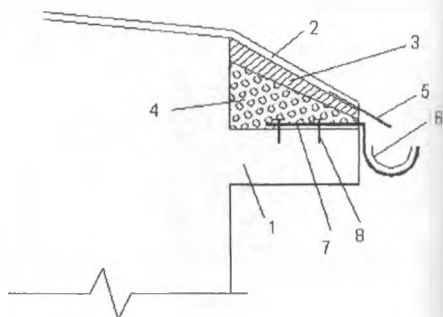
Обследованные авторами дома имеют, как правило, следующую конструкцию водосточной системы: желоб находится на парапете, примыкающем к стене здания. Из-за такого конструктивного решения и происходит увлажнение ограждающих конструкций зданий.

Вариантом решения этой проблемы для существующих зданий является вынос желобов за парапет. Для устройства выносных желобов необходимо:

- 1) демонтировать существующие желоба водосточной системы;
- 2) произвести работы по восстановлению поврежденных в процессе эксплуатации поверхностей конструкций парапета (при необходимости);
- 3) заменить части рубероида существующей кровли, примыкающего к краю крыши;
- 4) смонтировать крепления выносных желобов к парапету при помощи самораспорных болтов или анкеров;
- 5) выполнить установку желобов;
- 6) выполнить сопряжение кровли с желобом. Для этого на парапет укладывается слой керамзита, поверх которого выполняется цементно-песчаная стяжка. Возле желобов на стяжку укладывается жесть. После этого на стяжку укладывается рубероид (рис. 2).

- 1 – парапет, 2 – рубероид, 3 – цементно-песчаная стяжка, 4 – керамзит, 5 – жесть, 6 – желоб, 7 – крепление желоба, 8 – самораспорные болты или анкера

**Рисунок 2 – Схема крепления выносных желобов к парапету**



Перед проведением работ по устройству выносных желобов необходимо произвести проверочные расчеты конструкций с учетом изменяющейся внешней нагрузки на парапет.

#### Список использованных источников

1. Жигенев, Б.Н. Санитарно-техническое оборудование зданий / Б.Н. Жигенев, Г.А. Волкова, Н.Ю. Сторожук – Минск: Высшэйшая школа, 2008. – 105 с.

### DETECTION OF POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBON (PAH) COMPOUNDS IN RIVER WATERS USING HPLC-UV/VIS

*Zofia Rzaczyńska, Agata Bartyzel and Jolanta Narkiewicz-Michalek*

*Department of General and Coordination Chemistry, Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University, e-mail: z.rzaczyńska@poczta.umcs.lublin.pl;*

*Agata.Bartyzel@poczta.umcs.lublin.pl*

*Department of Theoretical Chemistry, Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University, e-mail: Jolanta.Narkiewicz-Michalek@poczta.umcs.lublin.pl*

#### Abstract

This paper reports studies of six polynuclear aromatic hydrocarbons in river waters and wastewater samples. Acenaphthene was the most dominant PAHs found in studied samples while in most samples naphthalene is not observed. A maximum of 778,326  $\mu\text{g l}^{-1}$  of the six PAHs was recorded in water collected from confluence of the Ciemięga River at December 2008. Probably it was result of episodic contamination which can be connected weather conditions in that period with atmospheric conditions. The sample collected after over two months from the same point contained comparable amount of PAHs as other samples.

#### Introduction

Polynuclear aromatic hydrocarbons, PAH, have widespread occurrence in the environment. They are a group of aromatic compounds containing two or more fused benzenoid rings in linear, angular or cluster structure and formed by pyrosynthesis during the combustion of organic matter. PAHs are found as trace pollutants in soil, air particulate matter, water, tobacco tar, coal tar, used engine oil and foodstuffs such as barbequed meat. Polycyclic aromatic hydrocarbons also occur in soot, vehicle exhausts and in hydrocarbon fuels. They are generally not very soluble in water but are readily adsorbed into particulate matter resulting in high concentrations where suspended solids are present in water. Nearly all PAHs are carcinogenous, although their potency varies, the most hazardous by far being benzo(a)pirene [1,2,3]. Fluoroantene, which is the most soluble but least hazardous of the PAHs compounds, is occasionally found in high concentrations in drinking water samples collected at consumers taps. PAHs in drinking water are thought to cause gastrointestinal tumours, however, drinking water contributes only small proportion (0.5%) of the total adult PAH intake. PAHs are rarely present in the environment on their own and the carcinogenic nature of individual compounds is through to increase in the presence of other PAH compounds.

While there are over 100 PAH compounds the World Health Organization have listed six reference compounds that should be routinely analysed [1]. These represent the most widely occurring compounds of this group found in drinking water. Total concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in drinking water is calculated from concentration of mix reference compounds. The U.S.EPA has designed 16 PAH compound as priority pollutants [4]. They are naphthalene, acenaphthylene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benz(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenz[a,h]anthracene, benzo(g,h,i)perylene and indeno[1,2,3-cd]pyrene. This list of the 16 EPA priority PAHs is often target for measurement in environmental samples [4].

The EC has set a MAC for the sum of the six reference PAH compounds in drinking water as  $200 \text{ ng l}^{-1}$ . The MAC value for PAHs compounds has been adopted in the UK although a separate maximum limit value has been set for benzo(a)pyrene of  $10 \text{ ng l}^{-1}$ , which is also the level set by the WHO and is equivalent to just  $0.00001 \text{ mg l}^{-1}$  [1].

Ground water sources and upland reservoirs in UK contain low levels of PAHs, less than  $50 \text{ ng l}^{-1}$ , while lowland rivers used for supply contain between  $40$  and  $300 \text{ ng l}^{-1}$  during normal flows, rising to in excess of  $1000 \text{ ng l}^{-1}$  at high flows. According to data of Provincial Environment Protection Agency in Lublin, the sum of the six reference PAH compounds in row rivers is between  $80$  and  $5000 \text{ ng l}^{-1}$  [5].

Even when PAH levels in raw water are high, due to localized industrial pollution, the water treatment can adequately remove PAH compounds to conform to EC limits [1]. Conventional water treatment effectively removes the bulk of the PAH compound adsorbed onto particulate matter, although the majority of PAH remaining is fluoranthene due to its high solubility. Between  $65$  and  $76\%$  of the PAH in surface water is bound to particulate matter and so can effectively be removed by physical water treatment processes such as sedimentation, flocculation and filtration. The remainder can be either chemically oxidized [6,7] or removed by activated carbon. Granular activated carbon can remove  $99.9\%$  fluoranthene and any of the PAHs remaining in the water. Owing its relatively high solubility, fluoranthene is the major PAH to accumulate in ground water.

The best analytical techniques for determination of PAHs are HPLC and GC methods. Advantages of HPLC are the ability to resolve isomeric PAHs and the selective and sensitive quantitation by UV or fluorescence detection.

### Experimental

Samples were collected from:

- the Bystrzyca River – it is left tributary of Wieprz Rivers, with a total length of  $70.3 \text{ km}$ . River is the disposal of treated domestic and industrial wastewater from the area of Lublin and Świdnik cities.
- the Krężniczanka River – it is  $20.3 \text{ km}$  long, left tributary of the Bystrzyca River.
- the Ciemiega River – it is left tributary of the Bystrzyca River, with a length of  $41 \text{ km}$ .
- the Czarniejówka River – it is  $32.4 \text{ km}$  long and is right tributary of the Bystrzyca River.
- and wastewater treatment plant “Hajdów” – it is one of the largest wastewater treatment plants in Poland that pays special attention to environmental protection. The wastewater is being let directly into the Bystrzyca River.



The sampling points are present on Figure.

The samples required preconcentration before analysis due to the low levels of PAHs in water samples. The preconcentration study was carried out by passing 1000 ml of sample through Strate C18E syringe column. The PAHs were eluted with 2 ml methanol and volume of solution was reduced to 1 ml. PAHs were determined by HPLC-UV/VIS. Obtained results are listed in Table.

### Results and discussion

The aim of our study was to determine the concentration of six chosen polynuclear aromatic hydrocarbons in rivers. Table 1 indicates that generally the total concentration of chosen PAHs in water of the investigated area ranged from 9.34 to 12.382  $\mu\text{g L}^{-1}$  (excluding one sampling site for Ciemięga River). This confluence point of the Ciemięga River contained very high level of PAHs, i.e. 778,326  $\mu\text{g L}^{-1}$ , where about 99.4% it is acenaphthene. Such high level of PAHs it was some episodic contamination probably caused by the intense rainfall. The sample collected after over two months from the same point contained comparable amount of PAHs as other samples. Acenaphthene was the most dominant PAHs in water samples. It may be associated with the fact that the Lublin Upland is an agricultural region and acenaphthene is constituent of pesticides and wood preservatives, as well as it is products of coal combustion. In most cases, the naphthalene was not observed in collected water samples. Only water from source of the Czerniejówka River contained significant levels of this PAH, 0.437  $\mu\text{g L}^{-1}$ . The wastewater contained the similar concentrations of PAHs as remaining samples, only concentration of anthracene was higher than in river waters. It is indicated that wastewater treatment plant "Hajdów" is not important source of polynuclear aromatic hydrocarbons.



Fig. Map of the Bystrzyca River showing the location of sampling site.

Ratio values such as phenanthrene/anthracene (PHE/ANT) and fluoranthrene/pyrene (FLU/PYR) had been used to identify the origin of hydrocarbons. Phenanthrene and anthracene are both structural isomers. In particular, phenanthrene is more thermodynamically stable than anthracene; therefore, PHE/ANT ratio is observed to be very high ( $>10$ ) in PAH petrogenic pollution, but low ratio ( $<10$ ) in pyrolytic contamination cases. In addition, a FLU/PYR ratio of less than 1 suggested that the origin of PAH was attributed to petrogenic inputs, and values greater than 1 were related to a pyrolytic origin [8,9]. The isomer ratios PHE/ANT for almost of samples were below 2 and FLU/PYR were above 1, what indicated that the major PAH input

was from pyrolytic source (e.g. combustion of fossil fuel). Only for the Ciemięga River PHE/ANT ratios were high (17.39 in December 2008 and 7.92 in February 2009) what indicating that the sources of PAH contamination significant might depend on petrogenic sources.

**Table Concentration of PAH's in collected samples.**

Sampling points		Concentration ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )					
		ACN	ANT	PHE	FLU	NAP	PYR
<b>Bystrzyca River</b>							
13.02.09	Lublin, Piłsudskiego Av.	10.550	0.367	0.737	0.704	-	0.024
<b>Krężniczanka River</b>							
10.03.09	source	9.39	0.015	0.023	0.031	0.09	0.015
	confluence	9.45	0.022	-	0.030	-	0.012
28.04.09	source	9.166	0.083	0.037	0.04	-	0.108
	confluence	9.005	0.125	0.217	0.232	-	0.175
<b>Ciemięga River</b>							
07.12.08	confluence	773.65	3.576	-	0.87	-	0.234
28.02.09	confluence	9.545	0.152	-	0.512	-	0.074
<b>Czerniejówka River</b>							
23.02.09	source	8.072	0.031	0.539	1.037	0.437	0.191
	confluence	9.776	0.0096	0.076	-	-	0.033
<b>Sewage treatment Hajdów<sup>9</sup></b>		9.920	1.042	0.029	0.121	0.061	-

PAH abbreviations: ACN – acenaphthene, ANT – anthracene, PHE – phenanthrene, FLU – fluoranthene, NAP – naphthalene, PYR – pyrene.

### Conclusion

In almost all sample the concentrations of six PAHs and individual PAH in river waters were similar. Only one sample had significant amount of PAHs what was connected with episodic contamination. The most dominant PAH in water samples was acenaphthene while naphthalene was not common contamination of studied rivers. Ratio values of PHE/ANT and FLU/PYR suggested that river waters were more dominated by pyrolytic input. In case of Ciemięga River was observed that petrogenic pollution also played significant role.

### References

1. N.F. Gray, Water Technology, 1999.
2. S. Johnsen, I.S.Gribbestand, S. Johansen; Sci. Total Envir. 81-82,231(1989).
3. Y.Gao, W.Ling, H.M.Wong Chemosphere, 63, 1560 (2006).
4. J. Fatzer, The chemistry and analysis of the large polycyclic aromatic hydrocarbons, NY Wiley, 2000.
5. Provincial Environment Protection Agency, 2004-2009; [www.wios.lublin.pl](http://www.wios.lublin.pl)
6. USPO Patent Application 20080242875.
7. F. Nadim, K.H. Huang, A.M. Dahmani, Earth Envir. Sci., 6, 1567 (2006).
8. N.F.Y. Tam, L. Kea, X. H. Wang, Y.S. Wong, Envir. Pollut., 114, 255 (2001).
9. T.O. Said, N.A. El Agroudy, Chem. Ecol., 22, 159 (2006).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКОНТИНУАЛЬНОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*Терещенко А.В., Невзорова А.Б.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г.Гомель, РБ, zboraka@list.ru*

Object of working out is designing of an individual clearing construction with discontinuum in the way of sewage treatment in servicing deport territory in Zhlobin. The work purpose – to spend an ecological estimation discontinuum a way of sewage treatment. In the course of work researches of quality of sewage treatment, and also possibility of their secondary use are carried out.

### **Введение**

Организация станции технического обслуживания (СТО) требует от владельца соблюдения всех санитарных норм [1]. Необходимо заранее составить для нее проект очистных сооружений. Проектирование очистных сооружений СТО и их строительство необходимо для соблюдения принципа рационального использования и охраны водных ресурсов [2, 3]. Если на станции не будут установлены очистные сооружения для вод, стекающих после помывки автомобиля и его узлов, то вода с высокой концентрацией вредных примесей: бензин, масло, нефтепродукты, тяжелые металлы – нанесут вред окружающей среде путем просачивания в почву и заражения водоносных горизонтов. Поэтому все загрязнения, содержащиеся в сточной воде от станций технического обслуживания автомобилей, подлежат очистке до нормативных параметров с возможностью последующего сброса очищенной воды.

Очистные сооружения для сточных вод от мойки автомобилей обычно построены на методах аэрации и фильтрации. Они обеспечивают значительное очищение от большинства вредных веществ, примесей, включая нефтепродукты. Кроме того, более 80 % всех вод, идущих на помывку автомобилей, после прохождения их через очистные сооружения, возвращаются и могут быть использованы вторично [3].

### **Технология биологической очистки сточных вод**

Строительство в неканализованных районах производственных объектов приводит к решению вопроса водоотведения путем устройства малых локальных очистных сооружений. Их работа намного сложнее в сравнении с работой больших очистных сооружений, поскольку осуществляется в условиях резко переменных производственных и гидравлических нагрузок. Малые канализационные очистные сооружения должны иметь эффективную систему контроля, саморегулирования и сигнализации, обеспечивая их работу в оптимальном режиме. Т.е. необходимо обеспечить минимальное потребление электроэнергии и максимальную автоматизацию работы.

Различают два способа обработки сточных вод – *континуальный*, когда сточные воды обрабатываются, передвигаясь из одной зоны очистных сооружений в другую, и *дисконтинуальный* (реактор SBR), когда сточные воды проходят все циклы очистки в одном пространстве сооружения путем чередования условий в нем – аэрации, перемешивания, отстаивания, откачки очищенных сточных вод и избыточного активного ила.

К положительным качествам дисконтинуальной системы можно отнести возможность удерживать высокую концентрацию активного ила в системе без опасения его выноса из установки, так как отстаивание сточных вод происходит в состоянии покоя, без движения очищаемых сточных вод. Следующим важным преимуществом является отсутствие необходимости решать проблему удаления плавающих загрязнений с поверхности отстойников, так как очищенные сточные воды откачиваются после фазы отстаивания из осветленного слоя под уровнем воды.

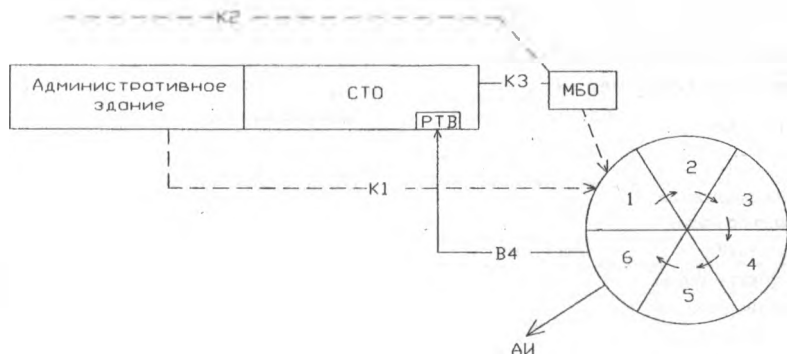
С учетом этих требований наиболее высокоэффективными, являются установки, которые используют в своей технологической схеме принцип действия продленной аэрации или дисконтинуальный способ обработки сточных вод. В основе технологии лежит концепция превращения сточных вод в продукты, применимые для дальнейшего использования, а именно – в техническую воду и минеральное удобрение. Учитывая особую специфику очистки малых количеств, изменения состава и свойства поступающих сточных вод, инженерные решения направлены на обеспечение высокого качества очищенной воды, устойчивой работы и простоты конструкции водоочистой установки при незначительных капиталовложениях и энергозатратах.

### **Совершенствование технологии индивидуального очистного сооружения для СТО**

Индивидуальное очистное сооружение (ИОС) представляет собой компоновку из модулей для более рациональной технологии очистки сточных вод, имеющих в своем составе смываемые с автомашин и их узлов нефтепродукты в виде растворенных масел и топлив. Система водоотведения СТО состоит из производственной, ливневой и хозяйственно-бытовой линий, сточная вода из которых разделяется на два потока. Ливневые стоки и производственные воды от мойки поступают сначала на маслобензоотделитель [8], а затем на ИОС. Хозяйственные стоки сразу попадают на ИОС (рисунок).

Индивидуальное очистное сооружение включает в себя пять зон обработки сточных вод: грубой очистки – задержания грубых нечистот и биологической предочистки – SBR-реактор первой ступени, биологической очистки – SBR-реактор второй ступени, биологической доочистки – SBR-реактор третьей ступени и зоны третичного отстаивания.

Обрабатываемая сточная вода последовательно проходит полный цикл биологической очистки, подвергаясь в каждом реакторе многократно повторяющимся процессам аэрации и перемешивания. SBR-реактор периодически переходит в режим отстаивания с последующей откачкой очищенных сточных вод.



АИ – активный ил; МБО – маслобензоотделитель; РТВ – резервуар технической воды; К1 – хозяйственно-бытовая канализация; К2 – дождевая канализация; К3 – производственная канализация; В4 – оборотный подающий водопровод; 1 – присменная камера; 2 – SBR-реактор первой ступени; 3 – SBR-реактор второй ступени; 4 – SBR-реактор третьей ступени; 5 – третичный отстойник; 6 – анаэробный стабилизатор избыточного активного ила

**Рисунок – Технологическая схема сбора и очистки сточных вод на индивидуальном очистном сооружении**

В условиях отсутствия централизованной канализации запроектированная ИОС с производительность  $5 \text{ м}^3/\text{сут}$  обеспечивает локальную очистку от хозяйственно-бытовых сточных вод и биологически очищаемых сточных вод от СТО и ливневки.

В результате прохождения сточных вод через ИОС получается возможность повторного использования технической воды и возможность внесения остатков активного ила в качестве удобрений для озеленения прилегающей площади.

ИОС разрабатывается с учетом особенностей сезонного пользования и отвечает всем санитарным нормам РБ [1].

Для изготовления корпуса ИОС применяется химически неактивное вещество – полипропилен (производство фирмы SIMONA, Германия), не подвергающийся коррозии, не пропускающий влагу и срок службы которого составляет не менее 25 лет [9]. Достоинством проектируемых ИОС являются небольшие габариты и малая масса, что уменьшает затраты на установку и площадь, занимаемую системой. Управление процессом очистки производится с помощью микрокомпьютера, что позволяет экономить затраты на эксплуатацию. В случае аварийного отключения электроэнергии ИОС продолжает работать в особом режиме 5-ступенчатого отстойника. При эксплуатации ИОС не происходит выделения «характерных» для канализации запахов метана и сернистого газа, что позволяет размещать систему близко к рабочим помещениям.

При возникших отказах работы ИОС предусмотрена аварийная сигнализация, которая предупреждает о переполнении ИОС или возникших неисправностях.

Рассчитанные показатели воды на выходе удовлетворяют белорусским нормативам (таблица) [10].

**Таблица – Показатели воды на входе и выходе из индивидуального очистного сооружения**

Показатели	Единица измерения	Значение на ИОС		Норматив
		вход	выход	
рН		7,5	7,1	6,5 – 8,5
Солесодержание в зимнее время	мг/дм <sup>3</sup>	530	6,8	7,0
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	70	9,6	< 80,0
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	42	4,0	< 15,0
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	700	24,8	< 40,0
Коли-индекс	–	Не лимитируется	< 1000	< 1000

### Заключение

Проведенные исследования позволили провести экологическую оценку дисконтинуального способа очистки сточных вод и дать рекомендации по строительству индивидуальных очистных сооружений для станции технического обслуживания. В процессе работы проведены исследования качества очистки сточных вод, а также возможность их вторичного использования в качестве технической воды для мойки автомобилей и их узлов. Таким образом, эффективность установки определяется устойчивой работой и простотой конструкции при незначительных капиталовложениях и энергозатратах.

### Список использованных источников

- 1 Санитарные правила и нормы Республики Беларусь СанПиН 9-91-9.8 Санитарные правила и нормы для предприятий по обслуживанию автомобилей.
2. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 702 с.
3. Проектирование сооружений для очистки сточных вод: справочное пособие к СНиП 2.04.03. – 85. М.: Стройиздат, 1990 – 192 с.
4. Гершенкоп, А.Ш. Комплексный подход к очистке сточных вод // А.Ш. Гершенкоп, В.Ф. Скороходов, А.И. Николаев // Вода. – № 07-08 (июль-август). – С. 25.
5. Канализация. Наружные сети и сооружения: СанПиН 2.04.03 – 85. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
6. Дренажные системы и очистные сооружения. М.: Стройинформ, 2007. – 272 с.
7. <http://www.ekostroy.com.ua/ochistka.html>
8. <http://www.kns.by/maslobenzootdelitel/maslobenzo.htm> – Канализационно-насосные системы. Маслобензоотделители.
9. <http://www.enh.by> – Установки биологической очистки сточных вод.
10. [http://www.belgiss.org.by/uved1/pdf/tkp\\_OOS-proektirovanie-predpriiztiv\\_proekt.pdf](http://www.belgiss.org.by/uved1/pdf/tkp_OOS-proektirovanie-predpriiztiv_proekt.pdf) – Правила проектирования предприятий, зданий и сооружений автомобильного транспорта.

## К ПРОБЛЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ ТОВАРИЩЕСТВ СОБСТВЕННИКОВ

*Уласевич З.Н., Уласевич В.П., Якубовская О.А.*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет, г. Брест, РБ, [wpulas@mail.ru](mailto:wpulas@mail.ru)*

Co-ops maintenance problems have been discussed, and ways of dealing with such problems at legal and executive levels have been proposed.

### **Введение**

В Республике Беларусь согласно жилищному кодексу жилой фонд классифицируется в зависимости от формы собственности следующим образом:

а) многоквартирные жилые здания, управление жилищным недвижимым имуществом которых осуществляют ЖРЭУ;

б) товарищества собственников жилья (ТСЖ) в виде разнообразных жилищно-потребительских кооперативов (ЖПК), жилищно-строительных кооперативов (ЖСК), коллективов индивидуальных застройщиков (КИЗ) и др.;

в) владельцы различной частной застройки в виде частных домов-котеджей, дачных товариществ собственников (ДТС), садоводческих товариществ, различных гаражных кооперативов.

Из перечисленных выше жилищно-кооперативных структур наибольший интерес, с нашей точки зрения, представляют различные товарищества собственников жилья, во владении которых согласно статистическим данным сосредоточено около 80 % всего жилищного фонда Республики Беларусь.

Заметим, что на начальном этапе эксплуатации жилого фонда, обладателями которого становились частные собственники жилых домов, серьезных проблем с техническим обслуживанием кооперативного жилого фонда не возникало, а возникали главным образом проблемы устранения так называемых «неделок», часто порождаемых так называемым «досрочным вводом домов в эксплуатацию». В их число приплюсовывались и дефекты, связанные с допущенными строителями браком либо возникшие в результате использования строителями некачественных строительных материалов и конструкций. Не было проблем и с инженерными сетями, которые оказались приписанными к дому постольку, поскольку их возведение было включено в проект строящегося дома и имели гарантийный срок эксплуатации.

После устранения дефектов и недоделок наступал период эксплуатации домов, который осуществлялся председателем правления, избранным коллективом жильцов-собственников на общем собрании.

Таким образом, на начальном этапе работы жилищных кооперативов работа правления и его председателя сводилась к решению мелких жилищных проблем,

организации сбора средств на оплату коммунальных услуг (бухгалтер), поддержке в исправном состоянии систем холодного и горячего водоснабжения (сантехник), эксплуатации квартирного электроснабжения (электрик). Что касается текущих ремонтов кровли, фасадов, текущих и аварийных ремонтов инженерных сетей, принадлежащих кооперативам, то к выполнению таких работ привлекаются специализированные организации. Однако поскольку избранные председатели кооперативов редко имели и имеют квалификацию инженера-строителя, а то и вовсе не имели и не имеют инженерно-технического образования, то правление кооперативов, как правило, не справлялось и не справляется с проблемами, решение которых возможно лишь при наличии грамотной инженерно-эксплуатационной службы. Итак, проблемы технической эксплуатации зданий товариществ собственников существуют и пока не решаются.

**О проблемах технической эксплуатации жилых домов собственников.**

В настоящее время технологии проведения ремонтных работ стали совершеннее: появились качественные строительные материалы; ремонтные работы имеют право выполнять организации только при наличии соответствующей лицензии; рабочие должны проходить профессиональную переподготовку. Кроме того, капитальный ремонт должен выполняться по строительному проекту, а разработка проекта должна осуществляться по результатам технического обследования. Обследование отдельных конструкций или объекта в целом ввиду его исключительной важности и ответственности должны выполнять наиболее профессионально подготовленные работники проектных организаций или научных учреждений, имеющие лицензию на проведение процедуры обследования требуемой сложности. Важно, что инженерно-эксплуатационная служба должна проводить на своих объектах плановые технические осмотры, в процессе проведения которых и выявляются критические состояния отдельных конструкций или всего здания. Однако даже текущий ремонт должен выполняться качественно, так как ремонт – дорогостоящая процедура.

Таким образом, в домах жилищных товариществ собственников проблемы технической эксплуатации есть, и возникают они по следующим причинам:

- а) в штате жилищных кооперативов нет требуемой инженерно-эксплуатационной службы, и этому вопросу долгое время не уделялось должного внимания;
- б) у жилищных кооперативов нет средств для выполнения работ, связанных с капитальным ремонтом всей закреплённой за ним структуры собственности;
- в) недостаточное внимание уделялось и уделяется сложившейся организационной структуре в кооперативах со стороны государственных исполнительных структур.

Рассмотрим, каким образом от плохо организованной работы отдельных коммунальных служб и несогласованности действий между ними начинают проявлять себя вышеназванные проблемы уже сразу после сдачи жилого дома в эксплуатацию, порождая для собственников кооперативного жилья трудноразрешимые проблемы.

*Проблема 1 – передача инженерных сетей с баланса на баланс.* Сразу после подписания акта приемки многоэтажного дома в эксплуатацию их собственника в лице председателя кооператива уведомляют о том, что на его баланс передается не только само здание, но и вся система наружных инженерных сетей, построенных в соответствии с проектом за средства кооператива. И если в



этот момент не произошла передача наружных сетей на баланс соответствующих коммунальных служб, допускается первая ошибка, превращающаяся затем в период эксплуатации здания в проблему. Почему? Потому что кооперативные инженерные сети передать на баланс соответствующих ресурсных коммунальных служб – процесс не только трудоемкий и длительный с точки зрения затрат времени, но и требующий соответствующей инженерной квалификации. Кооператив должен подготовить проект исполнительной документации, в том числе – исполнительную схему раздела границ балансовых принадлежностей сетей, доказать, что качество передаваемых участков сетей соответствует предъявляемым к ним требованиям. Так, передаваемый участок теплосетей должен иметь в исправном состоянии всю запорную арматуру, уложенный трубопровод – качественную и исправную теплоизоляцию. Анализируется исправность канала под укладку трубопроводов теплоносителя и горячей воды, способ их укрытия и т.д.

Получение технических паспортов на объект, оценка его стоимости как объекта недвижимости, порядок получения решений ресурсных организаций на возможность принятия сооружений в виде участка инженерных сетей на их баланс, выдача решений исполнительной власти на разрешение передачи-приема, обоснование необходимости и возможности такой передачи-приема. Вся эта процедура подготовки технической документации требует от председателей товариществ жилищных собственников высочайшей профессиональной квалификации. И все это необходимо преодолеть теперь после 20÷30-летней эксплуатации всех инженерных коммуникаций. В такой постановке процедура передачи инженерных коммуникаций для большинства руководителей ЖСК и других форм частных собственников жилья просто непонятна, поэтому такая процедура протекает вяло и плохо организовано. В то время как если бы эта процедура была проделана к моменту сдачи дома в эксплуатацию, ее решение проходило бы как естественный процесс в рамках ввода объекта в эксплуатацию.

Что это так, может служить сложившийся и ныне существующий порядок эксплуатации наружных электросетей, тепловых сетей, сетей горячего и холодного водоснабжения, канализационных сетей санузлов и ливневой канализации. А еще есть пожарный надзор и надзор санитарно-эпидемиологический. И вся эта махина инженерных коммуникаций и контрольных служб направлена вышеназванными организациями на контроль их исправности и функционирования, которую должны обеспечить за счет собственных средств жильцы кооператива. Понятно, что это совсем не под силу правлению кооператива и ее председателю, являющихся обычными жильцами дома. Поэтому в нынешних условиях настало время взглянуть на проблемы в обслуживании наружных инженерных коммуникаций кооперативов с позиций государственных коммунальных служб.

**Проблема 2 – Промывка внутренних водопроводных сетей холодного и горячего водоснабжения.** В соответствии с постановлением санитарно-эпидемиологических служб, по указанию тепловых сетей города в жилых домах должны промываться внутренние трубопроводы горячего и холодного водоснабжения не реже одного раза в три года. Промывку должны осуществлять организации (в том числе и коммерческие), имеющие на это лицензию. Ее невы-

полнение грозит для ТСЖ штрафными санкциями. Однако со стороны отдельных ТСЖ есть жалобы жильцов на то, что после промывки ухудшается качество питьевой воды (цвет, неприятный запах, повышенный показатель pH и др.). По-видимому, это результат того, что такие промывки проводятся без соответствующего оповещения правления ТСЖ, а главное, – в отсутствии представителя санэпидемстанции и контроля качества воды. Такие манипуляции с питьевой водой ведут к грубейшим нарушениям безопасности жизнедеятельности жильцов дома, но что может сделать в этой ситуации председатель ТСЖ, и кто будет отвечать, если произойдет массовое отравление жильцов горячей или холодной питьевой водой, а главное – как доказать, что это так?

**Проблема 3 – Состояние подвальных помещений.** При разработке строительных проектов с целью снижения стоимости домов иногда в подвальных помещениях оказываются не запроектированными полы. Отсутствие полов может быть также результатом не выполненных работ по их устройству строительной организацией. Поскольку состояние уровня грунтовых вод может оказаться значительно более высоким, чем он был на время геологических исследований площадки застройки, то нередко в подвальных помещениях проявляет себя повышенная влажность. Это способствует обитанию в большом количестве различных насекомых, грызунов. Так, по заключению Брестского городского центра гигиены и эпидемиологии при лабораторном исследовании насекомых подвалов с повышенной влажностью в них обитают мухи-дрозофилы и бабочницы. Кроме того, в подвалах из-за постоянной течи запорных систем теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения, а также из-за неисправности канализационных стояков наблюдается загрязнение полов подвала различными нечистотами.

#### **Пути решения коммунально-жилищных проблем собственников.**

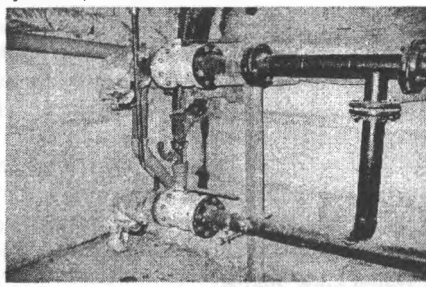
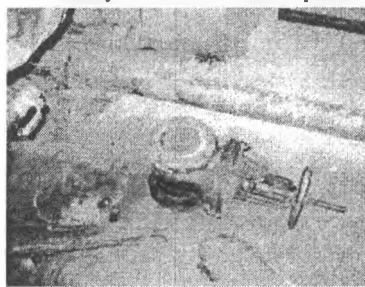
Все поднятые здесь проблемы актуальны, так как с тех пор, как появилась такая форма организации жилищного строительства, как жилищный кооператив, вышеназванные проблемы возникают, но законодательно до сих пор практически не решены. А решать их приходится независимо от того, решены они или нет на законодательном уровне. Поэтому хотелось бы, чтобы каждая форма товариществ собственников, их структуры управления понимали, что не должны ждать манны небесной, а искать совместно с исполнительной государственной властью приемлемые решения коммунально-жилищных проблем, как на стадии строительства дома, так в процессе его эксплуатации.

Первые две из трех вышеназванных проблем наталкивают на мысль: не пора ли создать для всех форм ТСЖ общественную организацию, которой необходимо было бы передать определенные, оговоренные законодательно, функции управления их недвижимым имуществом, но так, чтобы право распоряжаться финансовой стороной осталось бы за коллективами собственников. На наш взгляд, это могла бы быть общественная организация профессионалов, например, «Ассоциация товариществ собственников (АТС)», которая должна быть законодательно наделенная требуемым набором прав, связанных с эксплуатацией домовладений товариществ собственников, но без права на управление их собственностью. Такой набор прав должен оговариваться договором между АТС и ТСЖ, главным среди которых – капитальный ремонт домовладений. Примером могут служить те ОКСы при облисполкомах и горисполкомах, которые занимаются организацией строительства жилых кооперативных домов, но средствами на их строительство распоряжается правление ТСЖ.

Особенно важна роль председателя правления ТСЖ в период строительства дома и в момент приема его в эксплуатацию. По крайней мере, так называемые «недоделки» должны быть исключены или сведены к минимуму еще до сдачи дома в эксплуатацию. После приема дома в эксплуатацию вновь созданное ТСЖ и должно заключать договор с АТС на передачу ей оговоренных прав, связанных с технической эксплуатацией домовладения.

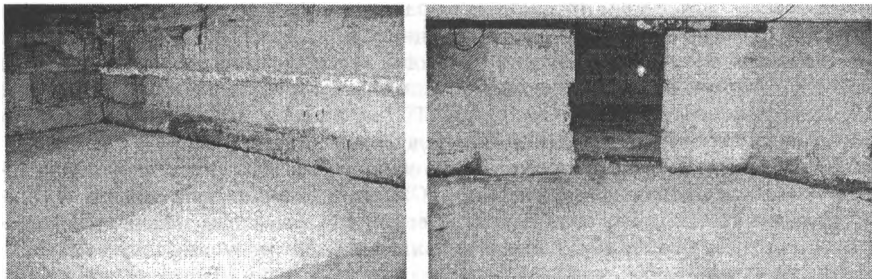
И все же текущие вопросы ремонта и обслуживания должны решаться силами ТСЖ. В этой ситуации коллективу ТСЖ важно избрать *председателя*, у которого должно быть как минимум высшее образование с квалификацией инженер-строитель, и который должен в оговоренный срок проходить переподготовку через специальные курсы повышения квалификации. Такой руководитель способен решать многие текущие вопросы, возникающие в процессе эксплуатации дома. Иногда в этих случаях очень полезно обращаться за помощью и к научным коллективам.

Приведенная выше проблема – одна из многих текущих проблем, которые могут быть решены под руководством грамотного председателя кооператива. Приведем пример решения подобной проблемы в одном из кооперативных домов г. Бреста по ул. 28 июля, 3Б. Именно в этом доме по материалам обследования состояния подвала, организованного председателем кооператива с участием представителя центра гигиены и эпидемиологии и представителя проектной организации ОАО «Брестжилпроект» были вынесены рекомендации необходимости замены запорной арматуры в теплоузлах, а также ремонта поврежденных участков пола подвала. В первую очередь были заменены запорные чугунные задвижки горячего и холодного водопроводов, а также трубопроводов в тепловых узлах на новые шаровые (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Процесс замены запорной арматуры в тепловом узле дома*

Для ремонта пола подвала ОАО «Брестжилпроект» была рекомендована схема его устройства следующего состава: уплотненное песчаное основание, бетонная подготовка из тощего бетона  $t=60$  мм; слой гидроизоляционной пленки; раствор цементный М100,  $t=30$  мм. Взамен предложенного состава, требующего больших затрат времени и механизмов на приготовление бетона и раствора, было принято решение уложить два слоя пленки ПЭ 0,15 мм (Польша) непосредственно на песчаное основание, а по пленке уложить мелкозернистую цементную смесь РСМ М100 СТБ 1307-2002 ОАО Красносельстройматериалы, изготовленную на воде затвердения, модифицированную разработанной в БРГТУ добавкой STG-3 ТУ РБ 0271613.379-04 (опытная партия). В результате получился прочный и водонепроницаемый цементный пол (см. рисунок 2).



*Рисунок 2 – Фрагменты участков пола подвала после его ремонта*

### **Заключение**

Изложенный анализ проблем жизнедеятельности общественных товариществ собственников многоэтажных домов и некоторые высказанные здесь предложения подтверждают необходимость и возможность их решения. Для этого пришло время научиться решать эти проблемы творчески совместно с государственными структурами управления. Хочется верить, что изложенное здесь внесет определенный вклад в новый жилищный кодекс Республики Беларусь.

УДК 504.51:504.5

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД г. БРЕСТА**

*Феденя В. М., Кузьмин С. И., Писарик М. А.*

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология», г. Минск, РБ, [belnic@mail.belpak.by](mailto:belnic@mail.belpak.by)*

Groundwater quality is formed under the influence of both natural and anthropogenic factors. Main sources of contamination are industrial emissions, sewage disposal, inappropriate solid waste treatment, private houses without cleaning systems. Chemical contamination of groundwater was registered in samples from individual mine shafts.

### **Введение**

Подземные воды г. Бреста подверглись техногенному загрязнению. Особенно грунтовые воды. Их уровень загрязнения во многих случаях превышает ПДК.

### **Экологическое состояние подземных вод г. Бреста**

Подземная гидросфера территории г. Бреста сформировалась как составная часть подземных вод обширной Брестской впадины под влиянием естественных факторов. При этом качественный состав воды соответствовал природному гидрогеохимическому фону. С интенсификацией хозяйственной деятельности, особенно в послевоенный период, все более заметное воздействие на нее оказывает техногенная нагрузка. Среди техногенных факторов формирования экологического

состояния подземных вод следует назвать поверхностное загрязнение, условия эксплуатации, различные мелиорации почв и т.д. Решающая роль в экологической трансформации качественного состава воды в гидрогеологическом разрезе принадлежит поверхностному загрязнению. Под его воздействием происходит изменение (преимущественно увеличение) концентраций одного или нескольких веществ или их суммы. В результате изменяется не только химический состав воды, но и ее тип. Например, залегающие первыми от земной поверхности грунтовые воды в ненарушенных гидрогеохимических условиях характеризуются гидрокарбонатным кальциево-магниевым составом замещаются сульфатно-гидрокарбонатными и нередко хлоридными натриевыми. Этот процесс сопровождается увеличением минерализации до ПДК = 1,0 г/дм<sup>3</sup> для питьевых вод и выше.

В результате хозяйственной деятельности всевозрастающая техногенная нагрузка на подземные воды приводит к их поверхностному загрязнению.

Для города Бреста все источники загрязнения подземных вод подразделяются на промышленные, коммунально-бытовые и специальные. Кроме этого, вследствие специфики роста города, выражавшейся включением в городскую черту сельских населенных пунктов, можно выделить и сельскохозяйственные источники.

Техногенное воздействие на подземную гидросферу города предприятия могут оказывать посредством выбросов в атмосферу с последующим осаждением загрязняющих веществ на земную поверхность, сбросов сточных вод и складирования твердых и жидких отходов.

Расчетами рассеивания загрязняющих веществ при выбросах установлено, что концентрации большинства из них не превышают ПДК.

Сбросы сточных вод от промышленных предприятий по системам водоотведения при отсутствии надлежащей очистки попадают в поверхностные водотоки и водосемы и загрязняют их. Поэтому необходимо осуществлять предварительную перед сбросом очистку на локальных очистных сооружениях предприятий. Прямое попадание загрязненных сточных вод в подземные воды возможно посредством утечек из канализационных сетей, особенно самотечных. Необходимо составлять достоверный баланс водопотребления и водоотведения на основании инструментального учета количества сбрасываемых сточных вод.

В большинстве предприятий города сложившиеся системы водоснабжения и водоотведения обеспечивают их потребности в питьевой и производственной воде, а также отведении хозяйственно-бытовых и производственных стоков.

Отходы промышленных и других предприятий представляют особую экологическую опасность для подземной гидросферы. Несоблюдение установленных правил обращения с ними приводит к поверхностному загрязнению подземных вод. Хранение растворимых отходов на земной поверхности без защитных противодиффузионных экранов, различные неорганизованные свалки, некорректная уборка территорий и т.п. обеспечивает беспрепятственное проникновение загрязнений в подземные воды.

Полигоны бытовых и промышленных отходов, устроенные в земных недрах являются опасными и постоянно действующими источниками загрязнения подземных вод. Особое место среди них принадлежит городскому ПТКО, действовавшему до 1980 г. и расположенному между дд. Бернады, Котельня-Боярская и Митьки, которые в 2003 г. включены в городскую черту [1].

Экологическая опасность полигона по отношению к подземным водам возросла после устройства в пределах его влияния захоронения непригодных пестицидов. Несмотря на ликвидацию захоронения пестицидов в 2007-2008 гг. в пробах грунтовых вод из наблюдательной скважины № 3 пестициды, отнесенные Стокгольмской конвенцией к СОЗ, выявлены в 2009 г. Они представлены изомерами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ -ГХЦГ. Этот факт свидетельствует, что и после извлечения пестицидов из хранилищ в них остаются загрязненные вмещающие их горные породы, в данном случае пески мелкозернистые.

В 2006 г. РУП «Бел НИЦ «Экология» произведен отбор 14 проб грунтовых вод в зоне влияния захоронения ядохимикатов, так и полигона ТКО. В большинстве из них концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК. Значения концентраций веществ-загрязнителей, превышающие ПДК, а также содержания пестицидов и ртути приведены в таблице.

Из приведенных в таблице данных следует, что превышают ПДК азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, фосфор фосфатный, бор, барий, железо, марганец, никель, ртуть, свинец, цинк. Пестициды (эндрин и ГХЦГ) выявлены в шахтных колодцах д. Гершоны и Котельня-Боярская. Содержание ртути установлено в 10 источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения из 28 опробованных. Ее концентрация в этих пробах оценивается в 0,0003-0,0005 при ПДК равным 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица – Значения концентраций веществ-загрязнителей, превышающих ПДК, а также ртути и пестицидов в подземных водах в зоне влияния захоронения пестицидов и ПТКО**

Показатели	Класс опасности	Содержание показателей, мг/дм <sup>3</sup>				ПДК
		д. Бернады	д. Гершоны	д. Котельня-Боярская	д. Митьки	
1	2	3	4	5	6	7
Сухой остаток		1026 (1)	-	2290 (1)	1068 (1)	1000
Азот аммонийный	3	-	7,89 (1)	3,62 (1)	6,26-6,64 (2)	2,0
Азот нитритный	3	-	-	1,53 (1)	-	1,0
Азот нитратный	3	16,09 (1)	15,16 (1)	11,34-17,37 (4)	11,86-15,64 (3)	10,17
Фосфор фосфатный	3	7,1 (1)	-	4,06-8,12 (2)	5,41 (1)	3,5
Бор	2	-	-	-	1,97-2,68 (2)	0,5
Барий	2	-	0,147-0,184 (2)	0,130-0,217 (4)	-	0,1
Железо	3	0,771 (1)	1,05-2,33 (3)	0,619-3,25 (4)	0,577-0,726 (2)	0,3
Марганец	3	0,102 (1)	0,179-0,541 (2)	0,117-1,49 (6)	0,208 (1)	0,1
Никель	3	-	0,108 (1)	-	-	0,1
Ртуть	1	0,0003 (2)	0,0003 (1)	0,00032-0,0005 (4)	0,0003-0,0004 (2)	0,0005
Свинец	2	0,031 (1)	0,035 (1)	0,03-0,132 (6)	0,037-0,06 (2)	0,03
Цинк	3	-	-	1,23 (1)	-	1,0
Пестициды	1	-	Эндрин 14,6*10 <sup>-6</sup> (1)	ГХЦГ 19,5-38,2*10 <sup>-6</sup> (1)	-	0,02-0,004

*Примечание: В скобках приведено количество определений*

Источником ртути на исследуемом участке могут быть как захороненные ртутьсодержащие ядохимикаты, так и различные отходы, складированные на полигоне ТКО. Тем более что среди пестицидов присутствует ртутьсодержащий гранозан в количестве 156 кг [2].

Ликвидация захоронения полностью не исключает загрязнение подземных вод. Погребенный полигон ТКО продолжает оставаться крупным загрязнителем окружающей среды и особенно подземных вод.

К сельскохозяйственным источникам подземных вод в городе относятся подворья жителей на участках индивидуальной застройки, которые по степени негативного воздействия на грунтовые воды приближаются к подворьям жителей сельских населенных пунктов. Основным загрязнителем грунтовых вод на этих участках является азот и в первую очередь нитраты – наиболее устойчивая его форма.

По данным гидрогеологических исследований 1960-1961 гг., минерализация грунтовых вод в пределах городской территории того времени не превышала 150 мг/дм<sup>3</sup>, нитраты и нитриты практически отсутствовали. По мере роста города, а также интенсификации хозяйственной деятельности техногенная нагрузка на подземную гидросферу возрастала. Ее увеличение стало особенно заметно с началом всеобщей химизации сельского хозяйства, начало реализации которой положено в 60-е годы. Значительная часть городской территории в те годы использовалась под сельхозугодья, что способствовало загрязнению подземных вод.

В процессе исследований подземных вод г. Бреста по теме «Территориальная схема охраны окружающей среды г. Бреста и Брестского района» в 2005 г. произведено районирование территории города по величине нитратного загрязнения. В зависимости от фактических концентраций нитратов в грунтовых водах выделены участки с низкой, средней, периодически высокой и высокой степенью загрязнения.

Низкая степень загрязнения характерна для зеленых участков в микрорайонах Дубровка и Катин Бор. Значительная часть городской территории в северо-западной, центральной и южной частях города относится к средней степени. Здесь содержание нитратов превышает естественный фон, но не достигает ПДК.

К периодически высокой степени загрязнения отнесены участки, на которых превышение ПДК одним или несколькими компонентами наблюдаются периодически. При этом высокий уровень чередуется со средним без видимых закономерностей во времени или по простиранию участка. Такой уровень загрязнения характерен для территории бывших деревень, включенных в город, а также места индивидуальной застройки.

Высокая степень загрязнения грунтовых вод характеризуется постоянным и устойчивым превышением ПДК одним или несколькими компонентами. Такие участки выявлены в районе улиц Красногвардейской, Пушкинской, Железнодорожной и др.

#### **Список использованных источников**

1 Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Территориальная схема охраны окружающей среды г. Брест и Брестского района». РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2005. – 128 с.

2 Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Комплексное обследование состояния окружающей среды в районе Брестского захоронения пестицидов». РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2006. – 45 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД г. БАРАНОВИЧИ И БАРАНОВИЧСКОГО РАЙОНА

**Феденя В. М., Писарик М. А.**

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология», г. Минск, РБ, [belnic@mail.belpak.by](mailto:belnic@mail.belpak.by)

Three cluster underground water intakes – Volokhva, Shchara-1 and Shchara-2 – have been explored are already in operation for the utility and drinking water supply of Baranovichy. A Dubrovno water intake area has been explored as well.

Total capacity of operating and prospected water intakes is 11,1 ths m<sup>3</sup>/day, operating water intakes is 88,1 ths m<sup>3</sup>/day. In 2006, total water withdrawal accounted for 45,45 ths m<sup>3</sup>/day, that is nearly 2-fold less than the capacity of operating water intakes.

However, water owners take actions to save water.

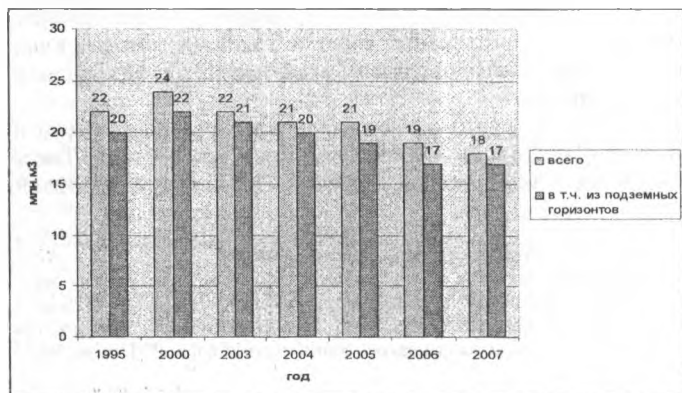
### Введение

Пресные природные подземные воды являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения.

### Использование подземных вод г. Барановичи и Барановичского района

Использование водных ресурсов начинается с забора природных вод из подземных и поверхностных источников.

Согласно данным государственного водного кадастра, в 2007 г из природных водных объектов г. Барановичи было забрано 18 млн.м<sup>3</sup>, что на 3 млн.м<sup>3</sup> меньше, чем в 2005 г. В структуре общего водозабора преобладает забор воды из подземных источников. Согласно данным Министерства статистики и анализа, приведенным на рисунке 1, забор воды из подземных горизонтов за период с 1995 по 2007 гг. составил 89-96% от общего забора воды из природных источников.



*Рисунок 1 – Забор воды из природных источников по городу Барановичи*



Для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Барановичи построены и функционируют 3 групповых водозабора: **Волохва, Щара-1 и Щара-2**. Разведен участок водозабора **Дубровно**. Перечисленные водозаборы эксплуатируются коммунальным унитарным производственным предприятием (КУПП) «Водоканал». Кроме этого, групповой водозабор подземных вод имеется у РУП «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» (ПХБО). Одиночные водозаборы имеют некоторые предприятия города.

Суммарная производительность всех водозаборов, включая Дубровно, составляет 113,1 тыс.м<sup>3</sup>/сут., действующих – 88,1 тыс.м<sup>3</sup>/сут. Суммарный водоотбор в 2006 г. составил 45,45 тыс.м<sup>3</sup>/сут., что почти в 2 раза меньше производительности действующих водозаборов [1].

На территории Барановичского района подземные воды используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения г.п. Городище и сельских населенных пунктов, а также сельскохозяйственного водоснабжения животноводческих и других отдельных объектов.

Организационно водозаборные сооружения района принадлежат Барановичскому КУПП «Водоканал», КУМПП ЖКХ «Барановичское районное ЖКХ», сельскохозяйственным предприятиям, некоторым предприятиям г. Барановичи и физическим лицам (индивидуальным владельцам).

### Водопользование

Забор воды из природных водных источников в г. Барановичи в 2007 г. уменьшился по сравнению с предыдущими годами и составил 18,4 млн.м<sup>3</sup> (по сравнению с 23,8 млн.м<sup>3</sup> в 2000 г.), в том числе из подземных горизонтов порядка 17,0 млн.м<sup>3</sup>. При этом уменьшились и потери воды при транспортировке, которые в 2007 г. составили 0,6 млн.м<sup>3</sup>. Тенденция к уменьшению забора воды имеет место и в Барановичском районе (таблица 1).

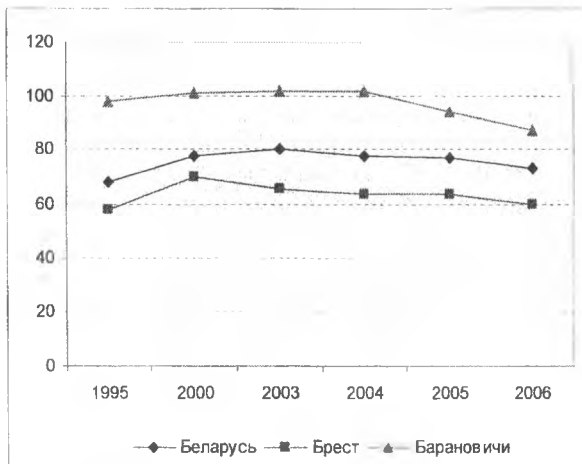
**Таблица 1 – Забор, использование и потери воды, (млн. м)**

	1995 г.	2000 г.	2003 г.	2006 г.	2007 г.
<b>Барановичский район</b>					
Забор воды из природных источников	11,5	9,9	8,1	9,0	7,4
Водопотребление (использование воды)	11,5	9,9	8,0	9,0	7,3
Потери воды при транспортировке	0	0	0,1	0,15	0,05
<b>г. Барановичи</b>					
Забор воды из природных источников	22,3	23,8	21,8	18,9	18,4
Водопотребление (использование воды)	20,8	20,7	20,6	17,2	16,0
Потери воды при транспортировке	1,5	3,1	1,1	0,4	0,6

Использование воды на хозяйственно-питьевое водоснабжение является основной составляющей водопотребления свежей воды в городе. Всего в 2007 г. было использовано 16 млн.м<sup>3</sup>, из них на хозяйственно-питьевые нужды израсходовано 13 млн.м<sup>3</sup> или 81% (таблица 2). При этом объем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды в расчете на 1 жителя по г. Барановичи значительно превышает среднее значение для Беларуси (рисунок 2).

**Таблица 2 – Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды, (млн. м<sup>3</sup>)**

	1995 г.	2000 г.	2003 г.	2006 г.	2007 г.
<b>Барановичский район</b>	0,3	2	2,1	2,9	1,9
<b>г. Барановичи</b>	17,1	17,2	17,2	14,6	13,0



**Рисунок 2 – Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды в расчете на 1 жителя, м<sup>3</sup>**

Имеет место тенденция к уменьшению объемов свежей воды, используемой на производственные нужды. Для этих целей в 2007 г. в г. Барановичи было использовано около 3 млн.м<sup>3</sup>, в Барановичском районе – более 7 млн.м<sup>3</sup>. При этом наблюдается некоторое снижение уровня потребления воды питьевого качества. Как видно из таблицы 3, процент использования воды питьевого качества на производственные нужды по г. Барановичи от общего производственного водопотребления изменялся от 58% в 1995 г. до 68% в 2003 г. и в 2007 г. составил 51%.

**Таблица 3 – Использование воды на производственные нужды (исключая сельское хозяйство), млн. м<sup>3</sup>**

1	1995 г.	2000 г.	2003 г.	2006 г.	2007 г.
<b>Барановичский район</b>	2	3	4	5	6
<b>Всего:</b>	<b>2,6</b>	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>	<b>9,0</b>	<b>7,3</b>
– в том числе: использование воды питьевого качества	0,3	2,1	1,9	0,6	0,8
– в процентах от производственного потребления	11,5	52,5	50,0	6,7	11,0
<b>г. Барановичи</b>					
<b>Всего:</b>	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>	<b>3,4</b>	<b>2,55</b>	<b>2,93</b>
– в том числе: использование воды питьевого качества	2,1	2,1	2,3	1,5	1,5
– в процентах от производственно-го потребления	58,3	60,0	67,6	58,8	51,2

В целях экономии свежей воды на предприятиях действуют системы оборотного и повторного использования воды. В 2007 г. объем повторно используемой воды составил 28,5 млн.м<sup>3</sup> (таблица 4).

**Таблица 4 – Экономия забора свежей воды за счет оборотного и последовательного водоснабжения, (млн. м<sup>3</sup>)**

	1995 г.	2000 г.	2003 г.	2006 г.	2007 г.
<b>Барановичский район</b>					
– оборотное и последовательное водоснабжение, всего	1,4	1,4	1,3	2,1	0,87
– в процентах к валовому потреблению на производственные нужды	35	25,9	25,5	66,0	50,0
<b>г. Барановичи</b>					
– оборотное и последовательное водоснабжение, всего	32,7	32,6	29,9	31,3	28,5
– в процентах к валовому потреблению на производственные нужды	90,1	90,3	89,8	92,0	91,0

В соответствии с требованиями Водного Кодекса Республики Беларусь подземные воды в г. Барановичи используются, в основном, для хозяйственно-питьевого водоснабжения. И хотя крупные источники поверхностных вод в городе и пригороде отсутствуют, техническое водоснабжение субъектов хозяйствования осуществляется поверхностными водами. В качестве источника используется специально построенное водохранилище на р. Щара у д. Миничи Ляховичского района в 20 км от города для производственного водоснабжения ПХБО. Потребности других предприятий в речной воде также обеспечиваются этим водозабором. Забор воды в 1995 г. составлял 2,14 м<sup>3</sup>/год, а в 2006 г. снизился до 1,32 млн. м<sup>3</sup>/год, что обусловлено сокращением объемов производства.

#### **Список использованных источников**

- 1 Отчет о научно-исследовательской работе «Корректировка территориальной схемы охраны окружающей среды г. Барановичи и прилегающего района», РУП «Бел НИЦ «Экология», Мн., 2008. 152 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

*Белоусова Г.Н., Вострова Р.Н.*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В Г.П. КОММУНАР  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ..... 3

*Богодязь Е.П.*

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ  
БУГ В МЕСТАХ СБРХС'А В НИХ СТОЧНЫХ ВОД..... 6

*Боровиков А.А.*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ  
ЗАВЕС..... 9

*Босак В.Н.*

ВЛИЯНИЕ ПОКРОВНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ГРУНТА НА СНИЖЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ  
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ..... 13

*Булак И.А.*

АНАЛИЗ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БРЕСТСКОЙ ЧАСТИ  
БАССЕЙНА Р. НЕМАН..... 17

*Быков В.Л., Мешик О.П.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦЕНТОВ ВОДООБМЕНА В  
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СХЕМАХ ПО РАСЧЕТУ ДРЕНАЖА..... 21

*Валуев В.Е., Мешик О.П.*

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЕГО ОЦЕНКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФАКТОРОВ ВЕСЕННЕГО  
ПОЛОВОДЬЯ РЕК БЕЛАРУСИ..... 25

*Валуев В.Е., Мешик О.П.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ..... 30

*Васильева В.С., Островская Л.Е., Ксенофонтов М.А.*

ЭФФЕКТИВНЫЙ НЕФТЕПОГЛОЩАЮЩИЙ ПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ..... 34

*Водчиц Н.Н., Стельмашук С.С.*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ МЕЛИОРАЦИИ  
ПОДТОПЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ..... 37

*Волчек А.А., Грядунова О.И.*

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ  
БАССЕЙНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ..... 41

*Волчек А.А., Махнист Л.П., Рубанов В.С.*

ОБ АСИМПТОТИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ ПАРАМЕТРА ОДНОГО ИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ  
ВЕРОЯТНОСТЕЙ РЕЧНОГО СТОКА..... 45

*Волчек А.А., Шешко Н.Н.*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ  
ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА..... 50

<i>Волчек А.А., Шпендик Н.Н., Хинич А.И.</i> К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ТОРФЯНЫХ РАЗРАБОТОК НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТНОГО МАССИВА «МОРОЧНО»).....	55
<i>Волчек А. А., Натарева О. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУ ПРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕК ПРИПЯТСКОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА ТЕПЛОВОДНО-БАЛАНСОВЫМ МЕТОДОМ.....	59
<i>Волчек А.А., Власюк О.В.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	63
<i>Волчек А.А., Коломеец Н.Е.</i> ТРАНСГРАНИЧНАЯ РЕКА ЗАПАДНЫЙ БУТ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	67
<i>Волчек А.А.</i> ПРОГНОЗ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ.....	71
<i>Геррман Л.Н.</i> ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И РЕСУРСАМИ ГРУНТОВЫХ ВОД.....	74
<i>Голуб Н.М.</i> ВЛИЯНИЕ ВЕЩЕСТВ-ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ, НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АКТИВНОГО ИЛА.....	79
<i>Головач А.П., Монтик С.В.</i> ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	83
<i>Глушко К.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ ВОДОСБОРА Р. БОБРИК.....	87
<i>Кирвель И.И., Камлач В.И.</i> ОЦЕНКА УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ПОДТОПЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	91
<i>Кобяк В.В.</i> РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ГИДРОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛАРУСИ.....	95
<i>Котов Д.С., Саечников В.А., Котов С.Г.</i> РАСЧЕТ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЕ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ НАПОРНОГО ФРОНТА.....	98
<i>Лагуз Т.Д.</i> КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ПЛОДОВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	101
<i>Левкевич В.Е., Бузук А.В.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ БЕРЕГООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	107

<i>Левчук Н. В., Кобринец Л. А.</i> ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	110
<i>Липницкая Е. П.</i> ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	115
<i>Лопух П. С., Кабушева Т. С.</i> НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАРАСТАНИЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	119
<i>Лукашевич М. В.</i> КОРРОЗИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХЛОРОСОДЕРЖАЩИХ СРЕД.....	122
<i>Мороз М. Ф., Водчиц Н. Н., Глушко К. А.</i> КОМПЛЕКС ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА РЕКЕ ШАРА.....	124
<i>Пеньковская А. М., Дубенок С. А.</i> ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ НЕМАПА.....	128
<i>Равленко Л. И., Шитова Е. М.</i> ОСОБЕННОСТИ ИОННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	132
<i>Резько Н. А.</i> ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БЛИЗИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	135
<i>Стельмашук С. С., Водчиц Н. Н.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ ЗАБОЛОЧЕННЫХ МАССИВОВ СО СЛОЖНОЙ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРОЙ.....	139
<i>Усачева Л. Н., Усачева К. В.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ПОДАВЛЕНИЯ ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА.....	143
<i>Халецкий В. А., Тур Э. А.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННЫЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СЛОЖНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	147
<i>Ценаев С. П.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ: НОРМАТИВНО- ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ВЗАИМОСВЯЗИ.....	151
<i>Шведовский П. В., Волчек А. А., Шведовская Д. В.</i> ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ И УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОСИСТЕМ И БИОСФЕРНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ.....	155
<i>Яловая Ю. С., Вакульская О. А., Яловая Н. П.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ.....	159

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

<i>Выдумчик С.В., Гавриленко О.О., Павлюкевич Т.Г., Ксенофонтов М.А.</i> УНИВЕРСАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОСБЕРЕГАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА .....	165
<i>В. И. Гладковский, В.Я. Хуснутдинова</i> КУРС ФИЗИКИ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	168
<i>Ежи Брылка, Лех Магрел</i> ДРЕВЕСНЫЙ ГАЗ И ЭКОЛОГИЯ .....	171
<i>Лех Магрел, Ежи Брылка</i> ФЕРМЕНТАЦИЯ ОТХОДОВ ОТ УБОЯ СКОТА .....	174
<i>Мацко И.И.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СТАНЦИЙ .....	179
<i>Медведева О.Н.</i> АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА .....	185
<i>Новосельцева Д.В.</i> СЖИГАНИЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ В УСТРОЙСТВАХ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ .....	189
<i>Павленко С.Н.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОГАЗА .....	191
<i>Радчук А.П., Куган С.Ф.</i> ВНЕДРЕНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЁТА КАК ОДНОГО ИЗ ФАКТОРОВ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ .....	195
<i>Сальникова С.Р.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО КАНАЛА .....	198
<i>Северянин В.С.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕПЛИЧНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ .....	201
<i>Соболев Е.В.</i> МНОГОФАКТОРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА .....	205
<i>Тимошук А.Л., Шеметовец А.В., Тетёркин Д.А.</i> ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ .....	208
<i>Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В.</i> ТРАНСФОРМИРУЕМЫЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ ЭКРАН ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ .....	211
<i>Черников И.А.</i> О ПРОБЛЕМАХ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ .....	214
<i>Янчилин П.Ф.</i> ГЕЛИОУСТАНОВКА «ЛУЧ» .....	216

**«ВОДА» — ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

<i>Акулич Т.И., Столярчук В.И., Калишук Ю.А.</i> АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГЛУБОКОГО УДАЛЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ .....	221
<i>Андреюк С.В.</i> ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СОВРЕМЕННЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ.....	225
<i>Басов С.В., Гладышук А.А.</i> РУРМУС БЕРЕСТЕЙСКОГО ЗАМКА .....	228
<i>Бербасова Н.Ю., Галкина Е.Г.</i> СМК КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ПРОЦЕССОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ .....	235
<i>Бернацкий Н.В., Гироль А.Н., Трач Ю.П., Гироль А.Н., Боярчук А. В., Чорнота В. Д.</i> УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ СЕРОВОДОРОДА НА ПРИМЕРЕ П П «КОЗЛИВСКИЙ СПИРТОВЫЙ ЗАВОД».....	238
<i>Борсук И.П., Яловая Н.П.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ .....	241
<i>Волкова Г.А.</i> ПРОБЛЕМЫ КОРРОЗИИ В ВОДООБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ .....	247
<i>Волчек А.А., Шелест Т.А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЕЛИЧИЮ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ.....	252
<i>Вострова Р.Н., Мохарева С.П.</i> ОЦЕНКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОМЕЛЬСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	256
<i>Гироль Николай, Ковальский Дариуш, Якимчук Богдан, Гироль Анна</i> ПРОБЛЕМЫ ПОВТОРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ .....	259
<i>Гироль Николай, Бойчук Сергей, Гироль Анна, Лагуд Гжегож</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ .....	262
<i>Гироль Николай, Трач Юлия, Гироль Анна</i> ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ТЕПЛОЙ ВОДЫ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	265
<i>Гироль Андрей, Якимчук Богдан</i> ОПЫТ РАБОТЫ ФИЛЬТРА С ПЛАВАЮЩИМ ФИЛЬТРУЮЩИМ СЛОЕМ В СХЕМЫ ДЕКАРЕОНИЗАЦИИ ВОДЫ НА ОАО "РИВНЕАЗОТ".....	268
<i>Голченко М.Г., Анженков А.С.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ МЕХАНИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ .....	271



<b>Головач А.П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ВОДЕ МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ .....	274
<b>Дзюба И.П., Гребенчикова И.А., Рымовская М.В., Флорик Е.А., Маркевич Р.М.</b> УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ И ДЕСТРУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АКТИВНОГО ИЛА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	278
<b>Житнев Б.Н., Любчук Ю.Е.</b> ЖИДКОФАЗНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ, НА ПРИМЕРЕ РАСТВОРА ИМИДАКЛОПРИДА .....	281
<b>Житнев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БРЕСТКИЙ ЧУЛОЧНЫЙ КОМБИНАТ» .....	284
<b>Житнев Б.Н., Бульская И.В.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ .....	290
<b>Кароза С.Э.</b> ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. БРЕСТА .....	295
<b>Климец Е.П., Мартысюк И.А.</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В ЗАМКНУТЫХ ВОДОЕМАХ ПО СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ГИДРОБИОНТОВ .....	299
<b>Козицин Т.В.</b> УЧЕТ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ УЧАСТКОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ДИАМЕТРОВ ТРУБ .....	301
<b>Колобаев А.Н., Новикова О.К.</b> ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМОВ, НАПРАВЛЯЕМЫХ НА ОЧИСТКУ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	305
<b>Лихацевич А.П.</b> ПОКАЗАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ И СРАВНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ .....	309
<b>Мичкова Т.С., Невзорова А.Б.</b> МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ ИЗ ПИТЬЕВЫХ ВОДОПРОВОДОВ .....	313
<b>Науменко Л.Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ КОАГУЛИРОВАНИЕМ В ПРИСУТСТВИИ ФОСФАТОВ НА СВОЙСТВА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОСАДКОВ .....	316
<b>Новосельцев В.Г., Наумчик Г.О.</b> ПРОБЛЕМЫ НАРУЖНОГО ВОДОСТОКА .....	321
<b>Zofia Rzączyńska, Agata Bartyzel and Jolanta Narkiewicz-Michalek</b> DETECTION OF POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBON (PAH) COMPOUNDS IN RIVER WATERS USING HPLC-UV/VIS .....	323

<i>Терещенко А.В., Невзорова А.Б.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКОНТИНУАЛЬНОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ.....	327
<i>Уласевич З.Н., Уласевич В.П., Якубовская О.А.</i> К ПРОБЛЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ ТОВАРИЩЕСТВ СОБСТВЕННИКОВ .....	331
<i>Феденя В.М., Кузьмин С.И., Писарик М.А.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД Г. БРЕСТА.....	336
<i>Феденя В.М., Писарик М.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД Г. БАРАНОВИЧИ И БАРАНОВИЧСКОГО РАЙОНА .....	340

Научное издание

**Проблемы водоснабжения,  
водоотведения и энергосбережения  
в западном регионе Республики Беларусь**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
посвящённой 65-летию победы в  
Великой Отечественной войне**

**22–23 апреля 2010 г.**

Текст печатается в авторской редакции

Ответственный за выпуск: *Волчек А.А.*

Редактор: *Строкач Т. В.*

Компьютерная вёрстка: *Боровикова Е.А.*

Корректор: *Никитчик Е. В.*

Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009.

Подписано к печати 16.04.2010 г.

Бумага «Снегурочка». Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ .

Гарнитура Times New Roman. Усл. п. л. 20,4.

Уч.-изд. л. 22,0. Тираж 100 экз. Заказ № 458.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-151-7



9 789854 931517