

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ**



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

**Научно-технические проблемы
водохозяйственного и энергетического
комплекса в современных условиях Беларуси**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

21–23 сентября 2011 года

ЧАСТЬ I

Брест 2011

Рецензенты:

Богдасаров М.А. – д.г.-м.н., доцент, зав. кафедрой географии Беларуси БрГУ им. А.С. Пушкина.

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

Редакционная коллегия:

Председатель:

Пойта П.С. — д.т.н., профессор, ректор БрГТУ.

Зам. председателя:

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

Валуев В.Е. – к.т.н., доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций.

Члены редакционной коллегии:

Басов С.В. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии.

Водчиц Н.Н. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций.

Житенев Б.Н. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов.

Мешик О.П. – к.т.н., доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций.

Новосельцев В.Г. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Северянин В.С. – д.т.н., профессор, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

Яловая Н.П. – к.т.н., доцент, директор института повышения квалификации и переподготовки кадров.

Н 34 Научно-технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ конф., Брест, 21–23 сент. 2011 г.: в 2-х частях / Брест. гос. техн. ун-т; под ред. П.С. Пойты [и др.]. – Брест: изд-во БрГТУ, 2011. – Ч. I. – 135 с.

ISBN 978-985-493-201-9 (часть 1)

ISBN 978-985-493-200-2

В сборнике представлены материалы докладов участников Международной научно-практической конференции. Издается в 2-х частях. Часть 1.

ISBN 978-985-493-201-9 (часть 1)

ISBN 978-985-493-200-2

© Издательство БрГТУ, 2011

МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 631.61

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Валуев В.Е., Мешик О.П., Юрченко Н.Т.*

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь; * Омский филиал открытого акционерного общества «Сибирский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», г. Омск, Российская Федерация, mor@bstu.by

The obtained results can be used in solution of hydromeliorative and water problems.

Введение

Для зон недостаточного и неустойчивого естественного увлажнения сельхозземель юга Западной Сибири, в которых только орошаемое земледелие способно обеспечивать на постоянной основе гарантированный валовый сбор и высокую урожайность зерновых, кормовых культур и овощей, до настоящего времени не осуществлена разработка водосберегающих режимов орошения ведущих сельхозкультур в контексте комплексной оценки природной тепловлагообеспеченности с использованием массовых материалов гидрометеорологических наблюдений в совокупности с немногочисленными, часто нерепрезентативными, экспериментальными данными.

Основная часть

В почвенно-биоклиматических областях юга Западной Сибири средняя многолетняя величина эвапотранспирации сельхозкультур составляет от 310 до 580 мм и более. Внутригодовое распределение водопотребления (от начала вегетации до ее завершения), в соответствии с суммами положительных среднесуточных температур воздуха ($\sum t_{>0^{\circ}\text{C}}$), осуществляется на основе значений биологического коэффициента водопотребления, установленного экспериментальным путем.

Параметры оросительного элемента гидромелиоративных систем устанавливаются с учетом обеспечения водопотребления ведущих сельхозкультур, наиболее требовательных к водному режиму как в сухие, так и во влажные годы [1]. В принципе, интегральным показателем естественной увлажненности сельхозземель является влажность почвенного слоя, откуда растения, помимо влаги, получают питательные вещества, снабжаются кислородом воздуха и др. В условиях мелиораций задаются и оперативно поддерживаются необходимые в конкретные фазы развития культурных растений минимальные ($W_{\min i}$) и максимальные ($W_{\max i}$) уровни (режимы) влажности почв. Почвенные влагозапасы на конкретном сельскохозяйственном поле являются производной от количества и характера динамики поступления в деятельный слой почвы влаги за счет выпадающих атмосферных осадков, почвенно-

грунтовых, склоновых и намывных вод. Причем количество влаги, аккумулируемой в почвенном слое, определяется соотношением (балансом) между ее приходом и расходом на территории за расчетный период (i).

В естественных условиях имеет место большая пространственно-временная изменчивость влагообеспеченности используемых в сельхозпроизводстве земель. Однако известны трудности накопления опытных данных, напрямую характеризующих естественную увлажненность сельхозземель в ее динамике и развитии. Нами использованы расчетные режимы влаго- и теплообеспеченности, на фоне которых складываются свойственные данному району (земельному массиву) условия, определяющие направления и виды гидромелиораций. Оценка количественных характеристик естественных условий увлажненности земель лежит на путях комплексного установления целого ряда гидролого-климатических показателей. Причем, такая оценка нами выполнена при использовании тепловоднобалансового подхода, дающего возможность рассмотрения балансов поверхностных и почвенно-грунтовых вод в их единстве с процессом формирования теплоэнергетических ресурсов климата исследуемой территории на основе метода гидролого-климатических расчетов профессора В.С. Мезенцева [2 и др.].

Формирование водосберегающих режимов орошения сельскохозяйственных культур осуществлено на базе моделирования динамики почвенных влагозапасов по предложенным ранее и адаптированным к поставленной локальной задаче методикам [3 и др.]. В информационную базу данных нами включены, с одной стороны, полученные материалы тепловоднобалансовых расчетов по 8 характерным, наиболее информационно обеспеченным пунктам исследуемой территории, которые установлены на основе автоматизированных расчетов по оригинальным методикам и программам, с другой – средние многолетние почвенные влагозапасы 50 см слоя почвы на начало вегетации, а также карты пространственного распределения оросительных норм по ведущим для исследуемой территории сельхозкультурам (P=75%) (рис. 1, 2).



Рисунок 1 – Оросительные нормы 75 %- ной обеспеченности для многолетних трав, м³/га



Рисунок 2 – Оросительные нормы 75 %- ной обеспеченности для яровых зерновых культур, м³/га

Оросительные нормы 75 %- ной обеспеченности изменяются по исследуемой территории и культурам в следующих пределах: 1400–2800 м³/га (многолетние травы), 1400–2750 м³/га (овощные культуры), 1000–2400 м³/га (яровые зерновые); 90 %- ной обеспеченности – 1850–4250 м³/га (многолетние травы), 1850–4250 м³/га (овощные), 1250–3500 м³/га (яровые зерновые). Минимумы приурочены к северо-восточной, максимумы – к южной частям исследуемой территории.

Разработанная методика и алгоритм моделирования динамики почвенных влагозапасов апробированы на возделываемых в условиях юга Западной Сибири сельхозкультур. Полученные основные параметры режимов орошения сопоставлялись с биологически оптимальными водными режимами. Основные параметры рациональных водосберегающих режимов орошения многолетних трав, овощей и яровых зерновых (75 и 90 % - ной обеспеченности), в качестве примера по пункту Омск – Степная, представлены в таблице.

Таблица – Основные параметры водосберегающих режимов орошения сельхозкультур (поливные нормы, м³/га, средние даты поливов) в пункте Омск – Степная

Наименование культуры	P, %	Средние даты поливов дождеванием и поливные нормы, м ³ /га										
		01.05	10.05	20.05	01.06	10.06	20.06	01.07	10.07	20.07	01.08	10.08
многолетние травы	75	400	250	150	100	150		200	200	200	200	
	90	400	250	200	200	200	300		250	300	250	
овощные культуры	75	150	150	150	150	200	200	200	200	200	150	
	90	250	250	200	200	250	250	250	250	300	300	150
яровые зерновые	75	300	200	150	150	150	250	100				
	90	350	300	200	200	200	300	200				

Полученные нами величины существенно отличаются от оросительных норм, устанавливаемых по традиционным методикам. Принципиальное отличие заключается в используемой методологии теоретических оценок и особенностях самих методик формирования основных составляющих режима орошения (оросительных, поливных норм, средних дат и сроков поливов, межполивных периодов).

Заключение

Изученность режимов орошения сельхозкультур, возделываемых на исследуемой территории, крайне низка. Черноземы обыкновенные, южные, а также выщелоченные и серые лесные почвы обладают достаточным плодородием, чтобы при оптимальном водопотреблении зерновых, овощных культур и многолетних трав устойчиво обеспечивать высокую их урожайность в засушливые годы. В связи с отсутствием необходимых экспериментальных данных по водосберегающим режимам орошения сельхозкультур в условиях юга Западной Сибири, авторы исследования использовали собственную информационную базу данных и осуществили независимое моделирование основных параметров водосберегающих режимов орошения. Предлагаемые взаимосвязанные методики комплексной оценки природной тепловолагообеспеченности для целей орошения сельхозземель и формирования водосберегающих режимов орошения сельхозкультур, апробированные в настоящем исследовании, по нашему мнению, перспективны и позволяют в дальнейшем организовать научно-исследовательские работы на направлении более полного

использования скрытых резервов оптимизации лимитирующих факторов (хозяйственно-экономических, эколого-мелиоративных и водохозяйственных) в условиях юга Западной Сибири.

Список цитированных источников

1. Эколого-социальные аспекты освоения водно-земельных ресурсов и технологий управления режимами гидромелиорации / П.В. Шведовский [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 363 с.

2. Режим влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / Под ред. В.С. Мезенцева. – М.: Колос, 1974. – 240 с.

3. Волчек, А.А. Моделирование динамики почвенных влагозапасов в условиях гидромелиорации / А.А. Волчек, В.Е. Валуев, Н.Т. Юрченко // Совершенствование и реконструкция мелиоративных систем: труды ВНИИГиМ. – М. – 1990. – Т. 78. – С. 46–55.

УДК 631.347.3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Васильев В.В., Шавлинский О.А.

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, gms.baa@tut.by

The article deals with the assessment of efficiency and service reliability of modern sprinkling units. Higher efficiency and reliability of using drum and hose type sprinklers are recorded.

Введение

Наметившаяся в последние два десятилетия тенденция увеличения засушливости теплых периодов и крайне неравномерное выпадение и распределение атмосферных осадков приводят к объективной необходимости восполнения дефицита почвенной влаги практически для всех сельскохозяйственных культур, которые возделываются на автоморфных почвах различного механического состава. Основным мелиоративным мероприятием, восполняющим в течение вегетационного периода недостаток влаги для сельскохозяйственных культур, является орошение. Многочисленные научные и производственные исследования убедительно свидетельствуют о том, что орошение однолетних и многолетних трав, бобово-злаковых травосмесей, овощных и некоторых других сельскохозяйственных культур необходимо и экономически оправдано. Особенно высокую эффективность дает орошение дождеванием овощных культур и раннего картофеля.

Основная часть

Ситуация, сложившаяся в области использования оросительных мелиораций в республике, не соответствует современным запросам участников сельскохозяйственного производства. Согласно [1], на 01.01.2010 оросительные системы на площади 8,3 тыс. гектаров находятся в работоспособном состоянии, на площади 7,6 тыс. гектаров – нуждаются в реконструкции и восста-

новлении. Поскольку поливная техника и сооружения оросительных систем материалоемкие и дорогостоящие, восстанавливать и реконструировать их предлагается только в тех сельскохозяйственных организациях, где применение орошения не прерывалось в последние годы. Расчеты показывают, что в республике экономически выгодно применять орошение при производстве овощной продукции, если инвестиции и ежегодные эксплуатационные затраты в сумме не превышают 60 тыс. долларов США на одну дождевальную установку. Эти расчеты ориентированы на среднесрочные прибавки урожая основных овощных культур от орошения при хорошей окультуренности почв и действующих на конец 2010 года уровня закупочных цен. Следует отметить, что при высоком уровне агрофона и повышении закупочных цен окупаемость орошения, как правило, не превышает 8–10 лет.

Поскольку развитие орошаемого земледелия в республике не регулируется, то сельхозпроизводители, заинтересованные в применении данного фактора интенсификации производства овощной и другой растениеводческой продукции, стали самостоятельно закупать оросительную технику, ориентируясь в основном на дождевание. Вместе с тем до настоящего времени практический интерес к орошению сельскохозяйственных культур не подкреплен научно обоснованными рекомендациями по выбору техники для дождевания. Учитывая это, в рамках реализации Постановления НАН РБ от 11 ноября 2009 года № 615 для решения актуальных производственных проблем, связанных с орошением сельскохозяйственных культур на учебно-оросительном комплексе «Тушково-1» Горецкого района Могилевской области в 2010 году изучалось применение широкозахватных и барабанно-шланговых дождевальных машин. Краткая характеристика этих машин приводится в таблице.

Таблица – Основные характеристики дождевальной техники, установленной на учебно-оросительном комплексе «Тушково-1»

Дождевальная машина	Расход, л/с	Напор, м	Длина, м	Площадь орошения, га	Число тележек	Число дождевателей	Страна-изготовитель
Mini-Pivot	6,9	27	102	4,8	3	16	США
Zimmatik	19,2	40	295	40–50	6	93	Франция
BAUER “Rainstar” T-61	5–15	40	350	30–40	-	1	Австрия
IRRILAND “Raptor”	7–11	40	350	30–40	-	20	Италия
Фрегат (ДМУ-А 140-18)	18	40	140	8,5	5	21	Россия

В 2010 году основной целью исследований являлось изучение эксплуатационных характеристик дождевальных машин, указанных в таблице. Для достижения этой цели контролировались следующие показатели:

- сборочные единицы и трудозатраты при расконсервации и приведении дождевальных машин в работоспособное состояние к началу оросительного периода, а также при консервации техники и подготовке к зимнему хранению;
- отказы техники, полученные в процессе ее эксплуатации;
- ремонтпригодность дождевальных машин.

В течение апреля 2010 года непосредственные исполнители работ (3 специалиста) были ознакомлены со стандартной методикой проведения исследований, порядком заполнения разработанных форм и таблиц. При расконсервации дождевальных машин, установке дождевальных аппаратов и насадок и проверке отдельных узлов использовались действующие инструкции операторов дождевальных машин. В течение мая 2010 года, одновременно с проведением полевых работ, продолжалась работа по полной комплектации машин, устранению отдельных поломок, опробованию в действии отдельных узлов, выполнению комплекса работ по насосной станции, водозабору и проведению пробных поливов. Орошение опытных полей и делянок проводилось в период с 1 по 21 июля 2010 года дождевальными машинами «Zimmatik», «IRRILAND» и «BAUER». Некоторые выводы, согласно [2], приводятся ниже:

1. Наиболее сложных и трудоемких работ требует расконсервация широкозахватных дождевальных машин «Zimmatik», и «Mini-Pivot». Несколько менее сложные, но также достаточно трудоемкие работы выполняются при этом на «Фрегате». Наименее трудоемких действий требует подготовка к поливу после зимнего хранения шланговых дождевальных машин «BAUER» и «IRRILAND». Однако для зимнего хранения их требуются складские помещения, соответствующие их габаритам.

2. Отказы наблюдались у всех широкозахватных дождевальных машин.

3. Дождевальная машина «Zimmatik» дополнительно нуждается в тщательном устройстве копирной траншеи. У нее также наблюдается быстрое засорение микрождевателей. Для восстановления качества дождя требуется прекратить полив и провести очистку микрождевателей.

4. При проведении полива широкозахватными дождевальными машинами требуется затрачивать время и энергию на их холостые перемещения, что создает помехи при проведении сельскохозяйственных работ. Шланговые дождевальные машины не имеют указанного недостатка.

5. Широкозахватные дождевальные машины работают от стационарной напорной сети, что значительно удорожает стоимость оросительной системы. Шланговые дождевальные машины могут работать как со стационарными и передвижными насосными станциями, так и с приводом от вала отбора мощности трактора, что значительно упрощает их применение.

Заключение

Проведенные исследования показали, что барабанно-шланговые дождевальные машины менее подвержены отказам и поломкам при расконсервации, монтаже съемного оборудования к началу оросительного периода, выполнении поливов, а также при консервации техники для зимнего хранения. Они мобильны и более эффективны в условиях ротации сельскохозяйственных культур в овощных севооборотах.

Список цитированных источников

1. Гос. программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011 – 2015 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 авг. 2010 г., №1262 // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Минск, 2010.

2. Выполнить оценку эксплуатационных характеристик дождевальной техники учебно-оросительного комплекса «Тушково-1»: отчет о НИР / УО «БГСХА», РНДУП «Институт Мелиорации»; рук. В.И. Желязко, А.П. Лихацевич. – Горки–Минск, 2010. – 27 с.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УРОВНИ ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИЛЕГАЮЩИХ ЗЕМЕЛЬ К ПРУДАМ, И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ РЕГУЛИРОВАНИЮ

Водчиц Н.Н., Глушко К.А., Стельмашук С.С.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

Factor effecting the level of ground waters in areas enclosing water bodies along with the ways to controe it have been proposed.

Введение

Поддержание необходимого уровня режима грунтовых вод на землях, прилегающих к прудам и водохранилищам, используемым в хозяйственных целях, имеет огромное значение в различных областях народного хозяйства.

Основная часть

Для управления режимом грунтовых вод необходимо знать условия и факторы его образования, методы управления им применительно к конкретным хозяйственным требованиям. К основным факторам изменения режима грунтовых вод относятся: приход/ питание и расход грунтовых вод.

Главными приходными факторами режима грунтовых вод являются: приток грунтовых вод со стороны повышенной части водосбора, фильтрация воды из прудов и водохранилищ, инфильтрация поверхностных вод (атмосферные осадки, затопление) и конденсация влаги в почве. К расходным факторам режима грунтовых вод относятся отток грунтовых вод и испарение. Одни из этих факторов являются природными, другие носят антропогенный характер.

Кроме перечисленных факторов, на режим грунтовых вод оказывает свое влияние геологическое строение, рельеф рассматриваемых территорий, глубина залегания водоупора, водопроницаемость грунтов (пески, суглинки).

Грунтовые воды вследствие изменчивости геологии территории тесно связаны с подземными водами и с водами рек, каналов и прудов.

Изменять и регулировать положение грунтовых вод можно путем изменения факторов питания и расхода, а это можно осуществлять: гидротехническими методами (создание водохранилищ и прудов, отводящих воду каналов и т.п.); агротехническими методами (изменение свойств почвы и условий поглощения стока, испарение).

Создание прудов и водохранилищ в условиях плоского рельефа Белорусского Полесья приводит к резкому изменению режима грунтовых вод. Уровни воды в прудах находятся в основном выше поверхности земли, в результате фильтрации из них воды и подпора грунтового потока, на прилегающих территориях создается особый водный режим, который вызывает подтопление и заболачивание данных территорий. Водный режим активного слоя почвы оказывает большое влияние на ее пищевую, воздушный, тепловой, микробиологический режимы, т.е. на основные факторы, определяющие плодородие. Количество влаги в почвогрунтах на этих территориях увеличивается за счет выпадения атмосферных осадков. Уменьшение количества влаги на прилегающих к прудам территориях происходит только за счет испа-

рения и частичного оттока грунтовых вод. Для обеспечения нормальной хозяйственной деятельности человека на подтопленных территориях необходимо правильно выбрать комплекс мелиоративных мероприятий, которые обеспечивали бы снижение уровней грунтовых вод и позволяли осуществлять их регулирование в оптимальных пределах.

Мелиоративные мероприятия должны регулировать:

– поступление на осушенную территорию фильтрационных вод из водохранилищ и прудов, делювиальных, грунтовых и грунтово-напорных вод с прилегающих территорий;

– уровень грунтовых вод на осушаемой территории;

– отвод паводковых вод и атмосферных осадков с осушаемой территории.

Кроме того, как показали исследования, в отдельные периоды необходимо искусственным путем восполнять недостатки влаги в активном слое почвы, проводя мероприятия по увлажнению подтопленных земель. В непосредственной близости от водохранилища или пруда для этой цели должен использоваться метод субиригации. На удаленных от водохранилища территориях увлажнение корнеобитаемого слоя должно обеспечиваться шлюзованием и в отдельных случаях – дождеванием. В поймах рек в зависимости от конкретных условий требуется регулирование водоприемника или обвалование русел. Улучшению водного режима осушаемых земель могут служить планировка поверхности, культуртехнические, агролесомелиоративные и агротехнические мероприятия.

Для перехвата и регулирования делювиальных вод, стекающих с прилегающей территории, необходимо устраивать нагорные каналы со шлюзами-регуляторами и водовыпусками. Склоновые талые воды, содержащие питательные вещества, должны направляться на осушаемую территорию, бедные питательными веществами – сбрасываться за пределы осушаемого участка. Через нагорные каналы в вегетационный период возможна подача воды для увлажнения осушенной территории. Нагорные каналы, как правило, устраиваются со стороны верхней границы защищаемой территории.

Организация стока талых вод и ливневых атмосферных осадков на самой территории осушения достигается устройством закрытой или открытой водоотводящей сети, а также с помощью вертикальной планировки поверхности.

Ловчие каналы или головной дренаж должны преграждать и регулировать поступление грунтовых вод со стороны водораздела. В зависимости от условий, они могут быть представлены открытыми каналами, трубчатыми горизонтальными дренами, вертикальными или горизонтальными дренами с вертикальными колодцами. Глубина головных каналов должна обеспечивать перехват грунтового потока, вызывающего заболачивание местности. Головные дренажи прокладываются по верхней границе осушаемой территории, в местах выклинивания и наивысших уровней грунтовых вод. Если головной дренаж проходит по плохо проницаемым грунтам (глина, суглинок, торф), то он должен прорезать всю водопроницаемую толщу и врезаться в водоносные грунты.

Поступление фильтрационных вод на земли, находящиеся в зоне влияния водохранилищ и прудов, предотвращается береговым дренажем, который служит также для устранения влияния на прилегающие земли подпертых бьефов. Береговой дренаж выполняется в виде открытых каналов, закрытых горизонтальных дрен, вертикальных и горизонтальных дренажей с вертикальными колодцами, а также может быть комбинированным. Вода из берегового

дренажа отводится самотеком в нижний бьеф или специальными насосными станциями. При защите территории от затопления с помощью дамб береговой дренаж обязателен. Однолинейная схема дренажа особенно эффективна в случаях, когда подтопляемая территория вытянута узкой полосой вдоль водохранилища и при небольшом притоке грунтовых вод.

На огражденной от притока внешних вод территории необходимый водный режим достигается устройством открытой или закрытой, мелкой или глубокой, систематической или выборочной осушительной сети.

Закрытая систематическая осушительная сеть (дренаж) применяется для понижения уровней грунтовых вод непосредственно на осушаемой территории. Расстояния между дренами и их глубина заложения определяются в зависимости от геологического строения, гидрогеологических условий территории, коэффициентов фильтрации и водоотдачи грунтов, а также от нормы осушения и времени ее достижения.

При осушении территорий, покрытых торфом мощностью до 1,5 м и подстилаемых хорошо фильтрующими грунтами, можно устраивать сеть глубоких редких каналов или глубокий дренаж. Регулирующая сеть отводит излишки грунтовых и поверхностных вод или используется для увлажнения осушенной территории в засушливые периоды. При грунтовом питании земель, сложенных хорошо фильтрующими грунтами большой мощности (коэффициент фильтрации более 10 м/сутки), возможно их осушение вертикальными дренажами.

Заключение

Строительство на территории Полесья большого количества прудов и водохранилищ комплексного использования приводит к тому, что в зоне их влияния формируется особый (антропогенный) водный режим. Динамика формирования и пространственно-временного изменения режима грунтовых вод в зоне влияния водохранилищ и прудов тесно связана с уровнем воды в них, характером выпадения атмосферных осадков и притока вод с прилегающих земель. Использовать такие земли в хозяйственном назначении возможно только при проведении комплекса мероприятий по регулированию уровней грунтовых вод.

УДК 556.16:556.5.04

ОЦЕНКА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОГО ПЕРИОДА ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ГОДОВОГО СТОКА

Волчек А.А., Лукша В.В., Шведовский П.В.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vvluksha@gmail.com

The analysis of in-row regularity of an annual river flow has allowed to simplify at allocation of the n-year-old periods an estimation of the representative periods for calculation of rivers flow norm. Received nomograms for definition of an error of the relation of norm of the n-year period to norm of a river flow for the large rivers of Belarus will allow to use practically the results of researches at the choice of the representative period for an estimation of river flow norm.

Введение

При проектировании мелиоративных систем и гидротехнических сооружений необходимо проводить комплекс гидрологических расчетов, в том числе и расчет гидрологических характеристик (нормы стока, коэффициентов вариации и асимметрии, значений стока различной вероятности превышения) по коротким рядам наблюдений. Для этого обычно привлекается дополнительная информация о стоке рек-аналогов, имеющих более продолжительные ряды наблюдений. Важным элементом расчетной схемы в таких случаях является выбор репрезентативного периода, который для нормы стока устанавливается с помощью широко распространенного метода интегральных кривых [1].

Однако при расчете значений годовых расходов различной вероятности превышения возникает необходимость оценки репрезентативного периода не только для нормы стока, но и для коэффициентов вариации и асимметрии. Это приводит к значительному возрастанию объема вычислений. Поэтому в настоящей работе предлагается прием оценки репрезентативных периодов, основанный на использовании «динамических» оценок гидрологических параметров и позволяющий в максимальной степени упростить эту процедуру.

Исходные данные и методы исследования

Исследования выполнялись на основе рядов годовых расходов крупных рек Беларуси – Припять – г. Мозырь, Неман – г. Гродно, Западная Двина – г. Витебск, Березина – г. Бобруйск, Днепр – г. Орша и Днепр – г. Речица, продолжительность каждого из которых составляла 134 года (1877–2010 гг.).

Известными способами [2] рассчитывались параметры рядов: норма стока \bar{Q} , коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s , ошибка определения нормы стока $\delta_{\bar{Q}}$ и коэффициента вариации δ_{C_v} .

Чтобы установить репрезентативный период для каждой из исследуемых рек, формировались из всего ряда наблюдений более короткие периоды длиной $n=10, 15, 20, 25, 30, 35$ лет и рассчитывались вышеназванные параметры каждого из них. Периоды выделялись со сдвижкой на 1 год, т.е. для 10-летних это: 1877–1886, 1878–1887, ... 2001–2010.

Затем находились отношения рассчитанных параметров n -летних периодов к параметрам всего ряда. В качестве примера в таблице приведены значения статистических параметров и их отношений для реки Припять – г. Мозырь с зафиксированным начальным годом 1947.

Таблица – Статистические параметры некоторых выделенных n -летних периодов годового стока p . Припять – г. Мозырь и их отношение к статистическим параметрам всего ряда (1877–2011 гг.) с зафиксированным 1947 годом

Период	n , лет	\bar{Q}_n , м ³ /с	$\delta_{\bar{Q}}$, %	\bar{Q}_n / \bar{Q}	C_{vn}	C_{vn}/C_v	C_{sn}	δ_{C_v} , %	C_{sn}/C_s
1947-1956	10	303	8,9	0,77	0,280	0,92	0,103	6,2	0,23
1947-1961	15	326	8,3	0,83	0,320	1,06	1,017	5,7	2,25
1947-1966	20	331	6,6	0,84	0,296	0,98	0,809	4,6	1,79
1947-1971	25	360	6,8	0,91	0,342	1,13	0,884	4,7	1,95
1947-1976	30	371	6,3	0,94	0,345	1,14	0,793	4,4	1,75
1947-1981	35	393	5,9	1,00	0,351	1,16	0,401	4,1	0,89
1947-1986	40	388	5,4	0,98	0,341	1,13	0,434	3,7	0,96
1947-1991	45	387	4,8	0,98	0,321	1,06	0,439	3,3	0,97
1947-1996	50	390	4,6	0,99	0,323	1,07	0,434	3,2	0,96

Рассчитанные ошибки для других рек-створов позволили сделать вывод о том, что не всегда удается выявить короткий отрезок ряда, соответствующий многолетнему периоду по всем параметрам. В некоторых случаях 20-летние выборки часто оказываются в этом отношении представительнее 30-летних.

Обсуждение результатов

Полученные отношения норм и коэффициентов вариации, а также их ошибки более наглядно анализируются в виде графических зависимостей. Поэтому были построены графики зависимости рассчитанных статистических параметров, приведенных в таблице во временном разрезе для всех исследуемых рек-створов.

Анализ построенных графиков позволил выявить периодические закономерности в ходе отношений средних годовых расходов, особенно явно проявляющихся для 30 и 35-летних периодов. Аппроксимация полиномами 3 степени позволила достаточно точно описать ход графических зависимостей с коэффициентами корреляции в пределах 0,8–0,9, что подтверждает выдвинутую гипотезу о периодичности колебаний и позволяет прогнозировать дальнейший ход этих кривых, что авторами планируется сделать в будущем.

С целью получения ошибки отношения среднего значения n -летнего периода к норме стока нами рассчитывалась «генеральная ошибка» как

$$\sigma_{\bar{Q}_e} = \sqrt{\sigma_{Q_n}^2 + \sigma_{\bar{Q}}^2}, \quad (1)$$

где σ_{Q_n} и $\sigma_{\bar{Q}}$ – соответственно, ошибки средних n -летних периодов и нормы стока всего ряда, %.

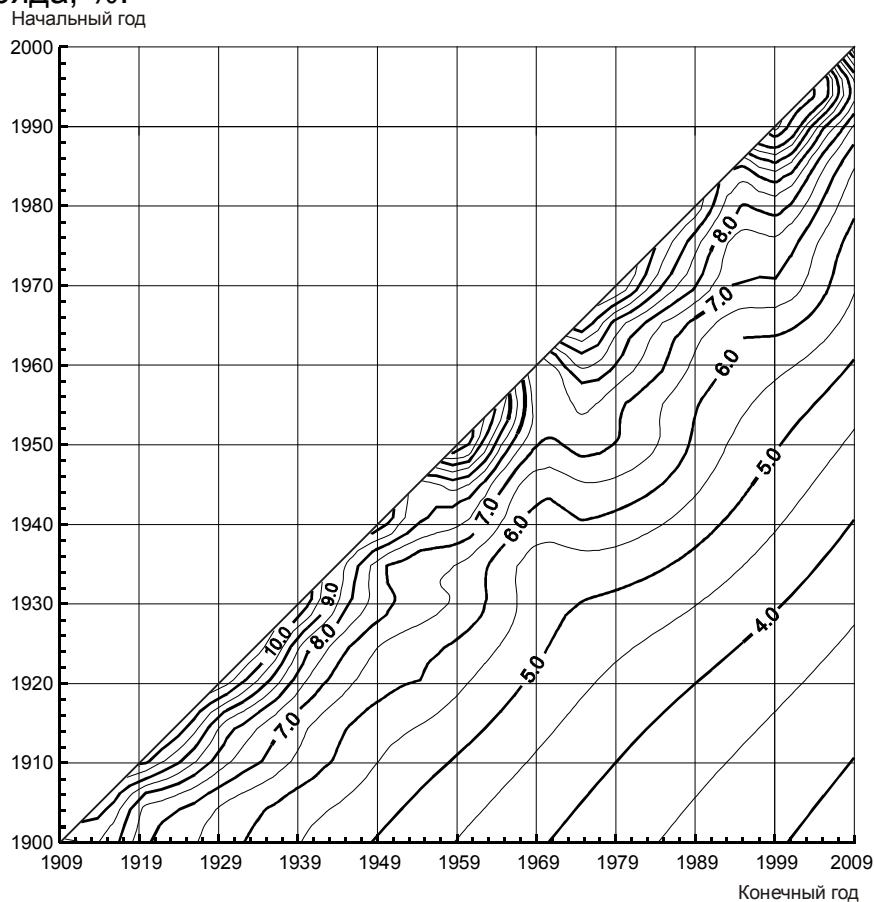


Рисунок – Номограмма для определения ошибки отношения нормы n -летнего периода к норме стока всего ряда для р. Припять – г. Мозырь

Анализ построенных графиков «генеральных ошибок» во временном разрезе показал небольшое, логически предсказуемое, увеличение «генеральной ошибки» по сравнению с простой ошибкой. При этом явно видно, что уже для 15-летних периодов ошибка нормы стока не превышает 10% и поэтому такие ряды являются «гидрологически» длинными и репрезентативными.

Для практического применения нами построены номограммы определения «генеральной» ошибки нормы стока и выделения репрезентативного периода с нужной точностью. В качестве примера для реки Припять – г. Мозырь такая номограмма приведена на рисунке.

Заключение

Информация, полученная в результате реализации данного алгоритма, может быть эффективно использована для приведения гидрологических параметров к длительному периоду известными методами [2]. Предложенный способ может также применяться при выборе репрезентативного периода характеристик стока, когда, например, в пространственных колебаниях проявляется синхронность. Короткие репрезентативные периоды могут быть использованы не только в гидрологических расчетах, но и расчетах в регулировании стока при выборе параметров гидротехнических сооружений.

Список цитированных источников

1. Андреев, В.Г. Гидрологические расчеты при проектировании средних и малых ГЭС / В.Г. Андреев. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 75 с.
2. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения: ТКП 45-3.04-168-2009 (02250) – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 56 с.

УДК 556.16:556.5.04

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ НА СТОК РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Волчек А.А., Лукша В.В., Шведовский П.В.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vvluksha@gmail.com

The results of the analysis of transformation of the water regime of the Belarus Polesie rivers caused by natural and anthropogenous factors are received. The large-scale melioration as the basic anthropogenous factor, and global climate warming as the natural factor are researched.

Введение

Гидротехнические мелиорации приводят к нарушению функционирования как экосистемы в целом, так и отдельных ее частей. Речной сток наиболее явно и быстро реагирует на эти изменения. Кроме того, он наиболее полно изучен.

Функционирующие в Полесском регионе мелиоративные системы строились в разное время и в связи с этим имеют различный уровень технического совершенства. До середины шестидесятых годов прошлого столетия массовая мелиорация сводилась лишь к сбросу избыточных вод с переувлажненных территорий по системе открытых каналов и закрытого дренажа.

Послемелиоративное изменение речного стока в интегральном виде отражает изменение гидрогеологических условий речного бассейна, а, следовательно, процессов формирования природных вод и, таким образом, позволяет правильно оценивать общие тенденции изменения других составляющих водного баланса, определяемых независимыми методами.

В последние годы ведутся большие дискуссии о влиянии мелиорации на речной сток. Нет однозначных выводов о влиянии мелиорации на внутригодовое распределение стока. Многие исследователи склоняются к выводу о повышении меженных (летних и зимних) расходов воды после проведения мелиоративных работ. Однако, что касается максимального стока весенних половодий и дождевых паводков, то выводы даже по одной и той же реке оказываются противоположными: в одних случаях отмечается увеличение максимумов, в других – их снижение.

Исходные материалы, методы исследования и обсуждение результатов

В качестве исходных материалов использовались временные ряды годовых расходов воды, максимальных расходов воды весеннего половодья, минимальных летне-осенних и минимальных зимних расходов воды 164 рек-створов Беларуси за период с начала наблюдений по 2009 год Департамента гидрометеорологии Минприроды Республики Беларусь. Временные ряды величин стока анализировались с точки зрения однородности с целью выбраковки рек-створов, наиболее существенно изменивших свой режим.

Для исследования антропогенного изменения стока рек Белорусского Полесья были использованы следующие методы исследования:

- 1) метод коэффициентов изменения стока [1];
- 2) метод анализа различий пространственно-корреляционных функций (ПКФ), построенных по данным поля стока за периоды «до» и «после» активного антропогенного воздействия на факторы естественной увлажнённости территории [2];
- 3) многофакторная модель, в основе которой лежит стандартное уравнение водного баланса участка суши с независимой оценкой основных элементов баланса (атмосферные осадки, суммарное испарение и климатический сток) [3].

По **первому методу** значения коэффициентов изменения стока были картированы с использованием координат центров водосборов исследуемых рек-створов по всей территории Беларуси. Оценка изменения различных видов речного стока производилась по значениям этих коэффициентов с выделением территории Белорусского Полесья.

Анализ построенных карт позволяет сделать вывод, что произошедшее снижение максимальных расходов воды весеннего половодья компенсируется существенным увеличением минимальных расходов, как зимних, так и летне-осенней межени. То есть глобальные климатические изменения привнесли перераспределение стока с зимы на весну и лето, в то время как годовой сток рассматриваемой территории количественно изменился (увеличился) в основном из-за имеющихся отличий в условиях формирования стока и уровня антропогенной нагрузки.

Для реализации **второго метода** исследований разработан комплекс программ, позволяющих из стандартных наблюдений на малых водосборах выделить антропогенную составляющую и тем самым восстановить естест-

венный сток. Рассматриваемая территория представлена 26 гидрометрическими створами на реках с площадями водосборов от 67 до 2560 км². Ряд наблюдений условно делится на два периода: с момента наблюдений до 1966 года, как начала крупномасштабного мелиоративного строительства, и с 1966 года – по настоящее время.

Также исследовались изменения статистических параметров ПКФ в зависимости от продолжительности расчетного периода. Исследовались ряды наблюдений с использованием методики построения ПКФ с нарастающим пятилетним периодом наблюдений по следующим временным интервалам: до 1966 года (до периода начала интенсивных мелиораций на водосборах рек), до 1970, до 1975 ..., до 2010 года.

Анализ полученных результатов позволяет с достоверностью сказать, что, начиная с 1990 года, наблюдается стабильность (в пределах 5%) изменения величины коэффициента корреляции на единицу расстояния между центрами водосборов. Это позволяет говорить о прекращении интенсивных антропогенных воздействий на речной сток после массовых мелиораций 1965-1985 гг. в бассейнах водосборов рек Белорусского Полесья. При этом, начиная с 1990 года, происходит постепенное и равномерное восстановление естественных процессов формирования речного стока.

Для численного эксперимента по **третьему методу** нами отобраны 12 малых рек Белорусского Полесья. Основываясь на анализе существующих в настоящее время оценок возможного антропогенного изменения водосборов рек, численный эксперимент проведен по варианту – заболоченность (осушение) и залесенность (вырубка леса) водосбора уменьшаются, а густота речной сети (создание несовершенных мелиоративных систем) и распаханность (интенсивное выращивание сельскохозяйственных культур) увеличиваются на 5, 10, 20 и 30 % от существующих в настоящее время при неизменных климатических условиях. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица – Средние величины изменения величин речного стока, в % к существующему

Степень антропог. воздействия	Месяцы								Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X	
5%	-2,48	-0,41	-1,08	-0,4	1,9	2,24	1,29	-0,25	-0,69
10%	-4,88	-1,03	-2,16	-0,8	3,81	4,93	2,59	-0,50	-1,38
20%	-9,48	-2,47	-4,32	-2,41	7,14	9,87	5,18	-1,49	-2,98
30%	-13,89	-4,74	-7,19	-4,82	10,48	15,25	7,44	-2,72	-4,82

Анализ таблицы позволяет выявить тенденцию постепенного перехода от уменьшения стока в апреле-июле к увеличению в августе-октябре, при этом переход через «нулевые» значения изменений находится где-то между июлем и августом. Можно отметить, что одновременное осушение болот, вырубка леса, создание новых мелиоративных систем и увеличение процента пахотных земель уменьшает речной сток весеннего половодья и увеличивает его в осенние месяцы. Хотя влияние этих антропогенных воздействий на речной сток не однозначно, возможно покомпонентное исследование влияния каждого из них на сток рек и прогнозирование количественного изменения среднемесячных расходов воды рек Белорусского Полесья. Также явно прослеживается тенденция увеличения средних величин изменений речного стока по отношению к степени антропогенных воздействий, но 30 % изменение парамет-

ров водосбора потребует существенных капитальных вложений в строительство новых мелиоративных систем, поэтому хозяйственная деятельность в бассейнах рек в этой области не повлияет существенно в ближайшем будущем на речной сток.

Заключение

Исследования трансформации водного режима рек Белорусского Полесья показали сложность и неоднозначность процесса его пространственной и временной изменчивости. Тем не менее можно выделить следующие изменения стока малых рек Белорусского Полесья после 1965 года:

- увеличение годового стока до 20%;
- уменьшение максимального стока весеннего половодья до 25–40%;
- существенное увеличение минимального летне-осеннего стока до 50–80%;
- увеличение минимальных зимних расходов воды до 40–80%.

Основными причинами трансформации речного стока являются последствия глобального изменения климата, происходящие на фоне антропогенных воздействий в виде крупномасштабных мелиораций Белорусского Полесья. Влияние гидротехнических мелиораций на различные виды стока должно рассматриваться в каждом конкретном случае индивидуально.

Список цитированных источников

1. Волчек, А.А. Трансформация водного режима рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша // Брестский географический вестник. – Брест, 2005. – Т. 5. – Вып. 1. – С. 32–39.
2. Волчек, А.А. Пространственная структура изменения годового стока рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: Изд-во ГГУ им. Ф. Скорины, 2003. – С. 32–34.
3. Логинов, В.Ф. Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы рек Белорусского Полесья / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, В.В. Лукша // Природные ресурсы. – 2003. – № 1. – С. 15–22.

УДК 556.16.06

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛАРУСИ

Волчек А.А., Парфомук С.И., Дашкевич Д.Н.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by

The tendencies for the air temperature, precipitations and moisture deficits for the 2020 year are forecasted. The probable variation for the water regime of the rivers is researched.

Введение

В последнее время во всем мире все чаще наблюдаются аномальные природные явления, вызванные колебаниями климата во второй половине XX – начале XXI века. Необходимость прогнозного экологического исследования для Беларуси вытекает из потребностей современной политики государства [1]. За период с 1907 по 2006 годы общее потепление в среднем на Земле составило 0,75 °С [2]. Тенденции многолетних колебаний климата согласуются с фактом глобального потепления, когда годовые минимумы и максимумы уве-

личиваются, а размах между ними сокращается. Особенно чувствительны к колебаниям параметров климата водные ресурсы, качество и количество которых изменяется с каждым годом с увеличением антропогенной нагрузки.

Целью настоящего исследования является выявление тенденций в трансформации климатических параметров и прогнозная оценка изменений водного режима рек Беларуси в будущем.

Исходные данные и методика исследований

Для оценки трансформации водного режима рек, вызванной климатическими колебаниями и антропогенными воздействиями, использованы результаты стационарных гидрологических и климатических наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Минприроды Республики Беларусь, опубликованные в материалах государственных кадастров. В качестве исходных данных приняты ряды наблюдений за температурой воздуха, атмосферными осадками и дефицитами влажности воздуха с 1950 по 2009 гг. по 40 метеостанциям Беларуси, расположенным по исследуемой территории равномерно, а также годовые и месячные расходы воды по действующим гидрологическим постам Беларуси за период инструментальных наблюдений.

В ходе исследований исходный ряд был разбит на два периода: 1950-1984 гг. и 1985-2009 гг. Граница разбиения на периоды обусловлена тем, что в 1985 году заметно изменились климатические условия на территории страны.

При статистическом анализе временных рядов для выявления тенденций изменения климатических параметров использованы хронологические месячные графики колебаний и разностные интегральные кривые, а для оценки различий в статистических параметрах применялись критерии Стьюдента и Фишера [3].

Для прогноза изменения водного режима рек Беларуси адаптирован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенный В.С. Мезенцевым, основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [4]. Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид

$$Y_K(I) = H(I) - Z(I), \quad (1)$$

где $Y_K(I)$ – суммарный климатический сток, мм; $H(I)$ – суммарные ресурсы увлажнения, мм; $Z(I)$ – суммарное испарение, мм; I – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

$$Z(I) = Z_m(I) \left[1 + \frac{\left(\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)} \right)^{n(I)}}{\left(\frac{X(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I) \right)^{n(I)}} \right]^{\frac{1}{n(I)}}, \quad (2)$$

где $Z_m(I)$ – максимально возможное суммарное испарение, мм; W_{HB} – наименьшая влагоемкость почвы, мм; $V(I) = \frac{W(I)}{W_{HB}}$ – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода; $X(I)$ – сумма атмосферных осадков, мм; $g(I)$ – грунтовая составляющая водного баланса, мм; $r(I)$ – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов; $n(I)$ – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Моделирование водного баланса исследуемой реки реализовано в виде компьютерной программы и осуществляется в два этапа. На первом этапе производится настройка модели на реку-аналог с учетом сходства формирования водного режима рек. Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки [5].

Анализ результатов

С помощью линейного тренда ряды наблюдений (с 1985 по 2009 гг.) за температурой воздуха, атмосферными осадками и дефицитами влажности воздуха были продлены до 2020 года, и получены значения математического ожидания на 2020 год. Установлено, что тренд средней годовой температуры воздуха составляет $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, среднегодовых значений атмосферных осадков $20\text{ мм}/10$ лет, среднегодовых значений дефицитов влажности воздуха $0,21\text{ мб}/10$ лет (период 1985–2009 гг.). Существенно изменилась за это время внутригодовая структура рассмотренных климатических параметров, что особенно характерно для января, июля и сентября.

Вторым этапом исследований был анализ возможного изменения речного стока в зависимости от прогнозируемого изменения климата в 2020 году. В результате исследований прослеживается достаточно четкая тенденция к возможному изменению речного стока в направлении с северо-запада на юго-восток страны (рисунок).

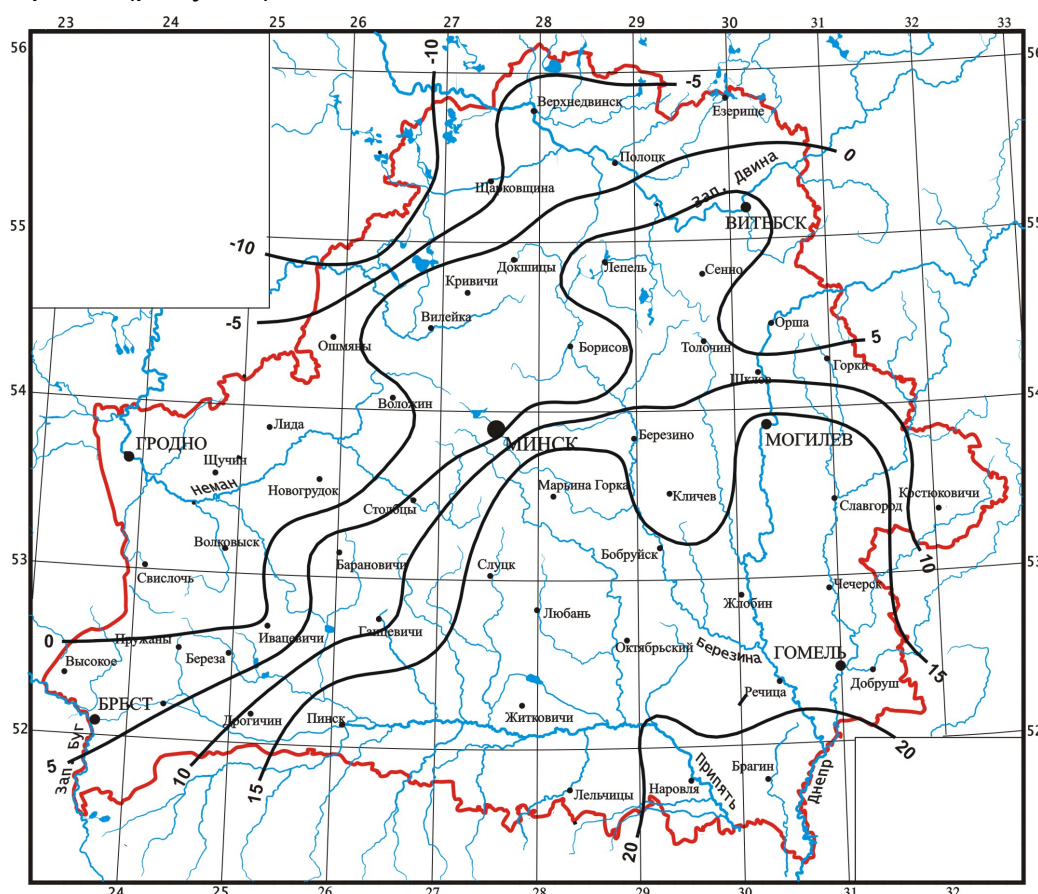


Рисунок – Возможные изменения речного стока в зависимости от прогнозируемого изменения климата в 2020 году, в % по отношению 2009 году

Установлено, что при прогнозируемом тренде климатических параметров на 2020 год сток рек бассейнов Западной Двины и Вилии сократится в среднем на 5–10 % по сравнению с настоящим уровнем. Годовой сток рек в бассейнах Немана и Западного Буга существенных изменений в 2020 году не

претерпит. Наибольшее увеличение среднегодового стока воды рек может произойти в бассейнах Днепра и Припяти и может достигать для отдельных водосборов 20 % по отношению к 2009 году. При исследовании возможной внутригодовой трансформации речного стока в 2020 году отмечено наиболее существенное изменение месячных значений расходов воды в марте–июне.

Заключение

На основании тенденций в изменении температуры воздуха, атмосферных осадков и дефицитов влажности воздуха с 1985 по 2009 гг. получены прогнозные оценки этих параметров на 2020 год. С учетом построенных моделей изменения климатических параметров исследовано возможное изменение водного режима рек в будущем. Полученные результаты требуют дальнейшего исследования с точки зрения анализа возможной ошибки прогноза и разработки компенсационных мероприятий по уменьшению последствий изменения климата и водного режима для Республики Беларусь.

Список цитированных источников

1. Логинов, В.Ф. Прогноз изменений окружающей среды на 2010–2020 годы / В.Ф. Логинов. – Мн.: Типпроект, 2003. – 180 с.
2. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М., 2008.
3. Волчек, А.А. Математические модели в природопользовании: учеб. пособие / А.А. Волчек [и др.]. – Минск: БГУ, 2002. – 282 с.
4. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях / В.С. Мезенцев [и др.]. – Омск, 1980. – Ч. I. – 80 с.
5. Волчек, А.А. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р. Ясельда) / А.А. Волчек, С.И. Парфомук // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – Екатеринбург, 2007. – № 1. – С. 50–62.

УДК 631.6+626.86(476.7)

МЕЛИОРАТИВНОЕ ОСВОЕНИЕ БАСЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ

Волчек А.А., Мороз М.Ф., Стефаненко Ю.В.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by

The analysis of the land reclamation for the basin of the Yaselda River is given; the positive and negative consequences for the melioration development of the territory are reviewed.

Введение

Река Ясельда, левый приток Припяти, является типичной рекой Белорусского Полесья, ее длина – 242 км. Берет начало на высоте 168,6 м над уровнем моря, из болота Дикого в 4 км севернее д. Клепачи Пружанского района, в верховье течет по Прибужской равнине, далее по низине Припятского Полесья через Споровское озеро. Впадает в р. Припять около д. Качановичи Пинского района. Площадь водосбора 7790 км². Средний уклон водной поверхности 0,15 ‰. Густота овражно-балочной и русловой сети в целом невелика и составляет 0,47 км/км². Озера и водохранилища занимают около 1 % от пло-

щади водосбора, заболочено же 32 %. Другие территории заболоченных земель имеют следующие показатели: заболоченные и необлесенные земли – 1 %; заболоченные леса – 10 %; сухой лес – 22 % территории водосбора. Общая заболоченность до начала массового осушения составляла более 45 %. Пойма двухсторонняя в среднем течении 0,8–12 км, в нижнем – 1,5–6. Глубина реки в межень на перекатах 0,5–0,9 м, а на плесах может достигать 1,5–2 м. Русло в верховье канализировано. Скорость течения в меженный период колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 м/с. Особенность гидрологического режима реки – растянутое весеннее половодье, кратковременная летняя межень, которая нарушается дождевыми паводками и почти осенними ежегодными подъемами уровня воды. На период весеннего половодья приходится 60 %, летне-осеннюю межень – 24 %, зимнюю – 16 % годового стока. Весеннее половодье в конце марта длится до первой половины мая. Средняя высота над межевым уровнем от 1,4 м в верховье до 2,6 м в нижнем течении, наибольшая составляет 1,7 и 3,1 м. Расход воды около д. Сечники Пинского района (53 км от устья) наибольший 573 м³/с, наименьший 1,36 м³/с.

Наиболее распространены в верхней части водосбора дерново-подзолистые почвы, в центральной – торфяно-болотные, в нижней – пойменные (аллювиальные).

Основная часть

Характерной особенностью мелиоративного освоения бассейна р. Ясельда является комплексность строительства. Локальные мелиоративные объекты запроектированы на основе разработанной схемы комплексного использования водных, земельных и лесных ресурсов с учетом удовлетворения потребностей субъектов хозяйствования и планов социально-экономического развития республики. Такая схема предусматривает: строительство осушительных и осушительно-увлажнительных систем; регулирование стока с помощью водохранилищ; обводнение и увлажнение земель; строительство рыбных хозяйств; противопожарные и противозерозионные мероприятия; благоустройство всей территории, включая хозяйственное, жилищное, дорожное и водное благоустройство территории и трансформацию угодий с учетом освоения новых земель и специализации хозяйств. Разрабатывались также организационно-технические мероприятия по организации территории, использованию земель, применению удобрений и природоохранные мероприятия.

Основными причинами заболачивания земель бассейна являются поверхностные воды, сток которых вследствие недостаточной дренированности замедлен, а также безнапорные грунтовые воды и постоянное затопление паводковыми водами р. Ясельда.

Выше г. Березы, где русло р. Ясельда отрегулировано и характеризуется высокой пропускной способностью, переувлажненные земли мелиорированы с помощью осушительно-увлажнительных систем. Характерным объектом мелиоративного строительства этой части бассейна реки является объект «Верховье Ясельды».

В центральной части на пойменных землях, северо-восточнее озер Черное и Споровское, расположен мелиорированный массив совхоза «Спорово» Березовского района.

По экспертным данным института «Союзгипромелиоводхоз», на 1984 год в пойме р. Ясельда ниже г. Березы более 70 тыс. га земель требовало защиты от затопления. Эти земли обладают высоким потенциальным плодородием, но в

естественном состоянии затапливаются весенними паводками на длительные сроки (до 80 суток), подвержены затоплению и летне-осенними паводками. После схода поверхностных вод УГВ стоят близко к дневной поверхности и препятствуют проведению сельскохозяйственного освоения. Наиболее рациональным методом мелиорации пойменных земель р. Ясельда признан метод защиты их от притока поверхностных вод вместе с понижением УГВ. Этот метод реализован локально на отдельных участках поймы путем строительства незатопляемых и с регулируемой длительностью затопления полей. При размещении ограждающих дамб учитывались следующие положения:

- зона меандрирования реки должна оставаться вне ограждающей территории;

- прибрежные природоохранные полосы с каждого берега проектируются не менее водоохраных полос, рекомендуемых нормативными документами;

- трассы ограждающих дамб располагаются параллельно между собой или под небольшим углом из расчета, что динамическая ось вод весеннего половодья расчетной обеспеченности проходит между дамбами.

Устьевые участки крупных притоков планировалось также одамбировать и их сток сбрасывать в реку самотеком, а мелкие – перегородить дамбами и сброс избыточных вод осуществлять с помощью насосных станций или самотечно в периоды низких уровней воды в водоприемнике. Локальное выгораживание отдельных участков не позволило установить единый рациональный уровень реки, поэтому было принято решение о строительстве затапливаемых полей. Параметры осушительной сети назначались из условия обеспечения требуемой нормы осушения, устойчивости русла и условий производства работ.

При назначении глубины некоторых магистральных каналов и осушителей принималось во внимание и использование осушаемой территории. Так, на землях объекта «Верховье Ясельды», предусматриваемых к использованию под луга длительного использования, осушительная сеть проектировалась мельче, чем под пашню или пастбище. Но при этом отметки порогов сооружений, запроектированных на этой сети, назначались из условий возможного дноуглубления каналов с тем, чтобы эти земли в дальнейшем можно было использовать и под пашни. Целесообразность такого подхода объясняется луговодческим направлением использования торфяно-болотных почв под сенокосы, пастбища, зерно-травяные севообороты, а также применением противоэрозионных мероприятий, в том числе создание почвозащитных полос. Почвы на объекте торфяно-болотные, развивающиеся главным образом на осоковом, реже – на гипсо-осоковом и древесно-осоковом торфе со степенью разложения 25–35 % в верхней и 45–50 % в нижней части залежи, зольность – соответственно 10–15 и 26–38 %. Глубина торфа колеблется от 0,3 до 3,7 м при преобладающем значении 1,3–1,6 м. Подстиляется торф преимущественно пылеватыми и мелким песками, реже средними и крупными.

Регулирование водного режима осуществляется землепользователем и ПМС в соответствии с внутриводхозяйственным планом водопользования с учетом использования земель, структуры угодий, особенностей мелиоративной системы, почвенными и климатическими условиями. Рекомендуемая влажность минеральных почв слоя 0–30 см должна составлять в начале вегетационного периода (при посеве) 75–80 % от полной влагоемкости для всех культур. В вегетационный период величина влагоемкости в корнеобитаемом слое

для многолетних трав не должна быть менее 65–70 %. Источником увлажнения является местный сток с собственной водосборной площади.

Осушительная сеть призвана понизить УГВ и ускорить поверхностный сток. Междренные расстояния равны: для закрытого дренажа – 25–50 м; для открытых осушителей – 150 м. Глубина закладки дрен 1,1–1,4 м, а осушителей – 1,4–1,6 м. Регулирующая сеть представлена открытыми осушителями и закрытыми гончарными дренами.

В ходе мелиоративного освоения выявился ряд негативных явлений и процессов как в преобразованных, так и в сопредельных природных ландшафтах, следствием чего явились недобор сельскохозяйственной продукции и обострение экологической обстановки в регионе: исчезновение отдельных рек, прилегающих к осушенным массивам территорий; ускоренная минерализация мелиорированных торфяных почв и др.

На начальном этапе мелиоративного строительства осушение земель проводилось преимущественно без учета природных условий и требований охраны окружающей среды, что объясняется не только ограниченными материально-техническими ресурсами, но и недостаточным в то время уровнем экологических знаний, вопросов мелиорации и использования осушенных земель. Последним можно объяснить и бытовавшую десятилетиями концепцию об излишках воды в Полесье, которую надо “сбросить”. Чтобы быстрее сбросить эти “излишки” воды, началось спрямление рек и ручьев, служивших водоприемниками. Эксплуатация мелиорированных земель велась под самыми разнообразными культурами, включая пропашные и зерновые, в системе упрощенных севооборотов, которые обуславливались в основном потребностями народного хозяйства и отсутствием почвоохранной концепции.

Изучение влияния осушительных мелиораций на гидрологический режим прилегающих к осушенным землям суходолов показало, что оно носит сложный характер, но в условиях бассейна р. Ясельда на песчаных почвах надпойменных террас ощутимое для жизнедеятельности растений снижение УГВ происходит на расстоянии до 2–4 км, в случае непосредственного прилегания суходолов к осушительной сети. Установлено, что наиболее значительные изменения в водном режиме территории под влиянием осушения проявляются в характерные по увлажненности годы и отдельные гидрологические сезоны.

Осушение, кроме понижения УГВ, влечет за собой снижение радиационного баланса и транспирационного расходования влаги. Радиационный и тепловой балансы сельскохозяйственных полей находятся в зависимости от вида и фазы развития растений, погодных условий и характера мелиорации. Дождение вызывает возрастание радиационного баланса, при этом большое количество тепла расходуется на испарение и меньшее – на турбулентный теплообмен по сравнению с другими способами увлажнения почв. Осушенные болотные почвы нагреваются быстрее, чем неосушенные, но обладают меньшей теплопроводностью. Осушенные и не занятые растительностью торфяно-болотные почвы нагреваются до 50–60⁰ С и выше, что больше по сравнению с минеральными почвами на 11–20⁰ С. При орошении осушенных болотных почв максимальная температура их поверхности снижается на 6–10⁰ С. Осушенные торфяники характеризуются значительными суточными амплитудами температур поверхности почвы, превосходя в этом отношении минеральные почвы на 7–8⁰ С. Под влиянием травяного покрова эти контрасты сглаживаются. В вегетационный период пахотный горизонт осушенных торфяников хо-

лоднее, нежели у минеральных почв. Торфяно-болотные почвы, осушаемые гончарным дренажем, оказываются теплее почв, осушаемых открытой сетью каналов. Температурный режим осушаемых торфяно-болотных почв, занятых посевами сельскохозяйственных культур, определяется не только характером мелиорации, но и в значительной мере фазой развития, высотой, густотой и степенью покрытия поверхности почвы надземной частью растений.

Заключение

В последние годы ведутся большие дискуссии о влиянии мелиорации на речной сток. По исследованиям ученых, в целом на годовой сток влияние мелиорации практически не сказывается. Нет однозначных выводов о влиянии мелиорации на внутригодовое распределение стока. Большая часть исследователей склоняется к выводу о повышении меженных (летних и зимних) расходов воды после проведения мелиоративных работ. Однако что касается максимального стока весенних половодий и дождевых паводков, то выводы тоже по одной и той же реке оказываются противоположными: в одних случаях, отмечается увеличение максимумов, в других – их снижение.

УДК 551.492

ОБ ОЦЕНКЕ МОМЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ МОДЕЛИ ДИФфуЗИОННОГО ТИПА В СТОХАСТИЧЕСКОЙ ГИДРОЛОГИИ

Волчек А.А., Гладкий И.И., Махнист Л.П., Рубанов В.С.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

This research work deals with the model of several years' fluctuation of the river flow, which was received by applying the stochastic differential equation of Ornstein–Uhlenbeck. The process under consideration is the homogeneous in terms of time Markow process of diffusion type with corresponding coefficient of drift and diffusion. It gives the opportunity to evaluate the mathematical expectation and the moment of frequency distribution of the river flow.

Постановка задачи

Рассматривается 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 (так что $\frac{dW_t}{dt} = W'_t$ – обобщенный случайный процесс белого шума с параметром $\sigma = C_V \sqrt{2k}$); C_V – коэффициент вариации; k^{-1} – время релаксации речного стока.

Орнштейна–Уленбека процесс является однородным по времени марковским процессом диффузионного типа с коэффициентом сноса $a(t, x) = -kx$ и диффузии $\sigma(t, x) = \sigma^2$, переходная плотность вероятности $p(t, x, y)$ которого является фундаментальным решением соответствующего уравнения Фоккера–Планка вида

$$\frac{\partial p}{\partial t} = k \frac{\partial}{\partial y} (yp) + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 p}{\partial y^2},$$

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

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

$$\frac{\partial}{\partial t} p(t, x, y) = -kx \frac{\partial}{\partial x} p(t, x, y) + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 p(t, x, y)}{\partial x^2}.$$

Пусть T – момент времени, в который значение V покинет промежуток $[x_*, +\infty)$. Тогда $prob(T \geq t) = G(t, x)$, $G(t, x) = \int_{x_*}^{+\infty} p(t, x, y) dy$.

Учитывая условия отражения на бесконечности и поглощения в точке $x = x_*$, получим следующие краевые условия: $G(t, x)|_{x=x_*} = 0$, $\frac{\partial G(t, x)}{\partial x}|_{x=+\infty} = 0$.

Так как функция $1 - G(t, x)$ является распределением случайной величины T , то моменты n -ого порядка времени достижения границы x_* определяются соотношениями

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

Введя безразмерные величины $kT_1 = \theta_1$, $k^2 T_2 = \theta_2$, $x \frac{\sqrt{2k}}{\sigma} = \frac{x}{C_V} = \xi$, $x_* \frac{\sqrt{2k}}{\sigma} = \frac{x_*}{C_V} = \xi_*$, приходим к системе дифференциальных уравнений с крайевыми условиями для моментов T_n :

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

Частный случай системы (2), приведенный в [1], при решении различных прикладных задач, например, в [2], интегрировалась численными методами.

Основные результаты

В данной работе предлагается решение краевой задачи, соответствующее первому уравнению системы (2) $\theta_1(\xi) = \int_{\xi_*}^{\xi} \frac{0,5 - \Phi(x)}{\varphi(x)} dx$ ($\Phi(x)$ – интеграл вероятностей, $\varphi(x)$ – плотность стандартного нормального распределения), записанное в виде степенных рядов (см., например, [3])

$$\theta_1(\xi) = S_1(\xi) - S_1(\xi_*), \quad (3)$$

$$\text{где } S_1(\xi) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\xi^{2n+1}}{(2n)!!(2n+1)} - \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\xi^{2n+2}}{(2n+1)!!(2n+2)}.$$

Сходимость рядов в $\theta_1(\xi)$ исследована в [4], а асимптотические оценки этого параметра распределения приведены в [5].

Решение краевой задачи, соответствующее второму уравнению системы (2), можно также представить в виде степенных рядов [6, 7]

$$\theta_2(\xi) = 2(S_2(\xi) - S_2(\xi_*) - S_1(\xi_*)\theta_1(\xi)), \quad (4)$$

$$\text{где } S_2(\xi) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\left(\ln 2 - \sum_{m=1}^n \frac{1}{2m-1} \right) \xi^{2n+1}}{(2n)!!(2n+1)} + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{\left(\sum_{m=1}^n \frac{1}{2m} \right) \xi^{2n+2}}{(2n+1)!!(2n+2)}.$$

Для решения (3), (4) уравнений системы (2) были исследованы функции специального вида [6], связанные соотношениями с интегралами Эйлера первого и второго рода и неполной гамма-функцией.

Выводы

Методы, предлагаемые в [4], дают возможность получить условия для вычисления значений рядов в $\theta_n(\xi)$ с заданной точностью.

Анализ методики получения оценок асимптотического поведения математического ожидания $\theta_1(\xi)$ [5] дает возможность оценить поведение моментов $\theta_n(\xi)$ распределения рассматриваемой модели, что может послужить темой дальнейших исследований.

Список цитированных источников

1. Найденов, В.И. Нелинейные модели колебаний речного стока / В.И. Найденов, В.И. Швейкина // Водные ресурсы. – М., 2002. – Т. 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: БрГТУ, 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.

5. Волчек, А.А. Об асимптотическом поведении параметра одного из распределений вероятностей речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов международной научно-технической конференции, Брест, 26–28 апреля 2010 г. – Брест: БрГТУ, 2010. – С. 45–49.

6. Волчек, А.А. О решении системы дифференциальных уравнений, одной из моделей многолетних колебаний речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист., В.С. Рубанов // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. – Брест, 2010. – № 1: Физика, математика. – С. 68–77.

7. Волчек, А.А. О решении системы дифференциальных уравнений, одной из задач стохастической гидрологии / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // Международная математическая конференция «Пятое Богдановские чтения по обыкновенным дифференциальным уравнениям»: тезисы докладов международной научной конференции. Минск, 7–10 декабря 2010 г. / Белорусский государственный университет, Институт математики НАН Беларуси. – Минск, 2010. – С. 105.

УДК 621.9.08

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ЗАТОПЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКА

Волчек А.А., Костюк Д.А., Петров Д.О.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by, dmitrykostiuk@gmail.com, polegdo@gmail.com

The algorithm and its implementation are presented for precise evaluation of inundated territories to be used in system of flood monitoring and prediction, which is in development for the Pripyat' river. The chosen method is based on geometrical approach of flood modeling and results in building triangulated curved surface of the water mirror. Proposed implementation provides effective balance of computational complexity and accuracy of calculations.

Введение

Ежегодно значительные территории во многих странах, не исключая и Беларусь, оказываются в зоне паводка, на ликвидацию последствий которого расходуются существенные средства. Прогноз рисков затопления – это сложная, комплексная задача, требующая привлечения больших объемов информации и значительных вычислительных ресурсов. В рамках решения этой проблемы нами разрабатывается распределенная программно-аппаратная система наблюдения и прогнозирования наводнений, ориентированная на контроль паводка на реке Припять [1]. Система состоит из размещаемых в различных точках русла реки множества автономных гидрологических устройств (АГУ) на базе однокристальных микроЭВМ MSP, задачей которых является периодическое измерение уровня и скорости течения водного потока, хранение информации и автоматическая ее передача через GSM-сеть в единый информационный центр (ЕИЦ) для последующей систематизации и выполнения прогнозов развития паводка (см. рис. 1).

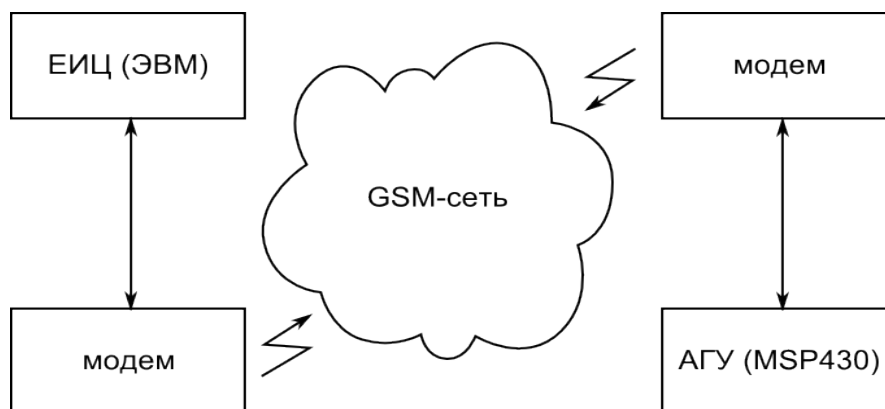


Рисунок 1 – Обобщенная структура системы мониторинга паводка

Важной частью данной разработки является подсистема компьютерного моделирования, выполняющая расчет паводковой ситуации на основе оцифрованных карт рельефа, и информации о реальном либо прогнозируемом уровне воды в контрольных точках, расположенных в русле реки [1, 2].

Основная часть

Моделирование паводкоопасной ситуации обеспечивает точную визуализацию затопления территорий и заключается в построении пересечения поверхности рельефа с зеркалом поднявшейся воды. В опробованном нами ранее простом случае поверхность воды была представлена горизонтальной плоскостью, и задача построения картины ее пересечения с рельефом местности в виде матрицы высот выполнялась применением модифицированного растрового алгоритма заполнения области с «затравкой» [2].

Более точный алгоритм расчета, реализация которого представлена нами в этой работе, предполагает построение модели зеркала поднявшейся воды в виде полосы трехмерной криволинейной поверхности, размещенной вдоль русла реки.

Полоса криволинейной поверхности аппроксимируется плоскими треугольными гранями, что позволяет уменьшить удельную вычислительную нагрузку при сохранении достаточно высокой точности расчета.

Через контрольные точки с координатами Z , равными измеренной высоте уровня воды, проводится ломаная осевая линия. Для формирования поперечных сечений будущей криволинейной поверхности через эти же точки проводятся отрезки прямых, параллельные плоскости XY рассматриваемой геометрической модели. Отрезки поперечных прямых, проходящие через первую и последнюю контрольные точки, перпендикулярны первому и последнему сегменту осевой ломаной линии, а остальные – ориентированы вдоль биссектрис углов, образуемых на плоскости XY смежными сегментами осевой линии. Длина поперечных отрезков ограничивается исходя из необходимости исключить возможность их взаимопересечения. На этом формирование поперечных сечений будущей криволинейной поверхности заканчивается.

Модель зеркала воды составляется из разбитых на треугольные грани сегментов, образованных аппроксимацией движения образующей вдоль осевой линии между соседними поперечными сечениями криволинейной поверхности.

Для управления степенью детализации получаемой поверхности предусмотрена возможность подбора шага аппроксимации движения образующей.

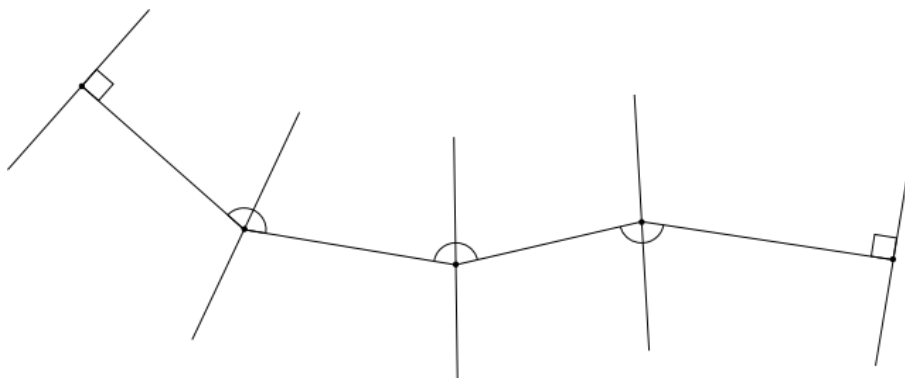


Рисунок 2 – Осевая линия полосы криволинейной поверхности с построенными поперечными отрезками

Построение пересечения поверхности зеркала воды с моделью рельефа, представленной матрицей высот, включает растеризацию триангулированной поверхности в матрицу высот и исполнение модифицированного растрового алгоритма заливки с «затравкой», координаты которой соответствуют расположению первого гидропоста на цифровой модели рельефа.

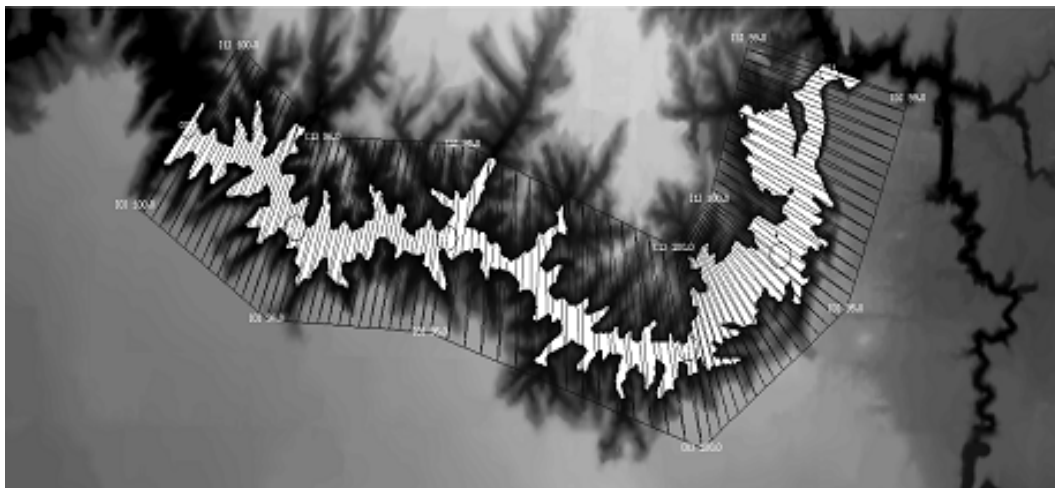


Рисунок 3 – Построение границ области затопления в разработанной программной системе

Заключение

Реализация данного подхода позволяет повысить универсальность и точность расчета затопления территории за счет геометрического решения задачи построения контура границы воды с учетом наклона ее поверхности вдоль русла реки.

Список цитированных источников

1. Технические средства мониторинга и прогнозирования наводнений / А.А. Волчек [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. тез. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т., Минск, 6–9 июня 2007 г. / Редколлегия: Э.Р. Бариев [и др.] – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 244–247.
2. Распределенная электронно-информационная система мониторинга и прогнозирования паводка / А.Ф. Козак [и др.] // Вестник БрГТУ. – 2008. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 104–106.
3. Volchek A., Kozak A., Kostiuk D., Petrov D. Electronic system of flood monitoring and visualization // Hydrology: from research to water management. XXVI Nordic hydrological conference. Riga, Latvia, August 9–11, 2010. – Riga: University of Latvia Press, 2010. – P. 66–68.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций», задание «Разработать вычислительные средства централизованного мониторинга и прогнозирования паводка».

УДК 624.2/8.004.5(075.8)

К ПРОБЛЕМАМ РЕМОНТА ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА ПЕРЕЕЗДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Глушко К.А., Глушко К.К., Пинюта Т.П.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

Method is presented for registration of consumption of resources during the construction of bridges. This method reduces the time required to perform control operations.

Введение

Проведение ремонтных работ любых объектов сопряжено с определенными сложностями. Их возникновение обусловлено изменениями в конструкции зданий, сооружений, вызванными длительной эксплуатацией. Для отдельно стоящих объектов эти изменения, назовем их деформациями, могут не являться определяющими. Для таких сооружений, как мосты, шлюзы-регуляторы, работающих в комплексе с дорогой, деформации играют определяющую роль.

Наиболее подвержены деформациям, по натурным исследованиям авторов, подтвержденным инструментальными измерениями, участки сопряжения (ездовое полотно) или переходные участки от одного сооружения – моста, к другому – дороге. Это обусловлено различной жесткостью сооружений и способностью воспринимать статические и динамические нагрузки.

Некачественное выполнение строительных работ при возведении сооружений также способствует развитию деформаций мостов и дорог.

Сложность проведения капитального ремонта мостов, шлюзов-регуляторов обусловлена тем, что, отсутствуют продольные и поперечные профили главных балок или плит перекрытий в их деформированном состоянии. Эти данные могут быть получены после вскрытия дорожной одежды, защитного и выравнивающего слоев.

Основная часть

Летом 2005 года проводился капитальный ремонт дороги М-1(Е30) (правая полоса) на участке Брест-Кобрин – Российская Федерация, летом 2006 года – капитальный ремонт левой полосы. Капитальному ремонту подвергались путепроводы и мосты на этом участке дороги. На них переустанавливались тротуары, менялись крайние плиты покрытий, производилась замена выравнивающего и защитного слоев, гидроизоляция и дорожное покрытие. Строительство путепроводов и мостов производилось в 1978–1980 гг.

Исследование развития деформаций главных балок производилось после их вскрытия на мосту в ПК43+119 (правая полоса). Мостовое полотно имеет размеры: ширина – 13685 мм, длина – 63350 мм. Проектный поперечный уклон – $2^0/100$, продольный – $16^0/100$.

Ездовое полотно было разбито на сеть квадратов с размерами, как показано на рис. 1. По результатам нивелирования главных балок были построены поперечные (рис. 2) и продольные (рис. 3) профили ездового полотна.

Теоретически поперечные и продольные профили по створам и пикетам должны быть в виде прямых параллельных между собой линий. Анализ поперечных профилей показывает, что наиболее деформирована часть ездового полотна на расстоянии 2–5 м от тротуара, это первая полоса движения. Отклонения от прямолинейности, например, по профилю 2 достигают – 7 см. Поперечные профили приобретают более согласованный характер от середины проезжей части и достигают максимальной согласованности у разделительной полосы. Анализируя продольные профили, можно видеть, что наиболее деформированы 2-ой и 3-ий профили. Они совпадают с крайней полосой, что мы видели и в поперечных профилях движения. Отклонения от прямолинейности здесь также достигают 5–7 см. Характерным для всех профилей является понижение отметок главных балок на входе, первых 0–10 м.

Отсюда следует вторая проблема: нельзя рассчитать объем бетона (на стадии строительного проекта) необходимого для устройства выравнивающего и защитного слоев ездового полотна по той причине, что как видно из анализа профилей, поверхность главных балок не представляет собой плоскость. Приводимые в проектной документации объемы являются ориентировочными и подлежат уточнению в процессе производства ремонтных работ.

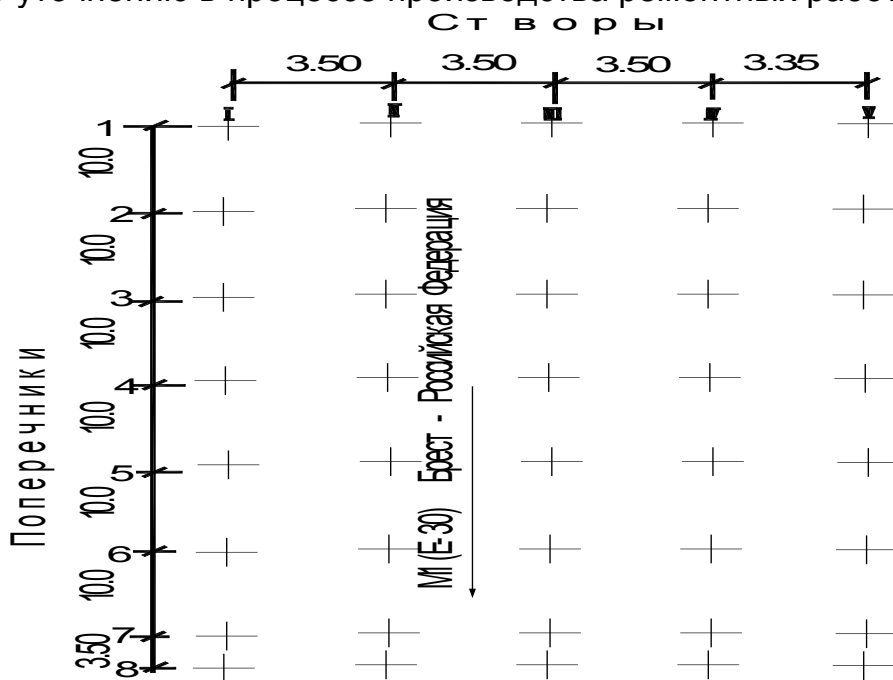


Рисунок 1 – Схема разбивки пикетажа

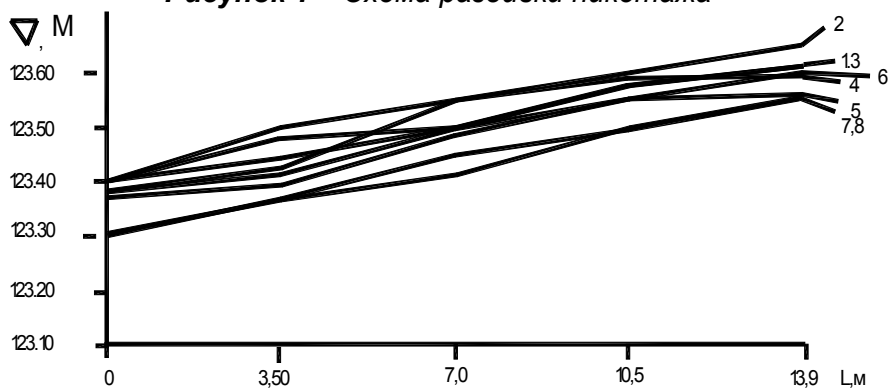


Рисунок 2 – Поперечные профили главных балок

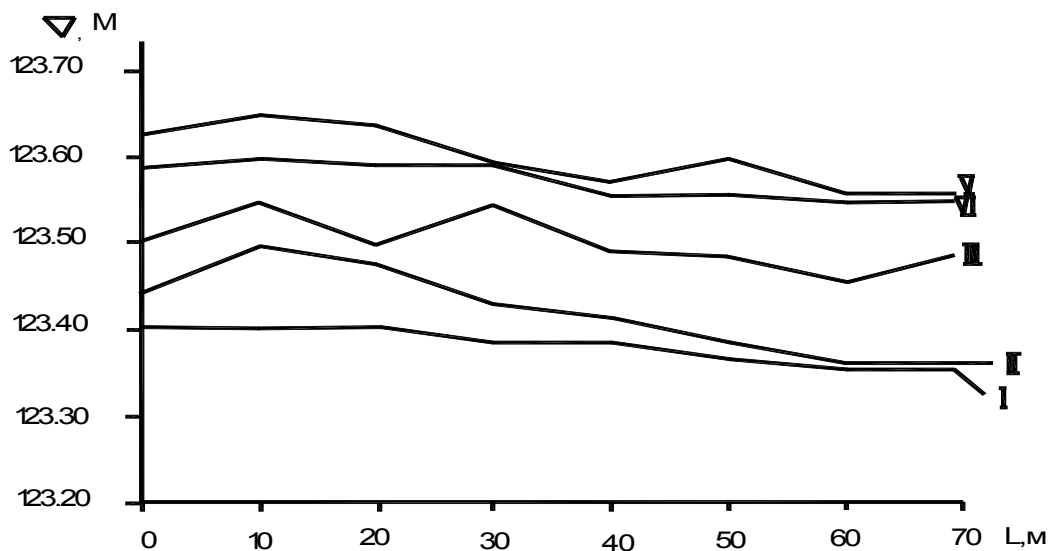


Рисунок 3 – Продольные профили главных балок

Один из вариантов расчета количества бетона, необходимого для устройства выравнивающего слоя, апробирован на мосту в ПК43+119.

Суть метода заключается в том, что следует выбрать одну из точек поверхности мостового полотна за базовую, например, створ 1, ПК 1 – отметка 123,405; отсчет нивелирования 1595. Для удобства работ и упрощения расчетов можно использовать результаты нивелирования.

За базовую точку принята точка 1 с отсчетом нивелирования 1595. Виртуальная плоскость с заданными проектным и продольным уклонами, проведенная из точки 1, будет иметь расчетные отсчеты, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 – Отсчеты виртуальной плоскости с заданными проектными поперечным и продольным уклонами

№ пикета	№ створа				
	1	2	3	4	5
1	1595	1525	1455	1385	1320
2	1611	1540	1470	1400	1335
3	1627	1556	1486	1416	1351
4	1642	1572	1502	1432	1367
5	1658	1588	1518	1448	1383
6	1674	1603	1533	1463	1398
7	1679	1609	1539	1469	1404
8	1695	1625	1555	1485	1420

Для удобства расчетов объемов бетона найдем превышение расчетных отсчетов над отсчетами нивелирования. Результаты будут иметь вид, приведенный в табл. 2.

Объем бетона, необходимый для выравнивания плоскости, рассчитываем для каждого квадрата нивелирования.

Значения со знаком (-) показывают, что данного объема бетона недостаточно для устройства плоскости, имеются невыровненные возвышенности. При данной плоскости объем бетонирования составляет 3,99 м³.

Таблица 2 – Превышение расчетных значений отсчетов виртуальной плоскости над отсчётами нивелирования (превышение 0,0 мм для базовой точки)

№ пикета	№ створа				
	1	2	3	4	5
1	0,0	35	35	35	50
2	-10,79	-40,79	-25,79	-0,79	14,21
3	-31,57	-26,57	9,43	-1,57	18,43
4	-20,36	-2,36	-47,36	-12,36	47,64
5	-28,14	-4,14	-13,14	-3,14	51,86
6	-35,93	11,07	-21,93	-11,93	-4,93
7	-15,79	30,79	55,79	30,79	34,79
8	0,0	15,0	0,0	15,0	-19,0

Анализируя данные табл. 2, видим, что максимальное отрицательное значение 47,36 мм имеет третий створ, четвертый пикет. На эту величину следует поднять уровень виртуальной плоскости. В этом случае поверхность главных балок будет представлять собой плоскость.

Превышение расчетных значений виртуальной плоскости над отсчетами нивелирования будет иметь вид, приведенный в табл. 3.

Таблица 3 – Превышение расчетных значений отсчетов виртуальной плоскости над отсчетами нивелирования (превышение 47,36 мм)

№ пикета	№ створа				
	1	2	3	4	5
1	47,36	82,36	82,36	82,36	97,36
2	36,57	6,57	21,57	46,57	61,57
3	15,79	20,79	56,79	45,79	65,79
4	27,00	45,00	0,00	35,00	95,00
5	19,22	43,22	34,22	44,22	99,22
6	11,43	58,43	25,43	35,43	42,43
7	31,57	78,15	103,15	78,15	82,15
8	47,36	62,36	47,36	62,36	28,36

Объем бетонирования – 45,85 м³. Его достаточно для устройства выравнивающего слоя.

Аналогично рассчитаны отсчеты виртуальной проектной плоскости при превышении над базовой точкой 20,0 мм, 120 мм, с объемами 21,67 и 110,04 м³. Зависимость объема бетона от слоя бетонирования аппроксимируется уравнением

$$W = 2,0881e^{0,7905h}, \quad (1)$$

где h – высота слоя бетонирования относительно базовой точки.

Заключение

Применение данного метода, основанного на проектировании виртуальных плоскостей ездового полотна с заданными проектными уклонами, обеспечивает высокую точность учета расхода бетона при его возведении.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК

Кирвель И.И., Кукшинов М.С.*, Кирвель П.И.**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, kirviel@yandex.ru; *Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций», г. Минск, Республика Беларусь, kukshinov@inbox.ru; **Учреждение образования «Минский государственный высший радиотехнический колледж», г. Минск, Республика Беларусь, kirviel@yandex.ru

The article presents the results of studies on the effect of reservoirs of Belarus on the hydrological regime of rivers and fluvial processes in the tail water. The estimation of changes of water, temperature, ice and hydrochemical regime of regulated rivers. The data on the direction and parameters of the horizontal and high-rise deformation of river channels below the dam reservoirs.

Введение

Несмотря на достигнутые результаты в изучении влияния водохранилищ на гидрологический режим рек и русловые процессы в нижнем бьефе, данная проблема исследована недостаточно и с разной степенью детальности по природным зонам и различным компонентам природной среды. В большинстве случаев исследования затрагивают лишь районы влияния крупных водохранилищ, и, как следствие, полученные результаты для Беларуси имеют ограниченный характер использования. Это приводит к прямым экономическим потерям и обострению экологической ситуации на прилегающих территориях. В связи с этим необходима разработка региональных методик оценки и прогноза влияния водохранилищ на окружающую среду, основанных на материалах комплексных натуральных наблюдений, максимально приближенных к природным условиям будущих водоемов. К сожалению, подобные региональные обобщения выполнены для ограниченного числа регионов мира. Отсутствуют они и в нашей стране. Все это в целом свидетельствует о необходимости проведения дальнейших исследований в этом направлении и определяет их актуальность.

Основная часть

Степень воздействия водохранилищ на окружающую среду в наибольшей мере определяется их размером и степенью регулирования речного стока. Согласно существующей градации, на территории Беларуси выделяют три группы водохранилищ, которые по-разному взаимодействуют с природой окружающей среды: малые (объем менее $0,001 \text{ км}^3$, площадь зеркала менее 3 км^2), небольшие (объем $0,01\text{--}0,1 \text{ км}^3$, площадь зеркала $3\text{--}25 \text{ км}^2$) и средние (объем $0,1\text{--}0,5 \text{ км}^3$, площадь $25\text{--}100 \text{ км}^2$). Исходя из этого, для исследований были выбраны водохранилища из каждой группы: Вилейское (среднее), Солигорское (небольшое) и Рачунское (малое). Отдельные исследования были выполнены также на ряде других водохранилищ страны (Заславском, Дубровском, Петровичском, Вяча, Волчковичском, Волма).

Исследования показали, что искусственные водоемы оказывают существенное влияние на гидроэкологические условия развития и функционирования пойменных экосистем, что проявляется в изменении размеров и продолжительности затопления речных пойм ниже плотины в период половодья. Для сравнительной оценки степени влияния водохранилищ на размеры затопления поймы зарегулированных рек нами предложен коэффициент зарегулированной емкости ($K_{з.п.}$)

$$K_{з.п.} = \frac{B_{зар.}}{B_{ест.}}, \quad (1)$$

где $B_{зар.}$ – средняя многолетняя ширина затопления поймы реки в зарегулированном состоянии; $B_{ест.}$ – средняя многолетняя ширина затопления поймы той же реки в естественном состоянии.

Предложенный коэффициент при установлении соответствующих связей его с биопродуктивностью лугов, рыбозапасами и т.д. может стать важным критерием в оценке экологических последствий регулирования стока рек.

В нижнем бьефе Вилейского водохранилища площадь затопления поймы р. Вилии сокращается в 5 раз, а продолжительность ее затопления – более чем в 3,6 раза. Регулирующих емкостей небольших водохранилищ, как правило, недостаточно для срезки пика половодья, вследствие чего эти водоемы не оказывают существенного влияния на размеры затопления речных пойм ниже плотины, но снижают продолжительность ее затопления (в нижнем бьефе Солигорского водохранилища более чем в 1,5 раза). Малые водохранилища регулирующего значения не имеют.

Характер и параметры трансформации термического режима зарегулированных рек, наряду с морфометрическими особенностями искусственных водоемов, определяются метеорологическими условиями года и режимом их эксплуатации. Продолжительность периода охлаждающего влияния варьирует от 20 дней в нижнем бьефе малых, до 50 и 70 дней в нижнем бьефе небольших и средних водохранилищ, соответственно. Отопляющее влияние является менее значительным, но более продолжительным по времени и ощущается около 200–240 дней в году. В нижнем бьефе Вилейского водохранилища отмечается увеличение среднегодовой температуры воды до $0,5^{\circ}\text{C}$ и уменьшение максимальной до $1,1^{\circ}\text{C}$; в нижнем бьефе Солигорского водохранилища отмечается увеличение среднегодовой температуры воды до $0,3^{\circ}\text{C}$ и уменьшение максимальной до $0,3^{\circ}\text{C}$; Рачунского водохранилища – увеличение как среднегодовой – до $0,5^{\circ}\text{C}$, так и максимальной температуры воды до $0,3^{\circ}\text{C}$. Характерные изменения термического режима рек прослеживаются на расстоянии до 130 км ниже плотины средних водохранилищ, небольших – около 70 км, малых – около 30 км.

Нарушение температурных условий зарегулированных рек отражается на сроках наступления и окончания ледовых явлений. В нижнем бьефе средних водохранилищ они наступают на 5–9 дней позже, а их окончание на 30–36 дней раньше, чем в естественных условиях; ниже малых и небольших водохранилищ начало ледовых явлений соответствует естественному режиму, в то время как их окончание наступает раньше на 18–30 и 7–12 дней, соответственно. В зимний период ниже плотины водохранилищ образуется термодинамическая полынья, размеры которой колеблются в зависимости от температуры поступающей в нижний бьеф воды, погодных условий и режима сбросов с вышележащего гидроузла от нескольких метров до 40 км и более.

Создание водохранилищ не приводит к изменению существующего класса речных вод. Вместе с тем в речной воде ниже плотины водохранилищ отмечается уменьшение относительного содержания гидрокарбонатного иона и кальция, и увеличение сульфатных ионов, ионов хлора и натрия. Максимальное влияние искусственных водоемов на ионный состав зарегулированных рек характерно для весенне-летнего периода. Весной это обусловлено задержкой в водохранилище водных масс, сформированных в различные периоды года, а летом – активно идущими процессами фотосинтеза, повышенным биологическим потреблением элементов и агротехногенным использованием водосборных территорий.

Под влиянием внутриводоемных процессов, протекающих в водохранилище, в воде зарегулированных рек ниже плотины отмечается снижение концентраций минерального фосфора на 37–85 % и азота – на 17–63 %.

Наряду с повышенной турбулентностью потока важнейшим фактором формирования кислородного режима рек ниже плотины является наличие сохраняющейся на протяжении всей зимы термодинамической полыньи. За счет этого вода в реке насыщается кислородом, и его концентрации выше и ниже водохранилищ выравниваются или становятся даже более высокими ниже водохранилищ.

Водоохранилища аккумулируют до 67 % среднегодового стока наносов зарегулированных рек. Наибольшая наносодерживающая способность водохранилищ (до 81,6 %) характерна для периода половодья. С одной стороны, это является следствием аккумуляции в водохранилище водного стока реки в период половодья, а, следовательно, и наносов, содержащихся в этом объеме воды; с другой – укрупнением гранулометрического состава взвешенных наносов в этот период. Восстановление мутности потока до значений, близких к естественному режиму, происходит на расстоянии от 20 км ниже плотины малых, до 50 км – ниже плотины средних водохранилищ.

Степень вертикальных деформаций русел рек ниже плотины водохранилищ определяется геологическим и литологическим строением грунтов дна русла. В нижнем бьефе Вилейского водохранилища при наличии на дне легкоразмываемых песчаных отложений преобладающим процессом является глубинная эрозия. За 30-летний период эксплуатации водохранилища понижение отметок дна русла в зоне общего размыва по отношению к максимальным бытовым отметкам достигло 40 см. Скорость смещения зоны трансгрессивной эрозии ниже плотины вниз по течению реки составила около 250 метров в год. При наличии в нижнем бьефе грунтов повышенной неоднородности с включением гравийно-галечного материала (нижний бьеф Рачунского водохранилища) происходит образование самоотмоксти, что препятствует развитию направленной глубинной эрозии.

Заключение

Смена типа русловых процессов рек ниже плотины водохранилищ происходит вследствие изменения соотношения между главными факторами руслоформирования, когда эти изменения выходят за пределы естественных колебаний этих факторов при сложившемся типе русловых процессов. Формирование русловой многорукавности на участке реки ниже плотины, развивающемся по типу свободного меандрирования (как в нижнем бьефе Вилейского водохранилища), является следствием перегрузки потока наносами, сформированными в результате некомпенсированных размывов русла непосредственно ниже рисбермы. Данный процесс является обратимым, поскольку в результате приспособления русла к новым гидравлическим условиям, река возвращается к прежнему типу русловых процессов.

ОЦЕНКА ТОЛЩИНЫ ЛЬДА ОЗЁР БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Кирвель П.И.

Учреждение образования «Минский государственный высший радиотехнический колледж», г. Минск, Республика Беларусь, pavelkirviel@yandex.by

The article presents is the results of the ice thickness measurement and empirical coefficients computational dependencies. Is the maximum thickness of ice map values, for the cold period (december-february) 1979–2007.

Введение

Ледовый режим озёр и водохранилищ Беларуси в последние 20-25 лет претерпел существенные изменения, основной причиной которых явился устойчивый положительный тренд зимних температур воздуха на фоне общего повышения среднегодовых температур воздуха [2]. На увеличение мощности льда оказывают влияние гипсометрическое положение водоёма, морфометрия котловины, характер донных отложений и их мощность. Толщина ледяного покрова является определяющим фактором при оценке грузоподъемности и сроков действия зимников по льду озёр и водохранилищ, формировании береговой линии и деформации её профиля, пересмотре диспетчерских графиков эксплуатации водохранилищ. Именно поэтому проблема оценки изменений ледового режима озёр и водохранилищ как под влиянием текущих, так и возможных в будущем изменений климатической ситуации имеет несомненную актуальность и важность. Практически на всех водоёмах республики в последние два десятилетия наблюдается существенное уменьшение толщины льда и её максимальных величин на 10-13 см, а среднегодовой – на 4-9 см, при этом увеличилась повторяемость лет с неустойчивым ледоставом, по сравнению с предшествующим сорокалетним периодом [1].

Основная часть

Поскольку наблюдения ведутся в основном на крупных озёрах и водохранилищах республики площадью от 1 до 10 км² и более, составляющих около 10 % от общего их количества, а также в связи с трудностью проведения исследований и расчётов по существующим моделям, нами для практического применения построены эмпирические зависимости, отражающие динамику максимальной толщины льда от метеоусловий, которые могут использоваться как аналоги для определения искомых величин на других водоёмах (рис. 1).

Эти зависимости аппроксимируются уравнением:

$$h_{\max} = \alpha t^2 + \beta t + c, \quad (1)$$

где t – сумма декадных температур за зимний период (декабрь-февраль); α , β , c – эмпирические коэффициенты (таблица).

Таблица – Эмпирические коэффициенты расчётных зависимостей

Озеро	α	β	c	R^2
Освейское	-0,0031	-0,7366	22,81	0,78
Нещердо	-0,004	-0,7869	18,822	0,51
Дривяты	-0,0044	-0,7435	20,384	0,56
Мястро	-0,0031	-0,7307	20,09	0,80
Нарочь	-0,0049	-0,8426	18,669	0,68
Выгонощанское	-0,0006	-0,4554	23,526	0,78
Червоное	-0,0033	-0,6285	21,189	0,70

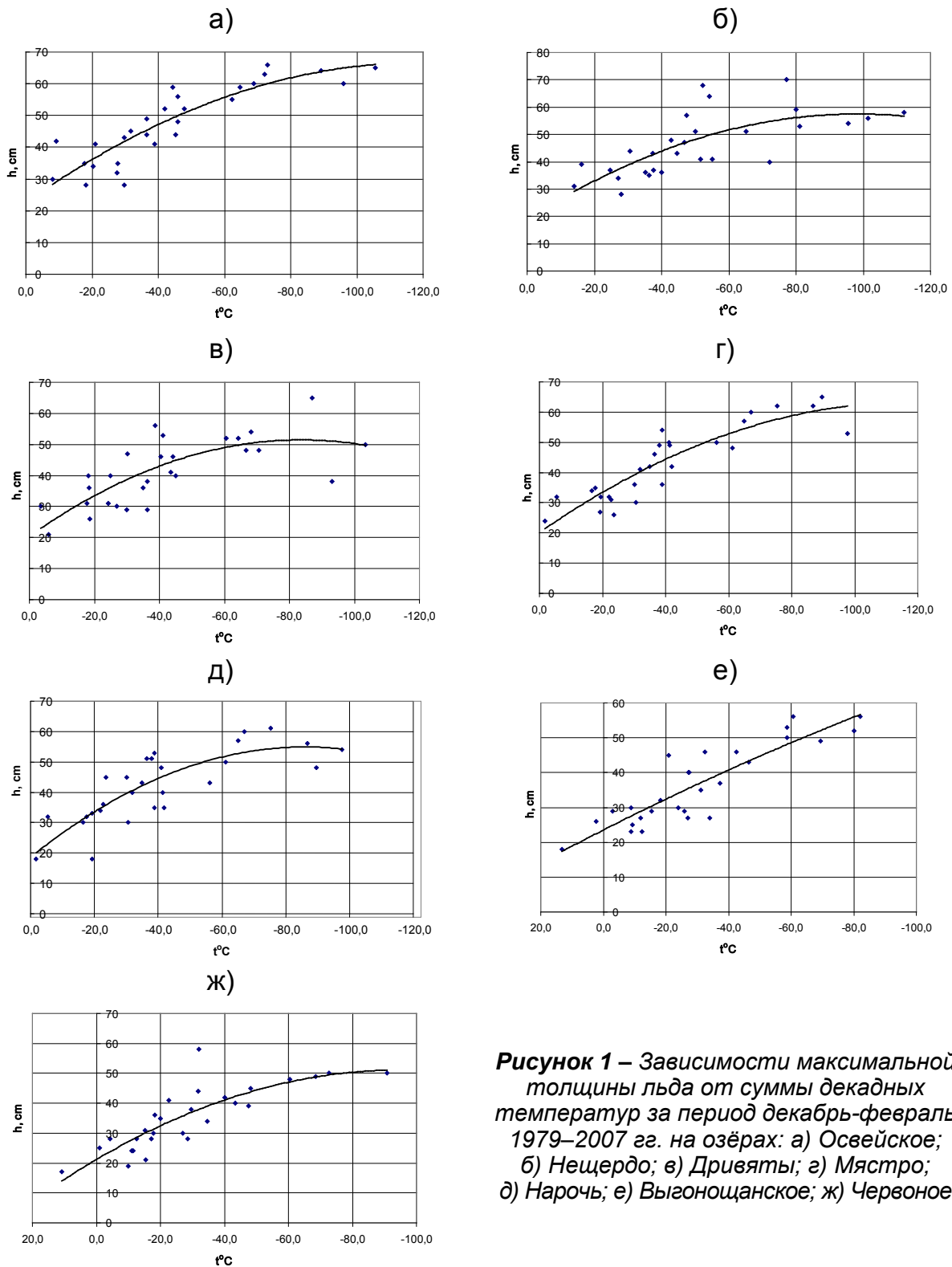


Рисунок 1 – Зависимости максимальной толщины льда от суммы декадных температур за период декабрь-февраль 1979–2007 гг. на озёрах: а) Освейское; б) Нещердо; в) Дривяты; г) Мястро; д) Нарочь; е) Выгонощанское; ж) Червоное

По результатам расчётов построена картосхема среднемноголетней максимальной толщины льда, которая отражает пространственную дифференциацию количественных показателей максимальной толщины льда, осреднённой за многолетний зимний период (декабрь-февраль). Данная картосхема согласуется с опытными расчётными картами отрицательных температур, построенными в гидрометслужбе Республики Беларусь (рис. 2).

Заключение

На основании полученных результатов о ледовом режиме водных объектов в прикладных целях может быть проведена разработка комплексных мероприятий по использованию и охране озёр и создание методических и практических рекомендаций для экономики республики.

Список цитированных источников

1. Кирвель, П.И. Особенности ледового режима озёр Беларуси / П.И. Кирвель // Вес. Беларус. дзярж. пед. ун-та. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2007. – № 3. – С. 59–65.

2. Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 496 с.

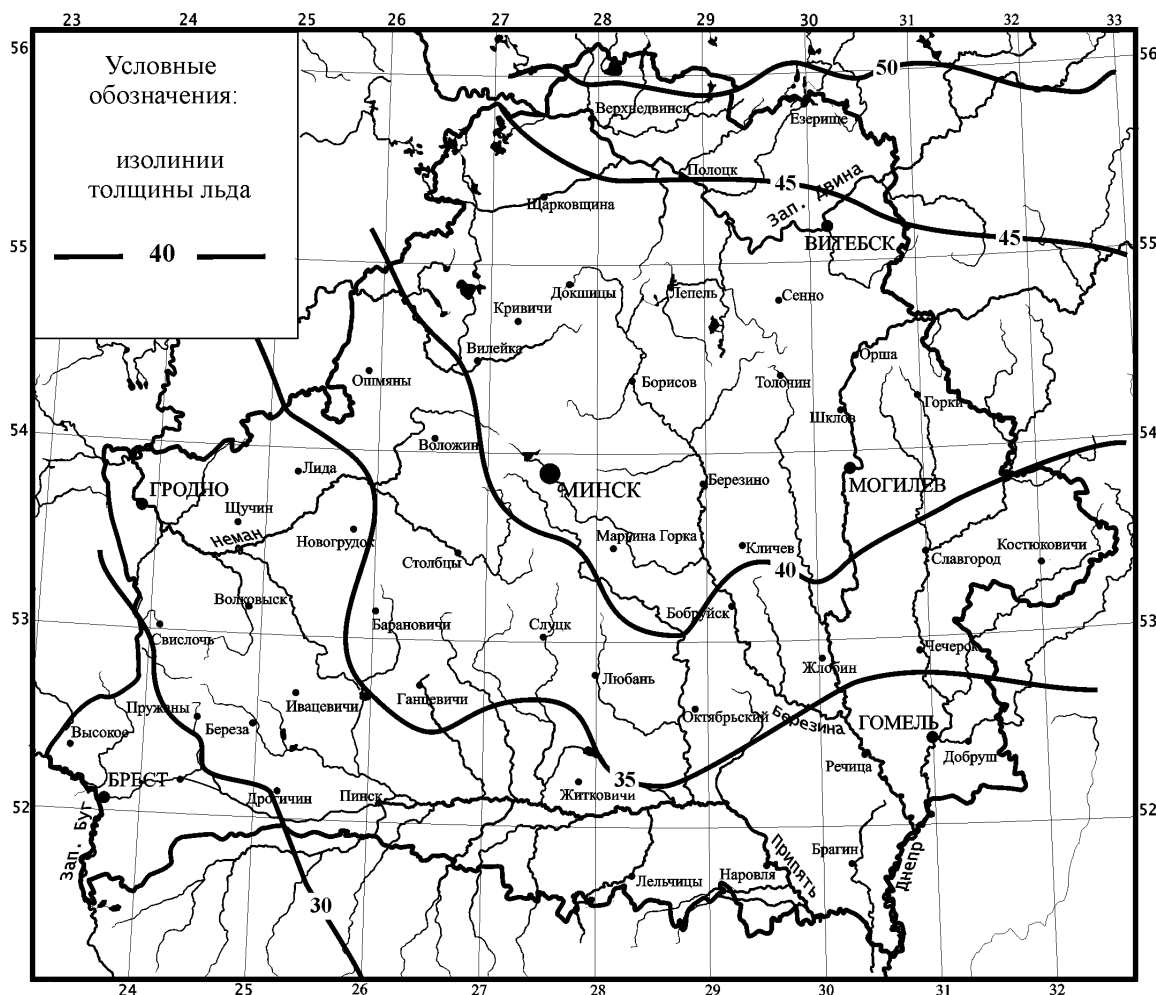


Рисунок 2 – Картосхема величин максимальной толщины льда, осреднённой за холодный период (декабрь-февраль) 1979-2007 гг.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ РАСШИРЕНИИ СТАРИЦ

Корнеев В.Н., Гертман Л.Н., Пашкевич В.И.* , Булак И.А.

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь; * Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной Академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

The paper deals with prediction of changes in hydrological and hydrogeological conditions on the example of oxbow in order to enhance for landscaping in the city of Brest.

Введение

Для благоустройства территории в районе многоэтажной жилой застройки в районе Гершоны г. Бреста проектировщиком предусмотрены мероприятия по расширению стариц на территории водосбора р. Западный Буг. В составе мероприятий предусматривается расширение трех стариц, расположенных на территории, прилегающей к правому берегу р. Западный Буг, с целью улучшения их водного режима и рекреационных характеристик. Одной из задач исследования являлся прогноз гидрологических и гидрогеологических условий прилегающей к старицам территории в результате изменения их морфометрических характеристик.

Методика и результаты исследования

Для прогноза изменения гидрологических и гидрогеологических условий на данной территории при реализации планируемых мероприятий разрабатывалась математическая модель участка р. Западный Буг выше г. Бреста, длиной 3,91 км (от 291,77 до 295,68 км от устья) по руслу и пойме, включая расположенные на пойме старицы для естественных и проектных условий при их расширении.

С использованием математической модели и рассчитанных морфометрических и гидравлических параметров на основании методических подходов, изложенных в [1, 2], проведены расчеты водного режима р. Западный Буг для расчетного участка в естественных условиях и при расширении стариц. При этом определялись уровни и средние скорости течения воды на расчетном участке.

Для математической модели было подготовлено 7 поперечных сечений для естественных и проектных условий.

Поскольку старицы не соединены с р. Западный Буг, их размещение в естественных условиях и после расширения никак не влияло и не будет влиять на водный режим реки при расходах воды в реке в диапазоне от минимальных до руслоформирующих (ориентировочно, в бровках), что покрывает практически весь диапазон изменения расходов воды, за исключением случаев затопления поймы при половодьях и паводках при больших расходах воды. Поэтому только в этом случае возможно изменение гидрологического режима р. Западный Буг. Для уточнения расчетных уровней для данных обеспеченностей с использованием П1-98 к СНиП 2.01.14-83 определены расходы воды, которые составили:

$Q_{1\%}=2194 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{10\%}=1936 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{25\%}=1404 \text{ м}^3/\text{с}$. С использованием данных расходов, расчетных кривых $Q(h)$ для границ участка и математической модели выполнено уточнение расчетных уровней заданных обеспеченностей и определение соответствующих средних в поперечных сечениях скоростей течения для естественных условий и рассчитаны указанные характеристики для проектных условий. Для естественных условий уточнение составило не более 0,03–0,07 м, что не является существенным.

Результаты расчетов водного режима р. Западный Буг при максимальных расходах воды и затоплении поймы для естественных условий и при реализации инженерных мероприятий по расширению стариц показали несущественное влияние инженерных мероприятий на гидрологический режим р. Западный Буг и отсутствие трансграничного воздействия – максимальное снижение уровней в реке составит до 0,1 м при глубинах в реке 4,0–6,8 м, уменьшение скоростей течения составит всего до 0,06 м/с при скоростях 0,45–1,0 м/с. Реализация инженерных мероприятий, связанных с сооружением и реконструкцией водных объектов, приводит к изменению режима подземных вод. Он зависит от геоморфологических и геолого-гидрогеологических условий территории (рельеф, фильтрационные свойства водовмещающих отложений и пород зоны аэрации, величина инфильтрационного питания, положение водоупора, связь грунтовых вод с межпластовыми и т.д.).

В геологическом строении участков с поверхности на глубину пробуренных в результате инженерно-геологических изысканий скважин, т.е. до 10,0 м, принимают участие отложения четвертичной системы, которые по генезису и возрасту относятся к современным аллювиальным отложениям поймы р. Западный Буг (aIV).

В литологическом отношении данные отложения представлены главным образом песками средними и мелкими, редко, пылеватыми и в единичном случае крупными. С поверхности, на большей части территории исследований, пески перекрываются слоем глинистых грунтов, представленных супесями, суглинками, супесями заиленными и суглинками заиленными. Мощность супесчано-суглинистой толщи изменяется от 0,3 до 2,8 м.

Гидрогеологические условия территории исследований характеризуются наличием одного водоносного горизонта, приуроченного к аллювиальным пескам, а также маломощным обводненными прослойкам песков в глинистых грунтах. Воды безнапорные. Глубина залегания уровня грунтовых вод в период изысканий (октябрь-ноябрь 2009 года) составляла от 0,1–0,5 м на пониженных участках поймы до 2,0–2,8 м в северо-восточной более возвышенной части объекта.

Уровеньный режим водоносного горизонта непостоянный и зависит от положения уровня воды в р. Западный Буг, а также от интенсивности выпадения атмосферных осадков.

В условиях Полесья, для которого характерен равнинный рельеф и высокая проницаемость покровных отложений, представленных преимущественно песками и легкими супесями, зона подтопления может достигать значительных размеров (до 500–1000 м). В данном регионе, как и Беларуси в целом, подтопление всегда сопровождается заболачиванием земель. В зонах отдыха это существенным образом ухудшает рекреационные качества ландшафтов.

Для прогноза подпора грунтовых вод в районе планируемых инженерных мероприятий следует принять схему установившейся фильтрации [3]. Учитыв-

вая выполненный прогноз изменения УГВ по створам, на прилегающей к проектируемым водоемам территории, уровенный режим грунтовых вод будет изменяться следующим образом.

Северо-восточная часть территории проведения планируемых инженерных мероприятий является наиболее возвышенной, грунтовые воды залегают здесь на глубине более 2 м. Кроме того, водоем № 1 на востоке ограничен дамбой. На участке расположения скв. 84 глубина залегания УГВ сократится с 2,4 м до 2,3 м. Это позволяет говорить о том, что гидрогеологический режим данной территории в результате строительства водоема № 1 практически не изменится.

Северные и северо-восточные участки в районе водоема № 1 включают пониженные заболоченные территории. В расчетном створе 1-1 в скв. 30 ожидается подъем уровня грунтовых вод с 0,9 м до 0,8 м, т.е. на 0,1 м. Таким образом, и на этом участке существенного изменения гидрогеологических условий не произойдет.

В проектируемом водоеме № 2 НПУ, исходя из данных, приводимых на гидрогеологическом разрезе 2-2, окажется ниже существующего уровня воды в реконструируемой старице. В связи с этим прогнозируется некоторое снижение УГВ в створе 2-2. На участке расположения скв. 26 это снижение составит 0,2 м (с 0,8 м до 1,0 м), а в районе скв. 20–0,21 м (с 0,5 м до 0,71 м). Эти изменения можно оценить как несущественные с гидрогеологической точки зрения.

Расчеты показывают, что при строительстве водоема № 3 изменения УГВ на прилегающей территории не произойдет. В южной и восточной частях этой территории расположены мелиоративные каналы, впадающие в р. Западный Буг, которые будут оказывать очень большое влияние на уровенный режим грунтовых вод.

Согласно СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления» норма осушения (глубина понижения грунтовых вод, считая от проектной отметки территории) для территорий зон рекреационного назначения принимается 1 м. Данному требованию отвечают УГВ в восточной части водоема № 1 и в западной водоема № 2. На остальных участках грунтовые воды залегают выше критической отметки, что необходимо учесть при проектировании данной территории для рекреационных целей.

Заключение

Для прогноза состояния прилегающей к расширяемым старицам территории в результате изменения их морфометрических характеристик необходим комплексный подход, учитывающий взаимосвязь водных объектов и условия формирования природных вод в естественных условиях и в результате реализации планируемых мероприятий.

С использованием разработанной математической модели участка реки Западный Буг прогноз показал несущественное изменение гидрологического режима лишь при высоких уровнях половодий и паводков при затоплении поймы – понижение уровней воды составляет всего лишь до 0,1 м. При расширении стариц значительных изменений в уровнях грунтовых вод не произойдет. Их подъем на 0,1 м (водоем № 1) и снижение на 0,2 м (водоем № 2) не приведет к существенным изменениям гидрогеологического режима на прилегающей территории. Однако следует учесть, что УГВ здесь расположены выше критической глубины, установленной для зон рекреационного назначения (1,0 м). Для таких территорий рекомендуется запланировать дополнительные инженерные мероприятия (подсыпка, дренаж и др.).

Список цитированных источников

1. Станкевич, А.П. Уточнение коэффициентов шероховатости для системы водотоков бассейна р. Припяти // Проблемы Полесья. – 1982. – Вып. 8. – С. 149–155.
2. Рогунович, В.П. Автоматизация математического моделирования движения воды и примесей в системах водотоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 263 с.
3. Справочное руководство гидрогеолога. – Под ред. В.М. Максимова. – Изд. 3-е – Т. 1. – Л.: Недра, 1979. – 512 с.

УДК 631.559

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПЕРИОДОВ НА УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Лихацевич А.П., Волкова Е.И.

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации», г. Минск, Республика Беларусь, niimel@mail.ru

Analysis of independent data from field research confirms the legitimacy of the use and relatively high accuracy of the model to take account not only the food regime, but also the conditions of moisture and heat supply of the growing season. Satisfactory accuracy of calculations by generalizing dependence on perennial grasses and spring triticale indicates its applicability to other crops.

Введение

К основным факторам жизни растений относятся свет, воздух, тепло, влага и питание. Исследованиями установлено, что степень неблагоприятности внешних условий для растений связана с амплитудой отклонения каждого фактора от своего оптимального значения. Данную закономерность можно представить в обобщенной форме [1, 2]

$$Y = Y_{\max} \prod_{i=1}^n \left[1 - (1 - f_i)^2 \right], \quad (1)$$

где Y – урожай сельскохозяйственной культуры; Y_{\max} – максимальный урожай при оптимальном обеспечении всеми факторами; f_i – относительная величина i -го фактора (отношение фактической его величины к оптимальной); n – число факторов, влияющих на урожай.

Предварительный анализ показал, что при отсутствии экстремальных ограничений (катастрофические заморозки, вредители и т.п.) формула (1) дает результаты расчета достаточно близкие к фактическим в диапазоне $(0,5-1,0)Y_{\max}$ [3]. Однако на полевом опытном материале, полученном в Беларуси, проверка (1) выполнена только по пищевому режиму [2, 3 и др.]. По другим факторам жизни растений адекватность модели (1) не проверялась. Восполним этот пробел, используя материалы полевых исследований на опытных участках Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗил).

Основная часть

На торфяных почвах ПОСМЗиЛ в 1977-1979 гг. был поставлен опыт с применением орошения многолетних злаковых трав [4]. Почвы опытного участка – торфяные мелкозалежные. Плотность сложения почвы в корнеобитаемом слое (0–30 см) варьировала в пределах 0,2–0,3 г/см³, наименьшая влагоемкость составляла около 180 мм, влагозапасы завядания были в три раза ниже – 60 мм [4, 5]. Схема опыта включала три варианта увлажнения. Первый вариант – естественное увлажнение, второй вариант – поддержание почвенных влагозапасов с помощью дождевания в границах 70–100 % от наименьшей влагоемкости, и третий вариант учитывал при проведении орошения связь нижней границы увлажнения с теплообеспеченностью вегетационного периода.

Кроме того, в 2001–2005 гг. на антропогенно-преобразованных почвах ПОСМЗиЛ изучалось влияние гидротермических условий на урожайность ярового тритикале. Автор и руководитель исследований профессор Н.Н. Семенов представил данные по водным свойствам почв опытного участка, в соответствии с которыми продуктивные влагозапасы в корнеобитаемом слое (0–50 см) при влагонасыщении до наименьшей влагоемкости можно оценить примерно в 220 мм. Причем анализ гидротермических условий, имевших место в годы исследований, показал, что наиболее существенное влияние на продуктивность ярового тритикале оказывают влагозапасы почвы при посеве и температуры воздуха в фазу «начало трубкования – флаговый лист» [6]. Эти периоды выделены в последующих расчетах в качестве критических.

Опытные данные по многолетним травам и яровому тритикале использованы для проверки адекватности функции (1), которая для учета двух факторов жизни растений – водного и теплового – приведена к виду

$$Y = Y_m K_W K_T, \quad (2)$$

где Y_m – максимально возможный в условиях исследований урожай культуры при заданном пищевом режиме; K_W , K_T – показатели влаго- и теплообеспеченности культуры.

В соответствии с (1)

$$K_W = 1 - \left(1 - \frac{W - W_{B3}}{W_{HB} - W_{B3}} \right)^2; \quad (3) \quad K_T = 1 - \left(1 - \frac{\Sigma T - \Sigma T_{min}}{\Sigma T_{opt} - \Sigma T_{min}} \right)^2, \quad (4)$$

где W – влагозапасы почвы; W_{B3} – влагозапасы завядания; W_{HB} – наименьшая влагоемкость; ΣT – сумма среднесуточных температур воздуха; ΣT_{min} – минимальная сумма среднесуточных температур воздуха, при которой растения могут дать урожай; ΣT_{opt} – оптимальная сумма среднесуточных температур воздуха, обеспечивающих максимальный урожай.

Проведенная адаптация функции (1) к конкретным условиям исследований позволила получить зависимости, с помощью которых определены расчетные значения урожаев исследуемых культур в годы проведения опытов. При этом установлено, что разность сумм температур в (4) согласовывается с эффективными температурами ($\geq 10^\circ\text{C}$). Результаты расчета приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Расчет урожая многолетних трав по показателям влаготеплообеспеченности вегетационных периодов

Год	K_T	K_W по вариантам опыта			Расчетный урожай по вариантам опыта, ц/га			Фактический урожай по вариантам опыта, ц/га			НСР ₀₅ , ц/га
		К	Д	Д _о	К	Д	Д _о	К	Д	Д _о	
1977	0,896	0,949	0,994	-	89,3	93,5	-	86,4	101,7	-	10,1
1978	0,827	0,640	0,894	0,949	55,6	77,6	82,4	59,1	73,3	81,2	9,2
1979	0,985	0,750	0,969	0,977	77,6	100,2	101,	78,7	94,4	99,8	9,9

Примечания: К – естественная влагообеспеченность (контрольный вариант); Д – дождевание с целью поддержания почвенных влагозапасов в пределах 70–100 % от наименьшей влагоемкости; Д_о – дождевание с учетом теплообеспеченности вегетационного периода.

Вычисленное по разности расчетных и фактических урожаев многолетних трав (табл. 1) среднеквадратическое отклонение составило 4,54 ц/га, что существенно меньше значений НСР_{0,5}. Причем ни в одном году разность между расчетным и фактическим значением урожая не превысила установленную в годы исследований ошибку опыта. Расчеты также показали, что исключение из расчета показателя теплообеспеченности вегетационного периода увеличивает среднеквадратическую ошибку расчета до 7,53 ц/га. При этом отклонение расчетной урожайности многолетних трав от фактической на варианте с дождеванием в 1978 году превысило ошибку опыта (НСР_{0,5}).

В соответствии с данными табл. 2 среднеквадратическое отклонение в расчете урожая ярового тритикале без учета теплообеспеченности составляет около 8 ц/га, а с учетом – снижается до 4,9 ц/га, т.е. почти вдвое. Более того, анализ показал, что урожай данной культуры лимитируют именно температурные условия в период «конец кущения – флаговый лист», причем в большей степени, чем почвенные влагозапасы в любой период вегетации.

Заметим, что приведенные в статье Н.Н. Семененко [6] эмпирические уравнения, связывающие почвенные влагозапасы с урожаем и имеющие достаточно высокий показатель достоверности эмпирической зависимости ($R^2=0,88$), дают среднеквадратическое отклонение расчетных величин урожаев от фактических около 8,7 ц/га.

Таблица 2 – Расчет урожая ярового тритикале по показателям влаготеплообеспеченности критических периодов вегетации

Год	K_T	K_W	Урожай, ц/га		Отклонения, ΔУ, ц/га
			Расчетный	Фактический	
2001	0,722	0,651	34,8	41,6	-6,8
2002	0,949	0,821	57,6	56,3	1,3
2003	0,667	0,884	43,7	41,1	2,6
2004	0,849	0,970	61,0	55,3	5,7
2005	0,954	0,972	68,6	65,4	3,2

Заключение

Полученные результаты убедительно подтверждает правомочность применения при оценке влияния гидротермических условий вегетации на урожай сельскохозяйственных культур и преимущества модели (1) перед другими эмпирическими зависимостями.

Список цитированных источников

1. Механизация полива: справочник / Б.Г. Штепа [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1990. – С. 31–37.
2. Лихацевич, А.П. Модель влияния регулируемых факторов окружающей среды на урожай сельскохозяйственных культур / А.П. Лихацевич // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – № 2(52). – С. 123–143.
3. Лихацевич, А.П. Приближенная количественная оценка воздействия факторов окружающей среды на формирование урожая сельскохозяйственных культур / А.П. Лихацевич // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1(55). – С. 95–102.
4. Лихацевич, А.П. Исследование режима дождевания и мелкодисперсного увлажнения многолетних трав на торфяных почвах: дисс. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / А.П. Лихацевич. – Минск, 1982. – 196 л.
5. Амнуил, Х.И. О методике определения нижнего предела полезной для растений влаги в торфяных почвах / Х.И. Амнуил // Труды БелНИИМивХ. – Минск, 1956. – С. 275–287.
6. Семененко, Н.Н. Оптимизация продукционного процесса – важнейшее условие формирования стабильной высокой урожайности зерновых культур / Н.Н. Семененко // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 4. – С. 5–10.

УДК 551.481

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАРАСТАНИЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Лопух П.С., Кабушева Т.С.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь, loruch49@mail.ru

The main features vegetation of lake-reservers as new man-made water-bodies are shown.

Введение

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 их использования. 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 одного из путей рационального использования водных ресурсов при разработке схем комплексного использования природных ресурсов в бассейнах рек, а также как реального пути восстановления (олиготрофикации) зарастающих озер.

Основная часть

В Беларуси преобладают малые водохранилища, которые практически полностью унаследуют природные особенности территории, на которой создаются, и подвержены влиянию местных факторов. Природные особенности затопляемой территории, которые впоследствии проявляются 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.

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.

Оценивая в целом степень и характер зарастания речных водохранилищ, выделяются следующие их типы: типичные речные водохранилища с четко выраженными участками зарастания; наливные и полуналивные водохранилища с укрепленными берегами и смешанной подачей воды и отсутствием ярко выраженных участков зарастания; самотечные речные водохранилища с частично укрепленными берегами и смешанным типом зарастания; озерные и озерно-речные водохранилища сочетающие признаки зарастания озер и речных водохранилищ. Общими чертами зарастания водохранилищ всех типов являются определяющие факторы: наличие мелководий, характер грунтов, гидродинамические особенности акватории. Несмотря на гидроморфологические и гидродинамические отличительные черты водохранилищ, степени их зарастания, актуальным является разработка методических основ по прогнозированию и снижению степени зарастания водохранилищ различного типа на различных стадиях их создания и эксплуатации.

Общие принципы

Проектируя и создавая малые водохранилища, необходимо опираться на ряд общих 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 водным объектам: 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.

5. Принцип гидродинамической устойчивости, или приближение параметров будущего водохранилища к параметрам, близким к естественным озерам, речным долинам (контур, конфигурация котловины в плане, равновесной береговой линии в плане и по поперечникам, амплитуде колебания уровня озера, реки за многолетний период или в геологическом отрезке времени).

6. Принцип достаточной сбалансированности экосистемы в результате поддержания единства абиотических и биотических факторов.

Для процесса зарастания нами рассматриваются основные принципы и подходы по прогнозированию зарастания малых водохранилищ в условиях Беларуси на стадии проектирования, строительства и их эксплуатации.

На стадии проектирования водохранилищ

1. Принцип сочетания унаследованных и приобретенных факторов, определяющих интенсивность зарастания ложа.

2. Принцип необходимого постоянного обновления гидроэкосистемы для увеличения продолжительности сроков эффективного использования водохранилища.

3. Прогноз, моделирование процесса зарастания ложа (зоны затопления). Создание математических и физических моделей на основе экспериментальных исследований существующих водохранилищ.

4. Теоретическое (концептуальное) обоснование зарастания ложа будущего водохранилища.

На стадии строительства

1. Принцип комплексной оценки биотических и абиотических факторов.

2. Принцип комплексного (акваториального) районирования акватории водохранилища и оценки факторов зарастания ложа на конкретных гидрографических участках.

3. Принцип максимального снижения роли унаследованных факторов в зарастании ложа будущего водоема.

На стадии эксплуатации водохранилищ

1. Принцип комплексности географического мониторинга водохранилища.

2. Принцип применения корректирующих мероприятий в процессе эксплуатации водохранилищ.

Заключение

Основопологающим фактором снижения степени зарастания ложа водохранилищ является создание единой теории создания искусственных водных объектов.

Список цитированных источников

1. Лопух, П.С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена, их использование и охрана / 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. – Минск: БГУ, 2002. – 22 с.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КАПЕЛЬНИЦ РАЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПО ДАННЫМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Меддур Ахмедсалахеддин

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина, salah11dz@yahoo.fr

These issues concerning the reliability of droppers for irrigation that were explored in the hydraulics laboratory NUWMNRU, to determine the distribution of the number of failures of droppers for irrigation .

Введение

В настоящее время, проектирование объектов гидромелиоративных систем базируется на детерминистических зависимостях. Значительная часть этих зависимостей используется в практике. При этом определяющий параметр которых характеризует трудоспособность системы и часто является функцией нескольких аргументов X_i

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (1)$$

Нередко природа аргументов X_1, X_2, \dots, X_n такая, что они являются не детерминистическими, а случайными величинами. В этом случае значения функции также являются случайными величинами, которые имеют соответствующую вероятность.

Основная часть

Очевидно, что получение определяющего параметра Y с определенной вероятностью дает соответствующую гарантию невыполнения, тогда как детерминистические параметры и методы их расчетов такой гарантии не дают. Если детерминистические зависимости построены на базе достаточного количества исследовательских данных, то значение функции при соответствующих значениях аргументов будет равно математическому ожиданию

$$m_y = F(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}). \quad (2)$$

Аналитические детерминистические зависимости можно использовать для оценок средних квадратичных отклонений функции.

Анализ величин расходов воды q за время t показал, что их колебание в опытах обусловлено физическими причинами. Учитывая то, что в каждом режиме работы давления были постоянными, а расходы воды с колебанием значений q медленно уменьшались за время, то на оси времени можно выделить часть функции $q(t)$, которую можно рассматривать как стационарную и нестационарную часть этой функции. Любая случайная функция $X(t)$ называется стационарной, если ее математическое ожидание и дисперсия являются постоянными величинами, а автокорреляционная функция зависит только от разности моментов времени, для которых берут ординаты случайной функции. В случае, если ординаты случайных функций подчиняются нормальному закону, то эти функции называются нормальными. Для поиска законов распределения количества отказов капельных водовыпусков N , как стационарной, так и нестационарной части функции $N(T)$, использовали метод статистического моделирования.

Суть метода базируется на центральной предельной теореме и неравенстве Чебышева, согласно которой выходит следующее. Если некоторая величина X является суммой большого количества взаимно независимых случайных величин x_1, x_2, \dots, x_n , влияние каждой из которых на всю сумму очень мало, то эта величина имеет распределение, близкое к нормальному. Это позволяет использовать не любые числа, а случайные числа нормального распределения.

Подобрать тип теоретического распределения случайных величин можно с помощью сеток вероятностей. Так, для нормального закона распределения, расчетным уравнением прямой для построения графика функции распределения является зависимость [1]

$$U_F = 1/\sigma_x (x - a), \quad (3)$$

где σ_x и a – параметры нормального распределения; U_F – квантиль функции $F(x)$ в точке x .

Если эмпирическая функция распределения аппроксимируется нормальным законом, то на графике $y = 1/\sigma_x (x - a)$ точки, которые исследуются $F(x)$, будут размещаться возле прямой с угловым коэффициентом $1/\sigma_x$ [1].

При каждом режиме работы капельниц выделялся период, в пределах которого можно было считать, что колебание расходов q – стохастичный процесс изменения случайных значений во времени.

Были проведены лабораторные исследования расходно-напорных характеристик капельниц в лаборатории гидравлики НУВХП, которые на сегодня используются в мире и в Украине: 1-Silver drip; 2-T-tape; 3-Aqua traxx – не компенсированные типы капельниц (при изменении давления внутри трубки капельного орошения, расход воды изменяется). Было исследовано 70 капельниц Silver drip, 55 капельниц Aqua traxx, 55 капельниц T-tape. Опыт проводился в эксплуатационных режимах: без промывки; с промывкой и добавлением минеральных удобрений при разных рабочих давлениях (1,05–0,41 бар).

Для установления типа теоретичного закона распределения надежности капельных водовыпусков, использовали специальную программу на ЭВМ для определения теоретических законов распределения случайных величин. В основе данной программы имеется заложенный расчет данных для определения теоретического закона распределения, построение графиков теоретического закона распределения случайной величины на сетке вероятностей, а также оценка аппроксимации исследовательских данных. Нанесение точек эмпирической функции распределения на вероятностные сетки показало, что наилучшим вариантом, в нашем случае, есть нормальное распределение (см. рис. 1, 2 на примере капельниц Aqua traxx).

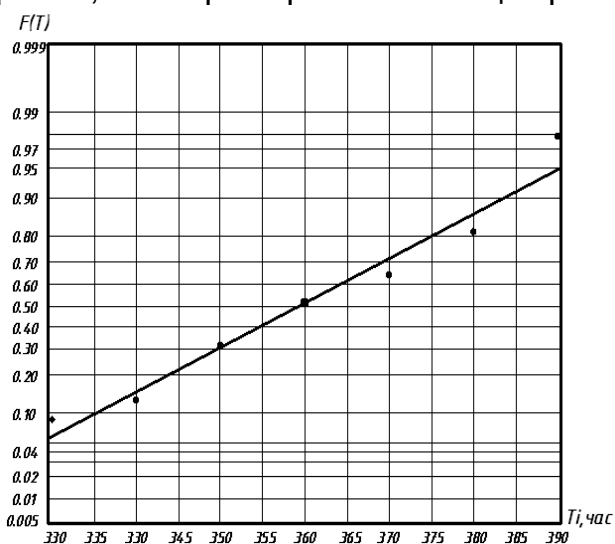


Рисунок 1 – Сетка достоверности и график функции распределения надежности капельниц Aqua traxx при давлении 0,41 бар для нормального закона распределения при эксплуатационном режиме без промывки

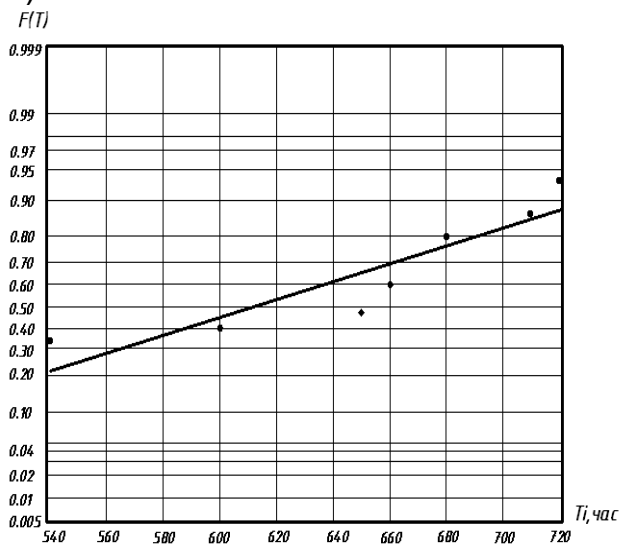


Рисунок 2 – Сетка достоверности и график функции распределения надежности капельниц Aqua traxx при давлении 0,41 бар для нормального закона распределения при эксплуатационном режиме с промывкой и добавлением минеральных удобрений

Значение эмпирической функции распределения случайной величины отказов в точках определяем по формуле [1, 2]

$$F_e(T_i) = \frac{A_i}{N + 1}, \quad (4)$$

где N – общее количество отказов капельниц; A_i – накопленная частота.
В нашем случае [1, 2]

$$A_i = \sum_{j=1}^k n_j, \quad (5)$$

где n_j – частота величины T_j в возрастающем вариационном ряде; k – порядковый номер величины T_j в возрастающем вариационном ряде.

Результаты расчетов приведены в табл. 1, 2.

Из табл. 1 и рис. 1 видно, что максимальная разница между эмпирической и теоретической функциями распределения $D_{\max} = 0,081$ наблюдается при $T = 370$ часов, и также из табл. 2 и рис. 2 – максимальная разница между эмпирической и теоретической функциями распределения $D_{\max} = 0,191$ наблюдается при $T = 370$ часов.

Заключение

Обработанные данные лабораторных исследований работы капельниц Silver dripe, Aqua traxx, t-tape показали, что на уровне значимости $\alpha=0,1$ по критерию Колмогорова все графики зависимостей $N(T)$ можно аппроксимировать нормальным распределением, а коэффициенты вариации расходов капельниц зависят от режимов работы капельниц и их продолжительности.

Таблица 1 – Расчетные данные для определения теоретического закона распределения надежности капельных водовыпусков при эксплуатационном режиме без промывки

№ п/п	T_i , час	n_i	A_i	$Fe(T)$	$F_T(T)$
Aqua traxx при давлении 0,41 бар					
1	330	4	4	0,085	0,058
2	340	2	6	0,128	0,151
3	350	9	15	0,319	0,311
4	360	9	24	0,511	0,517
5	370	6	30	0,638	0,719
6	380	8	38	0,809	0,868
7	390	8	46	0,979	0,951
Оценка по критерию Колмогорова $D_m = \max Fe(T) - F_T(T) \leq A(N; \alpha)$; $D_m = \max Fe(370) - F_T(370) = 0,638 - 0,719 = 0,081$; $A(N; \alpha) = A(46; 0,10) = 0,177$					

Таблица 2 – Расчетные данные для определения теоретического закона распределения надежности капельных водовыпусков при эксплуатационном режиме с промывкой и добавлением минеральных удобрений

№ п/п	T_i , час	n_i	A_i	$Fe(T)$	$F_T(T)$
Aqua traxx при давлении 0,41 бар					
1	540	5	5	0,333	0,223
2	600	1	6	0,400	0,450
3	650	1	7	0,467	0,657
4	660	2	9	0,600	0,695
5	680	3	12	0,800	0,765
6	710	1	13	0,867	0,851
7	720	1	14	0,933	0,874
Оценка по критерию Колмогорова $D_m = \max Fe(T) - F_T(T) \leq A(N; \alpha)$; $D_m = \max Fe(650) - F_T(650) = 0,467 - 0,657 = 0,191$; $A(N; \alpha) = A(46; 0,10) = 0,314$					

Список цитированных источников

1. Науменко, И.И. Определение числовых законов распределения случайных величин с работодателем ПОМ / И.И. Науменко, Ю.М. Ерошкин // Гидромелиорация и гидротехническое строительство. – Ровно, 2001. – № 26. – С. 75–83.

2. Науменко, И.И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем / И.И. Науменко. – Киев, 1994. – 424 с.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ОСУШЕНИИ ПОДАПЛИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Митрахович А.И., Иванов В.П., Майорчик А.П.*

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации», г. Минск, Республика Беларусь, niimel@mail.ru; * Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

The article defines the problem of the drainage of agriculture lands and underflood urban areas, as well as shows the importance of the hydrogeological prospecting for further reclamation activity planning. There is also mentioned the specific prospecting work during the design of the system of the lowering the subterranean water on the urban areas, the necessity of exploratory well installation with the obligatory testing by experienced pumping.

Введение

Изменение климатических условий с участвовавшими природными катаклизмами в виде засушливых периодов, чередующихся с ливневыми осадками и дождливыми периодами, строительство водохранилищ и прудов, каналов, городское строительство с прокладкой водоводных коммуникаций неизбежно ведут к дополнительному техногенному обводнению земель. Последствия подъема уровня грунтовых вод особенно неблагоприятны в населенных пунктах, когда затапливаются подвалы, повреждаются коммуникации, гибнут парки, сады и др. Примером может служить подтопление территории в г. Борисове, расположенном в пойме р. Березина. Такие территории нуждаются, как правило, в проведении осушительных мероприятий для понижения грунтовых вод, как правило, горизонтальным дренажем. Однако во многих случаях достичь должного эффекта таким способом довольно сложно, учитывая городскую инфраструктуру сооружений и коммуникаций. Заложить дренаж на глубину 3–4 м в черте города довольно сложно.

Результаты и предложения

В определенных гидрогеологических условиях эффективным способом понижения уровня грунтовых вод в таких условиях является вертикальный дренаж. В РУП «Институт мелиорации» такой способ осушения применялся при понижении уровня грунтовых вод на мелиоративных объектах [1]. Разработана методика расчета параметров вертикального дренажа и состав гидрогеологических изысканий для его проектирования [2]. Достоверность и точность гидрогеологических изысканий при проектировании систем вертикального дренажа имеет исключительно важное значение. Например, при изысканиях для строительства системы вертикального дренажа на мелиоративном объекте в водосборе р. Осиповки Малоритского района Брестской области не была выявлена слабопроницаемая суглинистая прослойка мощностью 1,5–2 м на глубине 3–4 м от поверхности, занимающая значительную площадь. В результате осушительная эффективность дренажа оказалась недостаточной, что потребовало проведения дополнительных мероприятий, связанных с существенными затратами.

Для гидрогеологического обоснования в общем случае защитных дренажей на подтапливаемых территориях населенных пунктов требуется наличие следующих данных:

- топографического плана территории с отметками заглубленных элементов сооружений и инженерных коммуникаций;
- проекта вертикальной планировки территории;
- материалов гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий;
- подробной характеристики источников подтопления территории, включая их водный режим, интенсивность, размер и т.д., а также другие факторы подтопления;
- сведения о характере застройки защищаемой территории в пределах действия дренажа.

Гидрогеологические изыскания объектов осушения должны проводиться с учетом намечаемых конструкций мелиоративных систем. Наиболее сложные изыскания проводятся под вертикальный дренаж, их следует выполнять в два этапа:

- бурение зондировочных, разведочных, разведочно-эксплуатационных и наблюдательных скважин с отбором образцов грунта для определения физико-механических свойств водоносных пород;
- выполнение опытно-фильтрационных работ для определения гидрогеологических параметров, оценки водообильности водоносного горизонта и установления осушительного эффекта скважин.

Зондировочные скважины диаметром 50–127 мм устраиваются для предварительного изучения разреза пласта. Более детальное изучение с отбором образцов грунта и проведением опытных откачек осуществляется разведочной скважиной диаметром 108–219 мм, оборудованной фильтром.

В отдельных случаях могут устраиваться разведочно-эксплуатационные скважины, рассчитанные на последующую за разведкой эксплуатацию с проектным дебитом.

Для замеров уровней грунтовых вод при откачках устраиваются наблюдательные скважины диаметром 50–100 мм, глубиной 4–8 м (в зависимости от расстояния от возмущающей скважины). Эти скважины имеют фильтр по всей длине или только в нижней части (0,5–1,0 м). Расстояние наблюдательных скважин от эксплуатационной принимается равным 3, 10, 30 и 96 м.

На 100–150 га площади необходимо устраивать две зондировочные скважины и по одной разведочной и разведочно-эксплуатационной. Глубина разведочных и зондировочных скважин на 5–7 м превышает предполагаемую глубину эксплуатационных скважин.

С целью уточнения и детализации геологического строения массива (установление напорности грунтовых вод и выбор места строительства скважины) рекомендуется проводить геофизические изыскания методом ВЭЗ и естественного электрического поля.

В лабораторных условиях на отобранных образцах определяются гран-состав, коэффициент фильтрации и другие характеристики грунтов.

По результатам опытно-кустовых откачек определяют дебитную характеристику скважины и фильтрационные характеристики водоносного горизонта. Для определения дебитной характеристики скважины проводят одиночную откачку с 3–5 кратным повышением дебита начиная с минимального и заканчивая максимально возможным. Продолжительность откачки при каждом дебите 2–3 часа. Данные понижений S_c в возмущающей скважине при различных де-

битах используют для построения индикаторной кривой $Q=f(S_c)$ и прогнозирования проектной эксплуатационной величины дебита. Окончательный выбор ее делают исходя из анализа графика индикаторной кривой и возможности насосного оборудования.

По результатам откачек из разведочно-эксплуатационных скважин и депрессионной кривой, построенной по замерам уровня воды в наблюдательных скважинах, устанавливают радиус действия скважины, интенсивность понижения уровня грунтовых вод и режим работы скважины. Глубину дренажных скважин целесообразно назначать не более 30–40 м.

Проведение изысканий по предлагаемой методике позволит установить возможность применения вертикального дренажа на подтапливаемых территориях населенных пунктов и его эффективность осушения.

Выводы

1. Способы осушения населенных пунктов существенно отличаются от способов осушения сельскохозяйственных угодий, что обуславливает необходимость проведения специфических гидрогеологических изысканий.

2. Для гидрогеологических изысканий под строительство вертикального дренажа для осушения городских территорий требуется устройство разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин с обязательным проведением опытных откачек для определения гидрогеологических параметров водоносного горизонта и радиуса влияния скважины.

Список цитированных источников

1. Осушение земель вертикальным дренажем / А.И. Мурашко [и др.]. – Минск: Ураджай, 1980.

2. Временные рекомендации по проектированию вертикального дренажа в Белорусском Полесье. – Минск, 1978.

УДК 626.823.92:691.175

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДРЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ С ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нестеров М.В.

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» г. Горки, Республика Беларусь

There have been given the results of full-scale experiments of water regulating constructions on the canals of melioration systems. Polyethylene filmy screens have been used instead of sheet pilings in these constructions.

Введение

Современные мелиоративные системы насыщены большим количеством различных гидротехнических сооружений, обеспечивающих надежное регулирование водного режима на мелиорируемых площадях. Особое место здесь принадлежит подпорным гидротехническим сооружениям – регуляторам, которые создают необходимый подпор уровней воды в каналах и водоприемниках, что позволяет регулировать водно-воздушный режим почв.

Характерным для Полесской низменности является наличие в основаниях сооружений хорошо водопроницаемых грунтов. Последнее вызывает необходимость применять противофильтрационные устройства при строительстве подпорных сооружений.

Основная часть

В конце семидесятых, начале восьмидесятых годов прошлого столетия кафедрой гидротехнических сооружений был выполнен комплекс научных исследований, позволяющий заменять традиционные материалы (глина, дерево, металл), применяемые при устройстве противофильтрационных элементов водоподпорных сооружений, на пленочные полимерные материалы.

Совместно с производственными организациями Гомельской области, трестом «Гомельводстрой» (сейчас это объединение называется КУП «Гомельмелиоводхоз») была разработана технология строительства противофильтрационных завес из пленочных полимерных материалов, в основу которой был положен метод «стена в грунте». В качестве пленочного материала использовалась полиэтиленовая пленка толщиной 0,20 мм, стабилизированная сажой. Пленка укладывалась в два слоя с помощью специально изготовленного устройства, которое навешивалось на базовую машину. В качестве базовой машины применялся многоковшовый экскаватор.

Таким образом, были построены водорегулирующие сооружения в ряде районов Гомельской области. На построенных регуляторах (типовая разработка института «Белгипроводхоз») вместо глиняного понура и деревянной шпунтовой стенки были выполнены, соответственно, понур и вертикальная пленочная противофильтрационная завеса из полиэтиленовой пленки.

Два регулятора уровней ШР 2,5 – 5 на р. Неманка Ветковского района и ШР 2,5 – 2х4 на канале «Лукском» Рогаческого района при строительстве были оборудованы необходимым количеством пьезометров. Пьезометры расположены по трем характерным створам – вдоль левого берега, по оси сооружения и вдоль правого берега. В каждом створе установлено по три пьезометра с расположением их перед завесой, непосредственно за завесой и на выходе, т.е. пьезометры были устроены таким образом, чтобы можно было оценить эффективность работы (гашение напора) полиэтиленового понура, полиэтиленовой завесы и подземного контура, в целом (рис. 1.).

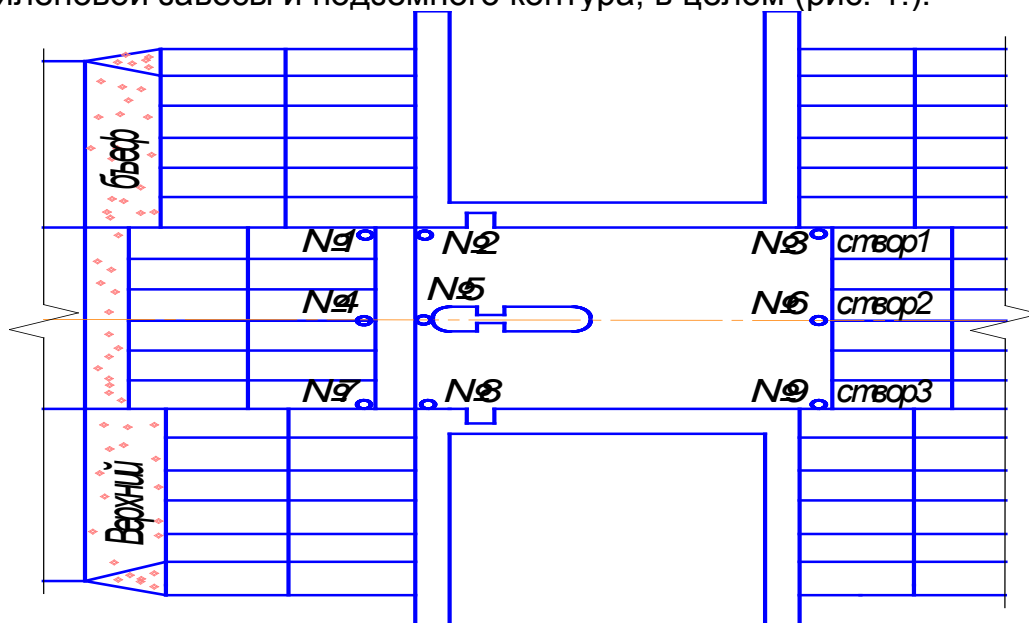


Рисунок 1 – Схема размещения пьезометров на водоподпорном сооружении

Исследование режима фильтрационного потока в основании регуляторов уровней производилось в весенне-летний период, спустя примерно шесть месяцев со времени окончания строительства сооружений. Уровни воды в пьезометрах замерялись с помощью специально изготовленного электрического датчика с точностью до 1,0 см.

Аналогичные исследования проводились в 2005–2008 гг. После многолетней работы сооружений при визуальном наблюдении никаких повреждений и деформаций не обнаружено. Систематические наблюдения по пьезометрам позволили получить картину фильтрационного потока в основании регуляторов уровней.

В процессе полевых исследований до закрытия затворов измерялся уровень грунтовых вод. На объекте «Неманка» на сооружении ШР 2,5 – 5 уровень грунтовых вод составлял (разные годы) 0,4 – 0,7 м относительно плиты водобоя. Напор на сооружения увеличивали небольшими ступенями в 0,2–0,3 м и через 4–6 часов производили замер уровней воды в пьезометрах. После установившейся фильтрации (при заданном напоре показания пьезометров оставались постоянными) напор увеличивали на следующую ступень и т.д. По данным показаний пьезометров были построены линии пьезометрических напоров фильтрационного потока вдоль подземного контура сооружения.

На рис. 2 показаны линии пьезометрических напоров вдоль подземного контура водоподпорного сооружения ШР 2,5 – 5 при напорах 1,10 м, 1,55 и 1,70 м.

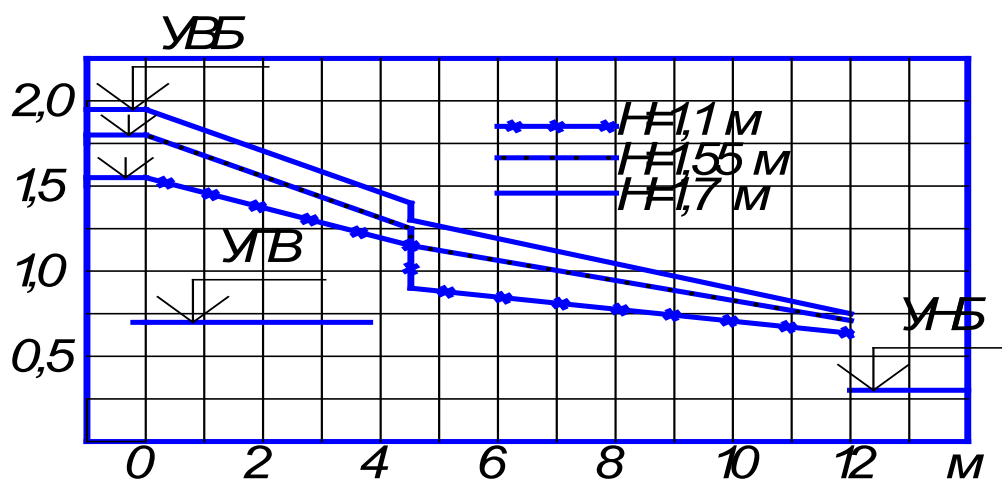


Рисунок 2 – Линии изометрических напоров вдоль подземного контура водоподпорного сооружения

Из анализа рис. 2 следует, что при изменении напора на сооружении от 1,1 до 1,7 м гашение напора на полиэтиленовом понуре длиной 4,5 м достигается соответственно 32–38 % от общего напора. Гашение же напора на вертикальной полиэтиленовой завесе изменяется обратно пропорционально напору и составляет 15–5 % от общего напора. Такое изменение объясняется пространственной схемой фильтрации вдоль подпорных сооружений мелиоративных систем. Гашение напора на водобойной части и на выходе, при увеличении напора от 1,1 до 1,7 м увеличивается соответственно от 54 до 57 %. Выходные градиенты при этом изменяются (с учетом уровня грунтовых вод) от 0,13 до 0,24.

Аналогичные исследования в период 1962–1966 гг. проводились БелНИИМиВХ на подпорных сооружениях с грунтовыми понурами и металлическими шпунтовыми стенками. На основании этих исследований установлено,

что металлический шпунтовый ряд, забитый на глубину 3,0 м, обеспечивает гашение не более 5–11 % общего напора, грунтовый понур из глины гасит 30–60 % общего напора, водобой – 30–60 %. Выходные градиенты изменяются от 0,28 до 0,55. Исследования проводились при напорах 0,6–1,79 м.

Заключение

В заключение следует отметить, что устройство пленочных противофильтрационных завес показало значительное преимущество таких работ перед изготовлением традиционных шпунтовых рядов на регуляторах уровней, применяемых в мелиоративном строительстве.

Забивка шпунтового ряда из дерева на регуляторе уровней ШР 2,5 – 2х4 осуществляется в течение 4 рабочих смен бригадой в 6 человек с применением специального оборудования. При глубине шпунта 2,5 м и длине стенки около 25 м расходуется ценный деревянный брус в количестве около 9 м³. При закладке пленочной завесы расходуется около 15 кг пленки, работа выполняется в течение одной смены с занятостью не более 4 человек.

Список цитированных источников

1. Богданович, А.И. Исследование возможности замены шпунтовых рядов полиэтиленовыми завесами в подпорных сооружениях на мелиоративных системах Полесья / А.И. Богданович, М.В. Нестеров // Мелиорация и гидротехника. – Горки, 1979. – Вып. 57.

2. Богданович, А.И. Технология изготовления пленочных противофильтрационных завес шлюзов-регуляторов на мелиорированных системах Полесья / А.И. Богданович, М.В. Нестеров // Мелиорация и гидротехника в БССР. – Горки, 1980. – Вып. 72.

3. Глебов, В.Д. Пленочные противофильтрационные устройства гидротехнических сооружений / В.Д. Глебов, И.Е. Кричевский, В.П. Лысенко. – Москва: Энергия, 1976.

4. Дрозд, П.А. Некоторые результаты наблюдений за фильтрацией на шлюзах-регуляторах / П.А. Дрозд, А.С. Титов // Труды БелНИИМиВХ. – Минск: Ураджай, 1968. – Т. XVI.

УДК 556. 5358(476)

РАЗРАБОТКА И КОРРЕКТИРОВКА ПРОЕКТА ВОДООХРАННЫХ ЗОН И ПРИБРЕЖНЫХ ПОЛОС В Г. БРЕСТЕ

Рутковский П.П., Калинович А.С. *

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь; * Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Results on an establishment and updating of borders of water security zones and coastal strips for water currents and reservoirs in Brest are resulted. Actions for decrease in anthropogenous loading on water objects are defined.

Введение

В 2003 году НП РУП «Информационные автоматизированные системы» по заказу Управления архитектуры, градостроительства и землеустройства Брестского горисполкома выполнило экологическое обследование и разработало проект водоохранных зон и прибрежных полос (ВОЗ и ПП) водоемов и водотоков города Бреста. Основой разработки послужили материалы «Схемы водоохранных зон и прибрежных полос водоемов города Бреста», разработанные БелНИИГрадостроительства в 1995 году. Впоследствии границы водоохранных зон и прибрежных полос уточнялись в связи с изменением градостроительной ситуации (ЦНИИКИВР, 2006 год).

Обоснование границ ВОЗ и ПП

Учитывая, что за прошедший период со времени составления схемы существенных изменений климатических, гидрогеологических, геологических, природных, радиационных условий не произошло, то при разработке проекта водоохранных зон и прибрежных полос основное внимание было уделено уточнению границ в соответствии с разрабатываемым генпланом города Бреста, оценке антропогенной нагрузки на водные объекты, определению потенциальных загрязнителей и разработке мероприятий по улучшению гидроэкологического состояния водных объектов в пределах города Бреста.

Обоснование и корректировка границ ВОЗ и ПП проведена с учетом следующих факторов:

- состояния территории бассейнов водных объектов;
- экологического состояния водных ресурсов;
- гидрологического режима водотоков;
- степени хозяйственного освоения поймы рек Западный Буг и Мухавец в современных условиях и на перспективу.

При выделении границ водоохранных зон учитывалось, что для рек они должны быть пространственно непрерывны. В границы водоохранных зон включены лесные насаждения, скверы, заболоченные участки, зоны кустарников и мелколесий.

Ширина прибрежных полос назначалась в соответствии с требованиями положения о ВОЗ и ПП, с учетом строения поймы (уклон, расчлененность и т.д.), скорректированной с условиями экспертных оценок территории.

На правобережной части водосбора рек Западный Буг и Мухавец границы водоохранных зон установлены прежде всего с учетом природной линии геоморфологического местного водораздела и систем тальвегов, непосредственно примыкающих к поймам рек. При этом принято во внимание наличие сети гидротехнических сооружений, селитебных и производственных территорий, а также размещение зеленых насаждений общего пользования, дорог, служащих преградой прямого поступления поверхностного стока в водные объекты.

С учетом этого граница водоохранной зоны реки Западный Буг в северо-западной части города принята по существующей дамбе и имеет ширину от 0,17 до 0,8 км. Ниже железной дороги граница водоохранной зоны реки Западный Буг выше сооружений соединяется с границей водоохранной зоны реки Мухавец, и которая проходит по улице Героев обороны Брестской Крепости, далее по улице Зубачева. Ширина водоохранной зоны в районе Брестской крепости достигает 1,1 км. В нее входят все водные объекты, расположенные на территории крепости. Ниже автомобильной дороги, ведущей к Варшавскому мосту, в водоохранную зону реки Западный Буг включены поля

фильтрации Брестского водоканала. Граница проходит по насыпи в долине реки Западный Буг, ширина водоохраной зоны колеблется от 0,3 км до 1,7 км в урочище Большой Мешок.

Водоохранная зона реки Мухавец определена с учетом градостроительной обстановки по улице Зубачева, набережной Ф. Скорины. Ширина изменяется от 50 м (это вызвано наличием существующей застройки, сложившейся в предыдущие годы) до 200–800 м. За улицей Ф. Скорины граница водоохраной зоны проходит по улице Шевченко, по долинному комплексу реки Мухавец, далее по улице Богданчука, у гребной базы по местному проезду выходит на улицу Лактионова.

По левобережью граница водоохраной зоны реки Мухавец проходит по улице Октябрьской революции до пересечения с железной дорогой, ведущей на станцию Брест-Южный. На территории водоохраной зоны расположены пойменные водоемы, образовавшиеся в результате добычи песка для нужд строительства.

Граница прибрежной полосы вдоль реки Западный Буг в северо-западной части запроектирована вдоль дамбы польдерной мелиоративной системы на расстоянии от 120 м от реки в районе пересечения железнодорожной магистрали до 500–600 м в районе д. Козловичи. В настоящее время в силу приграничного положения на выделенной территории природный комплекс представлен луговыми и залесенными территориями. Граница прибрежной полосы реки Западный Буг в пределах города определена вдоль дамбы обвалования и включает залесенную полосу, ширина которой составляет от 10 до 50 м. Граница прибрежной полосы реки Западный Буг в пределах Брестской Крепости переходит в границу прибрежной полосы реки Мухавец, которая проходит вдоль северного рукава реки на расстоянии порядка 50 м.

На территории Мемориала граница прибрежной полосы трассируется по внешней границе фортификационных сооружений крепости, которые образуют замкнутое и изолированное пространство, препятствующее поступлению поверхностного стока в реки Мухавец и Западный Буг.

На территории островов Госпитальный и Пограничный граница прибрежной полосы проходит вдоль внешнего откоса ограждающей дамбы.

На территории Речного порта вдоль русла реки сооружена бетонная вертикальная набережная, частично препятствующая попаданию поверхностного стока с его территории в реку. Поэтому выделение прибрежной полосы на территории Речного порта не предусматривается и ее граница проходит по границе набережной.

От набережной Речного порта граница прибрежной полосы проходит по коренному берегу до границ жилой застройки.

Далее до мостового перехода граница прибрежной полосы идет до участка коллективных гаражей, огибая участок индивидуальной застройки. Участок коллективных гаражей является активным источником загрязнения природной среды и по своему статусу не соответствует режиму прибрежной полосы, но вынос его из прибрежной полосы по экономическим и социальным возможностям города в ближайшее время практически не реализуем. Поэтому территория коллективных гаражей не включена в прибрежную полосу и ее граница проходит практически по внешней границе участка индивидуальных гаражей. За мостовым переходом граница прибрежной полосы проходит по контуру луговых угодий, включая их в пределы полосы. В водоохранную зону включен

полуостров, расположенный в 500 м выше по течению от мостового перехода, поля фильтрации по правому берегу реки Мухавец не включены в территорию границ прибрежной полосы.

Граница прибрежной полосы Западного Буга проходит по характерным точкам рельефа и дамбам обвалования вдоль ограждающей дамбы очистных сооружений и вдоль границы участка, отведенного под иловые пруды.

Левобережная часть долины реки Мухавец представлена обширной поймой шириной порядка 1000–1200 м. В результате разработки карьеров в пойме реки Мухавец образовалось большое количество искусственных водоемов. Указанные водоемы включены в прибрежную полосу реки Мухавец, за исключением гребного канала, который вынесен за пределы прибрежной полосы по следующим мотивам: в настоящее время здесь ведется интенсивное строительство гребного канала, планируется возведение трибун для зрителей, организация стоянок автобусов, легкового автотранспорта. Данный водоем будет интенсивно использоваться в спортивно-оздоровительных целях.

Границы водоохранных зон рек Западный Буг и Мухавец оформлены на топооснове в масштабе 1:10000, а границы прибрежных полос в масштабе 1:2000.

Для тех водных объектов, которые не попадают в прибрежную полосу Западного Буга или Мухавца, устанавливается собственная прибрежная полоса согласно «Положению о порядке установления размеров и границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов и режима ведения в них хозяйственной деятельности», утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 24.03.2006 № 377.

Заключение

Проект ВОЗ и ПП является завершенной работой, а разработанное в его составе «Положение о водоохранных зонах и прибрежных полосах, рек и водоемов г. Бреста» вместе с топографическими материалами являются документами прямого действия и использованы в разработке Генерального плана развития города Бреста.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

УДК 666.1.013:628.179

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОБОРОТНЫХ ЦИКЛОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГРАНУЛЯТОРОВ НА ЗАВОДАХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ

Жданюк Н.В.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина, zhdanyukn@hotmail.com

In factories for the production of glass containers are the most contaminated wastewater granulators. Therefore it is expedient to hold a primary water treatment after the pellet with drum-type devices. Improving the quality of primary water treatment in the granulator is achieved by using reagent and sorption methods.

Введение

В результате исследований технологических процессов производства стеклянной тары выявлены общие особенности, соответственно общие недостатки существующих схем водопользования, что позволило разработать новые подходы к их реконструкции и сделать их более совершенными.

Основная часть

Наибольшую сложность для очистки представляет собой вода после грануляторов. Основными видами загрязнения воды на стеклотарных производствах являются нефтепродукты и взвешенные вещества. Нефтепродукты поступают в систему грануляторов от машин вместе со смазочно-охлаждающими растворами. В основном это масла различных марок с добавлением присадок, которые предупреждают растворение и переход масла в эмульгированное состояние. Взвешенные вещества попадают в оборотную воду в виде частиц стекла с грануляторов и пыли с кровли производственных помещений.

Вода, поступающая по лотку, имеет концентрацию нефтепродуктов в 25 раз выше, чем вода, поступающая на охлаждение гранулятора. В зависимости от мощности стеклотарного производства выбросы нефтепродуктов в оборотную систему водоснабжения завода составляют от 40 до 300 кг / сутки.

Как видно из таблицы, основное количество нефтепродуктов поступает в систему водоснабжения от машин по лоткам в грануляторы, где их отбор и отвод будет наиболее рациональным.

Таблица – Концентрация нефтепродуктов в сточных промышленных водах

№ п/п	Место отбора проб воды	Концентрация нефтепродуктов, мг / л
1	Лоток на входе в гранулятор	1090,6
2	Обратная линия системы после маслосборника	73
3	Технологическое оборудование	43,4

Непосредственное исследование стекольных производств показало, что на многих из них первичная очистка воды в грануляторах либо вообще не проводится, либо малоэффективна, а дисковые маслосборные устройства не обеспечивают надежного удаления нефтепродуктов, поскольку не перекрывают полностью поверхность пленки нефтепродуктов на поверхности.

Поэтому целесообразно проводить первичную очистку воды от грануляторов посредством нефтемаслосборного устройства барабанного типа. Работа устройства основана на принципе адгезии пленки нефтемаслопродуктов на цилиндрическом барабане из гидрофобного полимерного материала при контакте со сточной водой, с дальнейшим удалением нефтепродуктов из объема резервуара и извлечению их из барабана в специальную емкость. Повышение качества первичной очистки воды в грануляторе достигается применением реагентов, которые не требуют больших затрат и сложных строительных или монтажных работ. Суммарный эффект очистки составляет более 90 %.

Для повышения качества очистки воды дополнительно нужно устанавливать вторую ступень очистки на выходе из производственного помещения, куда будут поступать сточные воды от грануляторов, атмосферных осадков из внутренних водостоков с кровли сооружений, масла, взвешенные вещества от мытья пола цехов и другие загрязнения.

Для сброса промышленных сточных вод в водоемы нужно провести глубокой доочистку с применением реагентных и сорбционных методов.

Чтобы в дальнейшем использовать воду в системе оборотного водоснабжения, необходимо провести третью степень очистки, где применяются простые методы естественного отстаивания.

При возврате воды в производство целесообразна организация «грязных» водооборотных циклов перед резервуаром нагретой воды оборотной системы. Из резервуара вода поступает на градирню, далее сливается в резервуар холодной воды и насосами возвращается в производство.

Заключение

Анализ работы схем водопользования заводов по производству стеклянной тары показал целесообразность выделения систем грануляторов в отдельные «грязные» водооборотные циклы.

Список цитированных источников

1. Прохоров, Е.И. Совершенствование систем оборотного водоснабжения стекольных производств / Е.И. Прохоров, А.И. Каширец, А.В. Брусов // Стекло и керамика. – 2005. – № 12. – С. 10–13.

2. Трифонова, Т.А., Ишунькина. Оценка экологичности стеклотарного производства / Т.А. Трифонова, Ишунькина // Стекло и керамика. – 2007. – № 6. – С. 32–35.

УДК 628.094.3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ И ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Житенев Б.Н., Андреюк С.В.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, a_asv75@mail.ru

The characteristic of water objects of Byelorussia is presented. The estimation of quality of water on pools of the largest rivers of Belarus is given. Theoretical possibilities of removal of chromaticity and iron in river waters for their use with a view of technical water supply are presented.

Введение

На территории Беларуси сосредоточены значительные запасы водных ресурсов, представленных поверхностными водами. Однако с 90-х годов в республике прослеживается тенденция к снижению объемов забора воды из поверхностных источников, за счет которых в основном обеспечиваются нужды промышленности и теплоэнергетики. На промпредприятиях используется дорогостоящая вода, забираемая из подземных источников, причем большая часть ее идет на производственные, душевые нужды, пользование туалетами и уборку помещений. Такое нерациональное потребление питьевой воды ведет к значительным затратам и удорожанию продукции, выпускаемой предприятиями.

Сэкономить предприятиям значительное количество денежных ресурсов, снижая при этом себестоимость выпускаемой продукции, возможно путем замены питьевой воды из подземных источников на более дешевую техническую воду, забираемую из поверхностных источников.

Поверхностные воды более доступны для использования, к тому же они являются более мягкими и слабоминерализованными по сравнению с подземными. Это выгодно отличает их при использовании для технических целей, в которых накладываются ограничения на жесткость и солесодержание.

Однако поверхностные источники подвергаются загрязнению в результате естественных биологических процессов или деятельности человека. Высокая цветность поверхностных вод, обусловленная содержанием в них гуминовых и фульвокислот, характерная для вод юго-западного региона страны, значительное содержание железа и железосодержащих соединений, а также наличие большого числа антропогенных загрязнений (нефтепродуктов, СПАВ и др.) препятствует использованию поверхностных вод для хозяйственных и технических целей на промпредприятиях.

Обесцвечивание такой воды только коагулированием весьма затруднено из-за высокой степени дисперсности загрязнений. К тому же применение традиционных сульфатов алюминия и железа приводит к увеличению солесодержания воды, которое строго регламентируется для целого ряда производств (например, в красильной промышленности, производстве целлюлозы и искусственного волокна).

При использовании же традиционных окислителей (хлора) образуются побочные продукты реакции (хлорорганические соединения), обладающие канцерогенной и мутагенной активностью.

Поэтому приоритетным направлением повышения качества очистки поверхностных вод является выбор наиболее эффективных реагентов: коагулянтов, окислителей и усовершенствование технологии водоподготовки.

Характеристика водных объектов Республики Беларусь

На территории Беларуси сосредоточены значительные запасы водных ресурсов, представленных как поверхностными, так и подземными водами. Всего насчитывается 20800 рек, общей протяженностью 90600 км. Наиболее крупные из них: Днепр и его притоки Припять, Березина, Сож; Западная Двина, Западный Буг, Неман, Мухавец и др. В Беларуси насчитывается также 10800 озер и 9000 болот.

По обеспеченности водными ресурсами Республика Беларусь находится в благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей страны.

Поверхностные водные ресурсы представлены в республике главным образом речным стоком, который в средние по водности годы составляет 57,9 км³. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до 92,4 км³ в год, а в маловодные (95 % обеспеченности) снижается до 37,2 км³ в год [1].

Пресные подземные воды распространены на территории Беларуси повсеместно. Они залегают на глубине до 500 м и характеризуются высокой стабильностью химического состава, физических и органолептических показателей. Их естественные ресурсы составляют 15,9 км³ в год.

С 90-х годов в республике прослеживается тенденция к снижению объемов забора воды из поверхностных источников.

Наибольшее сокращение характерно для забора поверхностных вод, за счет которых в основном обеспечиваются нужды промышленности и теплоэнергетики. Величина поверхностного водозабора по сравнению с 1990 годом уменьшилась более чем в 2 раза и составила в 2004 году 753 млн. м³ [2].

Наибольший объем для использования забирается в бассейне Днепра – около 1100 млн. м³, в том числе в бассейнах Березины и Припяти.

Поверхностные воды испытывают химическую нагрузку, в разной степени влияющую на реки основных бассейнов. Самому значительному антропогенному воздействию подвержены водные объекты в бассейне Днепра. Техногенное воздействие на реки в бассейнах Немана, Западной Двины, Припяти и др. значительно ниже [3]. Так, в реки бассейна Днепра поступает 71 % всех сточных вод, содержащих различные загрязняющие вещества. В водные объекты в бассейнах Немана, Западной Двины и Западного Буга сбрасывается в среднем 13 %, 10 % и 6 % таких вод соответственно.

По данным исследований [2, 3], проводимых ежегодно, приоритетными загрязняющими веществами поверхностных вод страны являются азот аммонийный и нитритный, соединения металлов, фенолы и нефтепродукты. В последние годы прослеживается рост загрязненности воды практически для всех крупных рек республики.

Оценка качества воды по бассейнам наиболее крупных рек Беларуси

Бассейн Западной Двины

Западная Двина является второй по величине водной артерией Беларуси – в ее пределах находится 39 % водосбора бассейна, расположенного в северной части страны, который дренируется ее средним течением протяженностью 328 км (общая длина реки – 1020 км). Основные правые притоки в пределах Беларуси – Оболь и Дрисса, левые – Лучеса, Улла, Ушача и Дисна. Речная сеть в бассейне хорошо развита и в средний по водности год ресурсы речного стока в бассейне составляют 13,9 км³, а формирующиеся в пределах белорусской части водосбора – 6,8 км³.

Наибольшее влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна оказывают сточные воды предприятий нефтехимической, топливно-энергетической, строительной, пищевой и др. отраслей промышленности, объекты жилищно-коммунального хозяйства и сельскохозяйственное производство [2].

Наиболее характерными загрязняющими веществами речной воды в последнее время является азот аммонийный, соединения цинка, никеля, фенолы и нефтепродукты.

Бассейн реки Неман

Третья по величине река Беларуси – Неман занимает северо-западную часть страны. Ее водосбор составляет 35 тыс. км² в год или 46,4 % всей водо-

сборной площади реки. Общая длина Немана составляет 937 км, а в пределах республики – 459 км. Самый крупный левый приток Немана – Щара (325 км), другие – неманская Березина и Котра. Вклад Немана и Вилии в суммарные водные ресурсы страны в среднем составляют 6,7 и 2,3 км³ в год соответственно.

Наибольшее влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна оказывают сточные воды предприятий химической, деревообрабатывающей, топливно-энергетической, пищевой и других отраслей промышленности и сельскохозяйственного производства, а также коммунального хозяйства [2].

Вода Немана в наибольшей степени загрязнена азотом аммонийным, соединениями цинка и никеля, СПАВ и нефтепродуктами.

Бассейн реки Западный Буг

Бассейн Западного Буга расположен в юго-западной части Беларуси. На северо-западной окраине Полесской низменности (Брестское Полесье), переходящей в Прибугскую равнину. Общая длина реки в пределах Беларуси – 162 км. Белорусскую часть водосбора дренируют притоки Мухавец, Лесная, Пульва и ряд малых рек. В средний по водности в год здесь формируется 3,1 км³ речного стока.

Значительное влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна оказывают сточные воды топливно-энергетической, станкостроительной, легкой, пищевой и других отраслей промышленности, жилищно-коммунальное хозяйство, а также сельскохозяйственное производство [2].

Самым большим притоком Западного Буга на территории страны является река Мухавец. В реку в районе городов Кобрин, Жабинки, Бреста сбрасываются сточные воды промышленных и жилищно-коммунальных предприятий. Приоритетными загрязнениями речной воды по всему течению Мухавца являются азот аммонийный, азот нитритный, железо общее, соединения меди, цинка и марганца.

По составу растворенных в воде минеральных солей реки Брестчины относятся к гидрокарбонатно-кальциевому классу и характеризуются средней степенью минерализации 200–400 мг/л [1]. В Брестской области при значительной заболоченности территории, высокой доле торфяно-болотистых почв много взвешенных частиц гумусового происхождения, что обуславливает высокую цветность поверхностных вод.

Бассейн реки Днепр

Днепр – самая крупная водная артерия Беларуси, ее длина от истока до устья – 2145 км, площадь бассейна – 504000 км². В пределах республики Днепр протекает своим верхним течением на протяжении 690 км (32 % общей длины), дренируя 58 % территории на юге и востоке страны. Наибольшие крупные притоки Днепра в пределах Беларуси – Друть, Березина, Припять (справа) и Сож (слева).

Существенное влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна Днепра оказывают сточные воды предприятий жилищно-коммунального хозяйства, топливно-энергетической, машиностроительной, легкой, химической, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности [2]. В речной воде, поступающей с территории Российской Федерации, отмечено повышенное содержание азота аммонийного, железа общего, соединений цинка, марганца, нефтепродуктов и фенолов.

Бассейн реки Припять

Среди всех притоков Днепра по своей длине и площади водосбора выделяется Припять (общая длина 761 км, площадь водосбора 121 тыс. км²). Ос-

новые притоки Припяти справа (Стырь, Горынь, Ствига, Уборть) протекают по территории Беларуси своими низовьями. Левобережные притоки (Ясельда, Бобрик, Цна, Лань, Случь и Птичь) целиком текут в границах Беларуси. Средне-многолетний речной сток, формирующийся в пределах бассейна, в средний по водности год составляет $13 \text{ км}^3/\text{год}$, а в пределах страны – $5,6 \text{ км}^3/\text{год}$.

Гидрохимический режим обуславливается большой заболоченностью водосбора Припяти, особенно в среднем течении. Антропогенным источником, влияющим на химический состав реки, являются сточные воды промышленных предприятий Пинска, Мозыря, Наровли.

Наиболее характерными загрязняющими веществами воды по всему течению реки являются азот аммонийный, азот нитритный, соединения цинка, меди и нефтепродукты.

Кроме того, реки бассейна Припяти (Цна, Рита, Пина, Ясельда и др.) представляют особую группу по цветности воды, так как они расположены в низине, большая часть которой заболочена и почти сплошь покрыта подзолисто-болотными и торфяно-перегноино-глеевыми почвами. Самая малая цветность (30...40 град) соответствует меженным периодам, а наибольшей своей величины цветность достигает на спаде паводка и может колебаться в пределах 120...230 град [1]. Поэтому, даже после паводкового периода она остается сравнительно высокой до конца лета. Эти реки относятся к высокоцветным маломутным водам с высоким содержанием органических веществ при сравнительно малой минерализации, т.е. эти воды характеризуются как гумусово-гидрокарбонатно-кальциевые с болотным типом питания [4].

За последние годы гидрохимический режим вод крупных рек республики оставался стабильным. Среднегодовое содержание в водах крупных рек республики органических веществ (ХПК) колебалось от 18,9 до 48,2 мг $\text{O}_2/\text{л}$, легкоокисляемых органических веществ (БПК₅) – от 1,94 до 3,27 мг $\text{O}_2/\text{л}$. Загрязненность вод рек соединениями азота варьировала по азоту аммонийному в пределах 0,32–0,92 мг/л, по азоту нитритному – 0,012–0,026 мг/л. Содержание фосфатов незначительно: 0,019–0,133 мг/л. Поскольку воды рек республики имеют повышенные концентрации железа общего природного происхождения, его содержание колебалось в пределах 0,21–0,89 мг/л, что превышает уровни ПДК. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов по всем крупным рекам незначительно превышали предельно допустимые нормы, за исключением меди и марганца. Среднегодовые концентрации в воде нефтепродуктов и СПАВ в большинстве крупных рек республики были ниже ПДК.

Теоретические предпосылки обесцвечивания и обезжелезивания поверхностных вод Белорусского Полесья

Примеси, содержащиеся в водах Белорусского Полесья, представлены всеми группами классификации загрязнений по их фазово-дисперсному состоянию, предложенной Л.А. Кульским [5].

Первая группа гетерогенных примесей в водах заболоченных районов Беларуси представлена в основном планктоном и водорослями.

Примеси второй группы поверхностных источников Полесья представлены в основном органическими коллоидно-растворимыми сильноокрашенными гумусовыми соединениями, попадающими в водоемы из болот и почв с поверхностным стоком. Так, содержание гуминовых кислот в воде р. Мухавец (типичном представителе рек данного региона) колеблется в пределах 15–20 мг/л. Наряду с ними в воде присутствует железо в виде комплексных органических и коллоидных соединений.

К третьей группе гомогенных примесей региона относятся растворимые газы: углекислота (до 20 мг/л), растворенный кислород (до 12 мг/л), а также

фульвокислоты, содержание которых достигает 50-65 мг/л. Из них сильноокрашенные апокреновые кислоты составляют 31-36 мг/л и слабоокрашенные креновые – 24–29 мг/л.

Четвертая группа гомогенных веществ представлена катионами: NH_4^+ (до 1,4 мг/л), Na^+ (до 11,5 мг/л), Ca^{2+} (до 80 мг/л), Mg^{2+} (до 11 мг/л) и анионами: HCO_3^- (до 220 мг/л), Cl^- (до 20 мг/л), SO_4^{2-} (до 65 мг/л).

Поверхностные воды Белорусского Полесья мягкие, общая жесткость – до 4,6 мг-экв/л, щелочность – до 4,0 мг-экв/л, кислотность – до 0,3 мг-экв/л.

Один из важнейших показателей качества реки – температура, которая определяет условия развития и существования водной растительности, наступление ледовых явлений и разрушение ледовых преобразований. В апреле после очищения ото льда на реках среднемесячная температура воды колеблется от 5 до 7 °С, в мае она увеличивается до 13,5–15,5 °С, июне – до 17–20 °С. Своего максимума 21–24 °С она достигает в июле. К августу температура воды уменьшается до 16–20 °С, затем она интенсивно снижается и в сентябре составляет 12-15 °С, в октябре – 7–8 °С, в ноябре – 2,5–3,5 °С. В течение зимних месяцев, во время ледостава, температура воды приближается к 0 °С.

Если температура воды зависит главным образом от температуры воздуха и колеблется почти циклично, то изменение других показателей менее стабильно, поскольку на их формирование оказывает воздействие ряд других факторов: время и место выпадения осадков, их интенсивность, скорость снетаяния. Наибольшим колебаниям в течение года подвержена цветность воды (30–90 град), в меньшей степени изменяется содержание взвешенных веществ (3–10 мг/л), что объясняется болотным типом питания. Наибольшая окраска наблюдается во время паводка с апреля по май и во время цветения водоема (август-сентябрь), а самая малая – в зимние месяцы. Проведенные исследования показали, что цветность воды заболоченных местностей Беларуси на 85–90% обусловлена присутствием гумусовых веществ, осаждаемых гидроксидом бария. Креновые кислоты принимают весьма незначительное участие в формировании цветности указанных вод.

Фульвокислоты, как и гуминовые кислоты, представляют собой группу близких по строению высокомолекулярных соединений и отличаются от гуминовых кислот меньшим содержанием углерода, повышенным содержанием водорода, высокой растворимостью в воде, низкой интенсивностью окраски, большей дисперсностью и степенью диссоциации. Хорошая растворимость ФК по сравнению с гуминовыми кислотами является причиной их более высоких концентраций и распространения в поверхностных водах.

Наличие в структуре гуминовых и фульвокислот карбоксильных и фенолгидроксильных групп, аминогрупп способствует образованию комплексных соединений гумусовых веществ с железом. Образующиеся в результате этого высокодисперсные золи, стоящие на грани истинных и коллоидных растворов, значительно затрудняют процесс очистки таких вод.

Помимо этого, гумусовые кислоты в значительной степени влияют на органолептические свойства воды, создавая неприятный вкус и запах, затрудняют дезинфекцию и получение особо чистой воды, ускоряют коррозию металлов. Поэтому деструкция этих загрязнений играет значительную роль в очистке поверхностных вод для нужд технического водоснабжения на промышленных предприятиях.

Для очистки воды, цветность которой обусловлена присутствием гумусовых веществ, целесообразно применять окислительные методы. Глубина обесцвечивания в этом случае зависит в первую очередь от выбора окислителя.

Заключение

Учитывая высокую стоимость питьевой воды, замена ее более дешевой технической для производственных, душевых нужд, пользования туалетами и уборки помещений позволит предприятиям значительное количество денежных ресурсов, снижая при этом себестоимость выпускаемой продукции. Достижение указанной цели возможно путем более масштабного использования водных ресурсов из поверхностных источников, при внедрении новых высокоэффективных технологий водоподготовки.

Совокупность требований по качеству воды для бытовых и технических целей на промпредприятии, данные по состоянию поверхностных источников республики, а также характер загрязнений, обуславливающих цветность природных вод юго-западного района, позволяет сделать вывод о том, что для очистки таких вод целесообразно применять коагуляцию, окисление и фильтрацию.

Список цитированных источников

1. Кочановский, С.Б. Водные ресурсы Беларуси, их использование и охрана / С.Б. Кочановский // Белорусская экономика. – 2004. – № 6. – С. 35–47.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2008 г.; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2009. – 406 с.
3. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений за 2000–2006 гг. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2001–2007. – С. 136–146.
4. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А. Кульский [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1980. – Ч. 1. – 680 с.
5. Кульский, Л.А. Теоретическое обоснование технологии очистки воды (классификации примесей воды и выбор методов ее очистки) / Л.А. Кульский. – Киев: Наук. думка, 1968. – 127 с.

УДК 628.316

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД

Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

The article deals with the problems arising at definition of intensity of coloring of sewage by a traditional visual method are considered. The decision of the given problem on the basis of the developed tool method of definition of intensity of coloring of sewage with use scanning spectrofotometer is offered. Thus for performance of the analysis it is enough to remove a spectrum of the painted sample and to process it by means of specially developed program "Okraska-monitoring". The detailed technique of performance of the analysis on the developed method is resulted.

Введение

Одним из показателей загрязнений сточных вод, свидетельствующих об их техногенном происхождении, является их окраска. Как правило, высокая интенсивность окраски характерна для сточных вод предприятий текстильной, легкой, химической, целлюлозно-бумажной и некоторых других видов промышленности. Однако при проведении анализов возникают трудности с установлением точных показателей окраски сточных вод. Традиционно данный показатель определяется по следующей методике. В бесцветные стеклянные цилиндры высотой 20 сантиметров с прозрачным дном наливается соответственно дистиллированная вода и исследуемая сточная жидкость. Если глазом видны отличия, то необходимо разбавить сточную воду и сравнить с дистиллированной водой. Разбавлять и сравнивать необходимо до тех пор, пока не исчезнут визуальные отличия в цветности. Кратность разбавления, при которой исчезает отличие в цветности в обоих цилиндрах, называется окраской по степени разбавления.

Исходя из вышеописанной методики, очевидно, что данный метод является субъективным. Возможная ошибка, при определении окраски по степени разбавления по данному методу может достигать 100 % и более. В связи с этим многие лаборатории не аккредитованы на исследования окраски сточных вод по степени разбавления. К примеру, лаборатория городских очистных сооружений КПУП «Брестводоканал» не выполняет исследования сточных вод по данному показателю, хотя на территории Бреста имеются предприятия, сбрасывающие в городскую канализацию сильноокрашенные сточные воды.

С самого начала целью данной работы являлась разработка метода определения окраски сточных вод с использованием возможностей современных приборов, таких как сканирующие спектрофотометры, с целью исключения недостатков, присущих традиционному методу. В результате выполненной работы был разработан новый метод определения интенсивности окраски сточных вод, который учитывает особенности человеческого зрения. Это позволяет достичь соответствия с традиционным методом определения интенсивности окраски по степени разбавления (результаты определений отличаются незначительно).

Основная часть

В последнее время в практике проведения лабораторных анализов начали использоваться сканирующие спектрофотометры, позволяющие получать спектры поглощения во всем видимом диапазоне (от 390 до 760 нм) за время менее 1 минуты в зависимости от шага сканирования. Поскольку данные приборы подключаются к компьютеру, имеется возможность производить математическую обработку полученных спектров. Данная возможность позволяет использовать спектры поглощения образцов сточной воды для определения интенсивности её окраски. При таком методе определения должна быть исключена субъективность, поскольку прибор в отличие от человеческого глаза имеет высокую воспроизводимость результата.

Одним из наиболее информативных параметров спектра поглощения (зависимость оптической плотности D от длины волны λ) является его интеграл. Данный показатель непосредственно зависит от концентрации красителей в растворе и может быть соотнесен с окраской по степени разбавления раствора, также зависящей от концентрации красящих веществ в растворе.

Однако, окраска по степени разбавления, определяемая с помощью глаза, и площадь интеграла спектра для различных красителей соотносится по разному, т.е. непосредственно интеграл спектра для определения окраски по степени разбавления исследуемого раствора использовать нельзя. Поэтому, ключевым этапом разработки инструментального метода определения интенсивности окраски сточных вод, являлось выявление закономерности между различными параметрами спектров растворов различных красителей и их смесей, и окраской по степени разбавления, и выведения на основе полученных данных параметра, более точно характеризующего интенсивность окраски исследуемого раствора.

Для устранения данных несоответствий в результате исследований был выведен критерий неравномерности поглощения (КНП), определяемый формой спектра поглощения красителя и независящий от концентрации красителя. В качестве базового параметра для расчета данного критерия было принято значение средней оптической плотности спектра — отношение суммы всех значений оптических плотностей измеренных точек к количеству точек, использованных для построения спектра (в данной работе шаг сканирования составлял 1 нм, интервал сканирования 400...750 нм). В зависимости от значения КНП было выделено несколько диапазонов, в соответствии с которыми исследуемые спектры дополнительно уточнялись эмпирически подобранными коэффициентами. Данная операция позволила получить значение уточненной площади спектра с использованием КНП ($S_{\text{утКНП}}$), которая достаточно точно коррелировала с интенсивностью окраски по степени разбавления, определяемой экспериментально.

В таблице, в качестве примера, приводятся сравнительные данные по интенсивности окраски растворов 5-ти красителей, которые были получены методом разбавления, и с помощью разработанного метода. Определение интенсивности окраски по разработанному методу осуществлялось с использованием спектров, оптическая плотность которых во всем диапазоне сканирования не превышала 1.

Как показывают данные, представленные в таблице, отклонение значений интенсивности окраски, полученных разными методами, не превышает 30 %. Поскольку погрешность при определении интенсивности окраски по степени разбавления в результате субъективизма может достигать 100 % и более, точность определения интенсивности окраски с помощью разработанного метода на основе параметров спектра поглощения, реализованного в программе «Окраска-мониторинг», достаточна для практического применения.

Таблица – Сравнительные результаты определения интенсивности окраски растворов некоторых красителей по степени разбавления и с помощью разработанного метода на основе параметров спектра поглощения

№ п/п	Наименование красителя	Концентрация красителя, мг/л	Интеграл спектра	Интенсивность окраски, определенная по степени разбавления	Интенсивность окраски, определенная с помощью программы «Окраска-мониторинг»	Отклонение, %
1	Сатурн зеленый 3608	10	110	75	85	13,3
2	Индигозоль королевскосиний 3RL sgr0025	10	96	150	137	8,7
3	Конго красный	2,5	91	120	132	10
4	Остацет желтый	10	116	113	118	4,4
5	Ланазин черный M DLN 120%	10	183	187	150	19,7

Определение интенсивности окраски сточных вод с использованием компьютерной программы «Окраска-мониторинг» и сканирующего спектрофотометра (к примеру, спектрофотометра СФ-2000).

Аппаратура: сканирующий спектрофотометр, кюветы с длиной оптического пути 50 мм, персональный компьютер, компьютерная программа «Окраска-мониторинг».

Ход выполнения анализа. Исследуемую пробу сточных вод предварительно необходимо профильтровать через бумажный фильтр для удаления грубодисперсных взвешенных частиц. При исследовании окрашенных сточных вод, содержащих значительное количество трудноудаляемых коллоидных частиц, в программе «Окраска-мониторинг» предусмотрена функция учета рассеивания света коллоидными частицами.

После предварительной фильтрации пробу сточных вод заливают в кювету с длиной оптического пути 50 мм и снимают спектр поглощения в диапазоне длин волн 400...750 нм. Если оптическая плотность полученного спектра во всем диапазоне сканирования не превышает значения 1, выбирают меню Файл/Сохранить как..., выбирают тип файла «Текстовые файлы» и сохраняют его. Далее запускают программу «Окраска-мониторинг», считывают сохраненный текстовый файл, после этого программа выдает результат определения интенсивности окраски в виде числа, которое является интенсивностью окраски по степени разбавления. К примеру, если программа выдает значение 100, значит, интенсивность окраски по степени разбавления данного образца сточных вод составляет 1:100. В случае, если оптическая плотность снятого спектра превышает 1, необходимо разбавить исходную пробу и повторно снять спектр. Процедуру разбавления пробы и последующего сканирования разбавленной пробы необходимо продолжать до тех пор, пока не получим спектр, оптическая плотность которого в любой точке сканирования не превышает 1. Далее определяется интенсивность окраски разбавленной пробы по вышеприведенной методике, затем учитывается кратность разбавления пробы

$$O_{исх.пр} = O_{разб.пр} \cdot n_p, \quad (1)$$

где $O_{исх.пр}$ – интенсивность окраски исходной пробы; $O_{разб.пр}$ – интенсивность окраски разбавленной пробы; n_p – кратность разбавления исходной пробы.

Заключение

Т.к. показатель интенсивности окраски сточных вод является нормируемым (допустимая интенсивность окраски сточных вод 1:20), разработанный метод определения интенсивности окраски на основе параметров спектров поглощения может быть полезен предприятиям и организациям, заинтересованным в контроле данного показателя («Водоканалы», комитеты природных ресурсов, промышленные предприятия, экологические организации и т.д.). Разработанный метод, в отличие от традиционного, позволяет значительно сократить время анализа, для его осуществления не требуется хорошего освещения, не требуются специальные цилиндры из бесцветного стекла, многократно сокращается расход дистиллированной воды. Но самым главным преимуществом данного метода является полное исключение субъективизма при определении данного показателя. Как известно, за превышение интенсивности окраски сточных вод выше допустимой к предприятиям применяются штрафные санкции в виде повышенных тарифов за водоотведение, при этом увеличение тарифа может составить от 2 до 5 раз в зависимости от уровня превышения ПДК. При назначении штрафных санкций часто возникают споры между субъектами хозяйственной деятельности и контролирующими органами. Применение разработанного метода, отличающегося высокой воспроизводимостью, позволит значительно увеличить достоверность определения интенсивности окраски.

УДК 628.316

ОСВЕТЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ГИДРОКЛАССИФИКАТОРА ПЕСКА МЕЛОВОЙ ЗАЛЕЖИ В ХОТИСЛАВЕ ГРАВИТАЦИОННЫМ ОТСТАИВАНИЕМ

Житенёв Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О., Сторожук Н.Ю., Рыбак Е.С.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

The experimental studies on the kinetics of deposition of impurities from waste water gidroklassifikatora Cretaceous deposits "Hotislovskoe." Found that the deposition occurs in Denia-piston regime under the supervision of distinct boundary precipitate-clarified water. Identifies the main technological parameters of the process of gravitational settling suspended until the requirements for circulating water.

Введение

Наряду с дренажными водами при разработке месторождения образуются воды от гидроклассификации песка, добываемого в карьере в настоящее время и реализуемого как песок строительный. В результате промывки образуются сточные воды с высоким содержанием взвешенных примесей минерального происхождения.

Целью настоящей работы является разработка энергосберегающей технологии осветления сточных вод от гидроклассификатора до норм повторного использования.

Основная часть

Вода из гидроклассификатора меловой залежи месторождения «Хотиславское» имеет высокое содержание взвешенных примесей минерального происхождения, при её отстаивании наблюдается поршневое осаждение (рис.1). Кинетику осаждения исследовали в цилиндре емкостью 1 литр. В процессе экспериментов измерялось изменение высоты слоя осадка во времени. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Кинетика осаждения взвеси

Продолжительность отстаивания, мин.	Скорость движения границы вода-осадок	Высота слоя осадка, мм	Продолжительность отстаивания, мин.	Скорость движения границы вода-осадок	Высота слоя осадка, мм
5	0,030	381	110	0,023	235
10	0,027	374	115	0,023	229
15	0,026	367	120	0,023	223
20	0,025	360	130	0,023	211
25	0,025	353	140	0,023	199
30	0,025	345	150	0,022	189
35	0,025	338	160	0,022	178
40	0,025	331	170	0,022	169
45	0,025	324	180	0,021	161
50	0,025	316	190	0,021	155
55	0,024	310	200	0,020	149
60	0,024	303	210	0,019	145
65	0,024	296	220	0,019	142
70	0,024	289	230	0,018	140
75	0,024	283	240	0,018	138
80	0,024	275	260	0,016	136
85	0,024	269	280	0,015	134
90	0,024	262	300	0,014	132
95	0,024	255	1440	0,003	100
100	0,024	248	2700	0,002	85
105	0,024	241			

При отстаивании взвеси происходит поршневое осаждение, при котором наблюдается четкая граница между жидкой фазой и осадком (рис. 2). С момента времени 240–250 минут скорость движения границы «вода-осадок» замедляется (рис. 3), система переходит в стадию уплотнения осадка, отсюда можно сделать вывод, что сточная вода от гидроклассификатора может быть очищена безреагентным гравитационным отстаиванием. Процесс может быть интенсифицирован отстаиванием в тонком слое. Так, при высоте зоны осаждения 40 мм процесс осветления заканчивается через 30 минут, а при высоте 200 мм требуется 150 минут.



Рисунок 1 – Поршневое отстаивание примесей сточной воды от гидроклассификатора

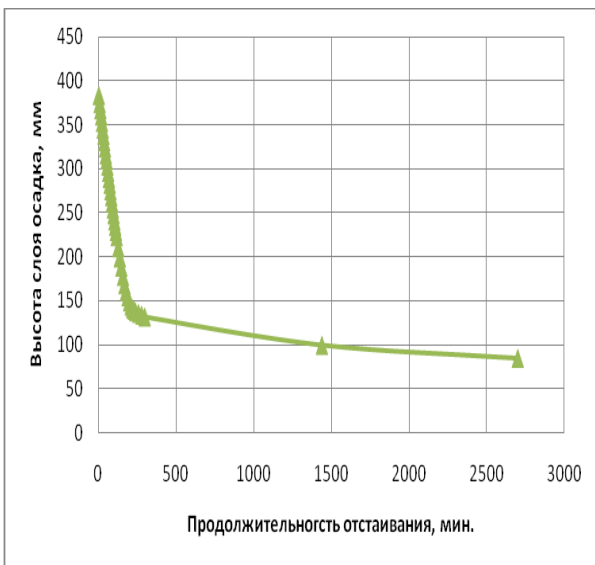


Рисунок 2 – Кривая осаждения для сточных вод от гидроклассификатора меловой залежи «Хотиславское»

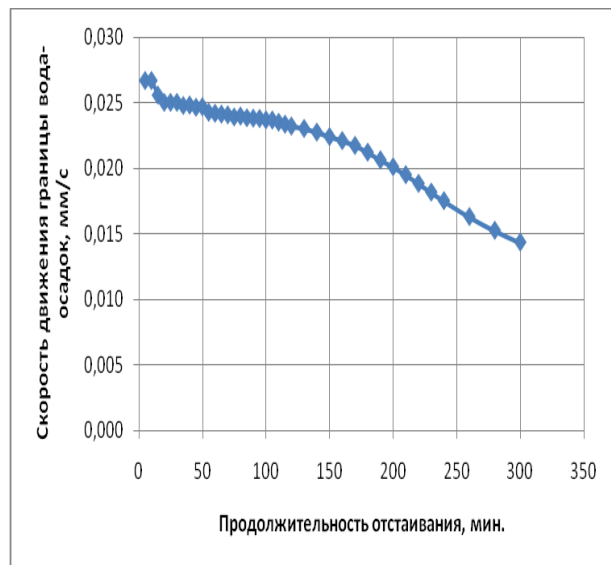


Рисунок 3 – Изменение скорости движения границы вода-осадок во времени

Заключение

Выполнены экспериментальные исследования по кинетике осаждения примесей сточных вод от гидроклассификатора меловой залежи «Хотиславское». Установлено, что процесс осаждения происходит в поршневом режиме при наблюдении четкой границы «осадок – осветленная вода». Определены основные технологические параметры процесса гравитационного осаждения взвеси до требований к оборотной воде. Из вышеизложенного следует, что сточная вода от гидроклассификатора меловой залежи «Хотиславское» может быть очищена гравитационным безреагентным отстаиванием, что позволит использовать оборот воды, при этом сокращается объем воды, сбрасываемой в водоем-приемник, а также снижается забор чистой воды.

УДАЛЕНИЕ ВОДНОГО ГУМУСА ПРИ ПОМОЩИ ОЗОНИРОВАНИЯ

Житенев Б.Н., Бульская И.В. *

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, gitenev@tut.by; * Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь, ina_86@bk.ru

Humic substances present in nature waters are the rezone of unpleasant taste and odor, they interfere water purification and fasten corrosion processes. The goal of this study was to investigate the efficiency of oxidation with ozonation and both ozone and hydrogen peroxide together with and without pretreatment coagulation step for humic substances destruction.

Введение

Начиная с 90-х годов, в Беларуси снижается потребление поверхностных вод и возрастает потребление артезианских вод питьевого качества для промышленных целей [1]. Поверхностные воды мягче и имеют меньшую минерализацию. Однако для использования в промышленности поверхностные воды должны подвергаться тщательной очистке. Например, вода, используемая в теплоснабжении, должна иметь низкую жесткость и соленость. Для очистки воды в теплоснабжении используют ионный обмен, а для этого вода должна иметь низкие значения цветности и ХПК, т.к. органические вещества быстро загрязняют ионообменные смолы, и такие смолы уже не могут быть восстановлены. Органические вещества, содержащиеся в природных поверхностных водах, представлены в основном гуминовыми и фульвокислотами. Развитие методов глубокой очистки поверхностных вод от органических веществ является необходимым условием для их использования в промышленных целях.

Основная часть

Эксперименты по очистке от гуминовых веществ проводились с модельным раствором и речной водой, отобранной из р. Мухавец. Модельные растворы приготавливались из почвенной вытяжки, разбавлением разными количествами дистиллированной воды для достижения цветности в 40 и 80 ° (бихромат-кобальтовая шкала). Цветность измерялась фотометрически при длине волны 413 нм.

Результаты озонирования модельных растворов водного гумуса без предварительной коагуляции представлены на рис. 1 (А и Б). Цветность протестированных проб заметно снизилась во всех экспериментах, однако достаточно низкого уровня цветности достигнуть не удалось. На рис. 2 (А и Б) представлены результаты озонирования модельных растворов с предварительной коагуляцией. Наиболее эффективной из трех исследованных оказалась концентрация в 15 мг/л озона. В результате коагуляции с последующим озонированием у модельных растворов с начальной цветностью в 40 ° цветность снизилась до 2,38 % от начальной до коагуляции и до 5,95 % от начальной у модельных растворов с начальной цветностью 80 °. Т.к. все эксперименты проводились при рН в пределах 7–8, то наиболее вероятно, что в ходе озонирования преобладал процесс формирования гидроксил-радикалов с последующим разрушением водного гумуса над процессом прямого взаимодействия озона с целевыми компонентами [2, 3].

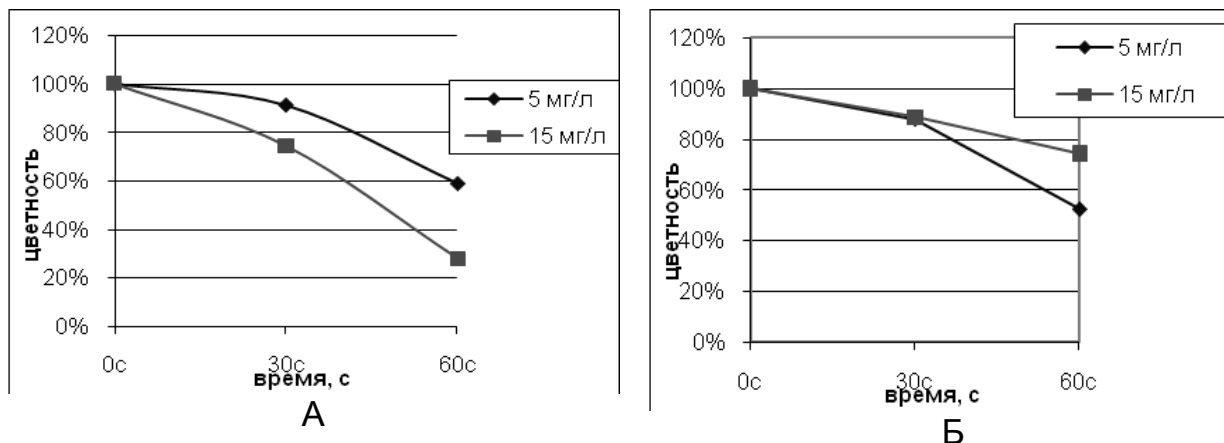


Рисунок 1 – Озонирование модельных растворов водного гумуса (А – цветность 40 °, Б – 80 °) без предварительной коагуляции. За 100% принята цветность проб до очистки, эксперименты проведены при комнатной температуре и рН в пределах 7-8 без освещения

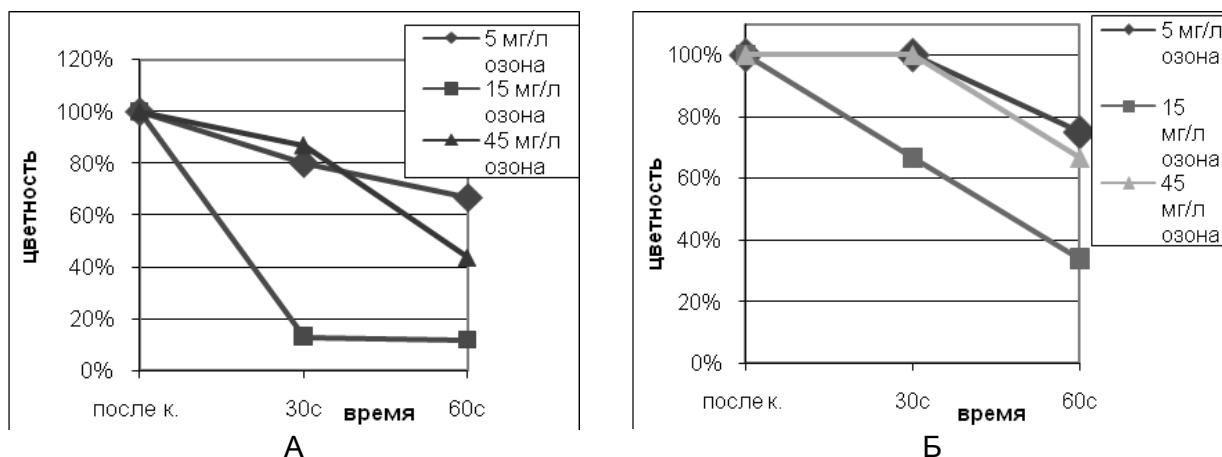


Рисунок 2 – Озонирование модельных растворов водного гумуса (А – цветность 40°, Б – 80°) после предварительной коагуляции. За 100% принята цветность проб после коагуляции и фильтрации, эксперименты проведены при комнатной температуре и рН в пределах 7-8 без освещения. Коагуляция проведена по стандартной методике с предварительным определением оптимальной дозы коагулянта (сульфата алюминия)

Совместное использование пероксида водорода и озона не дало значимого повышения эффективности удаления водного гумуса в сравнении с использованием одного озонирования (рис. 3). Таким образом, из трех исследованных нами методов наиболее эффективным можно считать озонирование с предварительной коагуляцией при концентрации озона 15 мг/л.

Для изучения кинетики процесса удаления водного гумуса почвенная вытяжка была разделена на 2 фракции – гуминовые и фульвокислоты. Каждая фракция была подвергнута коагуляции, фильтрации и озонированию при концентрации озона в 15 мг/л. Такой же очистке были подвергнуты пробы речной воды, забранной в р. Мухавец. Результаты названных экспериментов представлены на рис. 4. Коагуляция оказалась наиболее эффективной для раствора гуминовых кислот (цветность снизилась до 0 %) и модельного раствора. Наименьшую эффективность этап коагуляции имел для растворов фульвокислот. Этот факт может быть объяснен тем, что гуминовые кислоты являются более высокомолекулярными соединениями и легко поддаются коагуляции, фульвокислоты как более низкомолекулярные соединения устойчивее к коагуляции. Озонирование в течение 60 с существенно снизило цветность всех проб (рис. 4). Остаточная цветность почвенной вытяжки составила 5,95 % от на-

чальной цветности (т.е. снизилась от 70 до 10 °), остаточная цветность раствора фульвокислот составила 66, 15 % от начальной (снизилась от 17 до 11 °), для речной воды остаточная цветность составила 46,67 % от начальной (снизилась от 15 до 7 °).

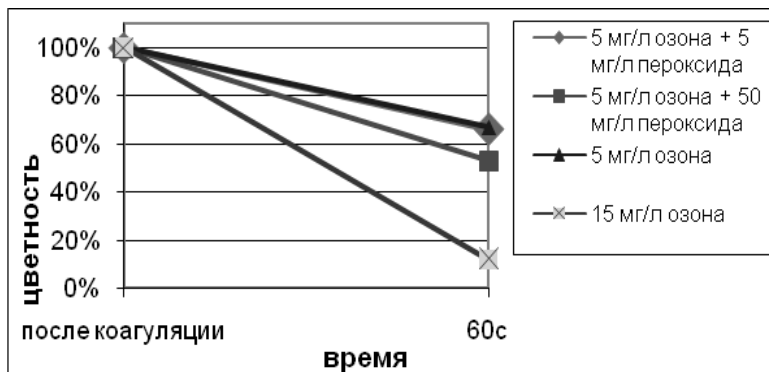


Рисунок 3 – Сравнение эффективности очистки модельных растворов водного гумуса при помощи озона и озона совместно с пероксидом водорода. Эксперименты проводились при комнатной температуре и pH в пределах 7–8 без освещения. Пероксид добавлялся непосредственно перед началом озонирования

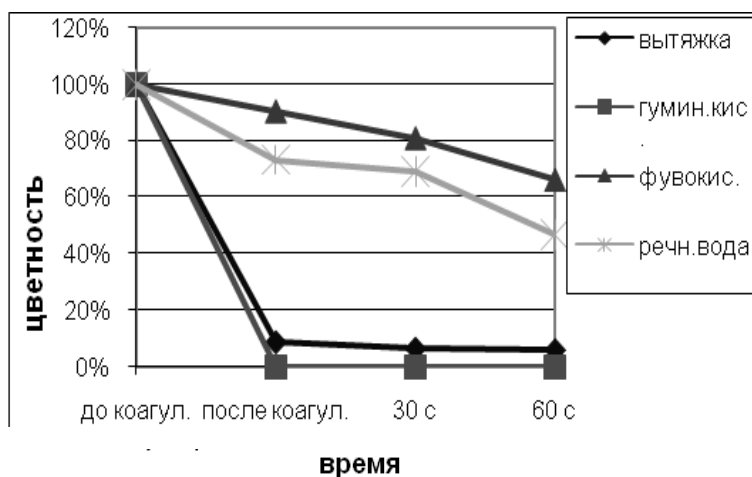


Рисунок 4 – Сравнение эффективности озонирования с предварительной коагуляцией модельного раствора почвенной вытяжки (цветность 70 °), раствора гуминовых кислот, фульвокислот и речной воды. Все эксперименты проводились при комнатной температуре, без освещения. В качестве коагулянта использован сульфат алюминия. За 100 % принята начальная цветность каждой пробы

Абсорбция ультрафиолетового излучения при длине волны 254 нм значительно уменьшилась после коагуляции и не повысилась после озонирования как в модельных растворах, так и в пробах речной воды. Это свидетельствует о том, что фенольные компоненты скорее всего не образуются в изучаемом процессе очистки. Качественные тесты на обнаружение фенолов, гликолей, карбонильных и карбоксильных групп показали наличие только карбоксильных групп в изученных пробах после очистки.

Заключение

По итогам проведенных экспериментов можно заключить, что озонирование с предварительной коагуляцией – эффективный метод уменьшения цветности природных вод, который может быть использован как основа промышленной технологии водоочистки. Анализируя график, представляющий очистку речной воды, можно заключить, что значительная часть водного гумуса представ-

лена фульвокислотами. Наиболее вероятными продуктами распада водного гумуса являются низкомолекулярные органические кислоты.

Список цитированных источников

1. Состояние природной среды Беларуси : экол.бюл., 2009 г.; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2010.
2. Kurniwan T.A. (2006) Radicals-catalyzed oxidation reactions for degradation of recalcitrant compounds from landfill leachate // Kurniwan T.A., Lo W.-H., Chan G.Y.S. – Chemical Engineering Journal, 125, Elsevier – P. 35–57.
3. Pera-Titus M., Garc'ia-Molina V., Baños M.A., Giménez J., Esplugas S., (2004) Degradation of chlorophenols by means of advanced oxidation processes: a general review, Applied Catalysis B: Environmental, 47. – P. 219–256.

УДК 628.3:620.97

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИХ ОЧИСТКИ

Кизеев Н.Д.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина, m.d.kizeev@nuwm.rv.ua

The main dependence of the effect of wastewater treatment from their temperature is described. Examples of the use of methods and equipment for regulate the temperature of the wastewater in wastewater treatment plant are given.

Введение

Температура сточных вод (СВ) является важным параметром, влияющим на процессы, происходящие на канализационных очистных сооружениях (КОС): растворимость химических веществ, скорость химических и биохимических реакций, скорость оседания взвешенных веществ при отстаивании, интенсивность обмена веществ у организмов активного ила (АИ), потребление растворенного кислорода, а, следовательно, и на эффективность процесса очистки СВ. Температура городских СВ находится в пределах 6–30 °С, меняется по сезонам года и даже на протяжении суток. Факторами, влияющими на температуру СВ, являются: вид источника водоснабжения, климатические условия, степень благоустройства зданий, горячее водоснабжение и наличие теплых производственных СВ, сбрасываемых в городскую канализацию [1].

Основная часть

Чем выше температура СВ, тем меньше их вязкость и больше скорость осаждения взвешенных веществ. В зимний период эффективность отстаивания в первичных отстойниках снижается на 20 %. При температуре СВ 4–4,4 °С время их отстаивания следует увеличивать на 40 % [1]. При охлаждении верхних слоев СВ в отстойниках возникают конвективные потоки, при которых восходящие скорости жидкости превышают скорости осаждения частиц загрязнений [2].

При понижении температуры СВ скорость биохимического окисления их уменьшается, но увеличивается растворимость воздуха в СВ, что уменьшает количество воздуха, необходимого для их аэрации. В связи с этим при очистке

СВ в аэротенках в теплый период года осуществляют более интенсивную аэрацию СВ, а в зимнее время поддерживают более высокую концентрацию АИ, а также увеличивают продолжительность аэрации. Для улучшения процесса биохимической очистки СВ в аэротенках летом используется увеличение подачи воздуха в зону аэрации.

Для оценки влияния температуры СВ на параметры сооружений механической и биохимической очистки - первичных отстойников и аэротенков, были проведены расчеты [3] по действующим нормам для их проектирования [4]. Расчеты показали, что при повышении температуры СВ с 10 до 30 °С объем отстойников, необходимый для достижения требуемого эффекта очистки, уменьшается вдвое. В аэротенках есть диапазон температур 12–15 °С, в котором объем, необходимый для достижения определенного эффекта очистки, принимает минимальные значения. По методике [4], растворимость воздуха влияет на процессы сильнее, чем скорость окисления органических веществ. При температуре 25 °С объем, необходимый для данной степени очистки, превышает минимальный в 1,5, а при 30 °С – более чем в 2 раза.

Для учета влияния изменений температуры СВ и осадков на технологические процессы КОС были составлены тепловые балансы отдельных сооружений, общий тепловой баланс по аналогии с материальным балансом КОС и программа для определения оптимальных значений температуры материальных потоков на КОС [3]. Решение уравнений теплового баланса позволяет найти значения температур СВ, которые соответствуют оптимальным параметрам работы комплекса КОС в целом.

При проектировании новых и реконструкции существующих систем канализации большой интерес вызывает рекуперация низкотемпературного тепла из СВ с использованием теплообменников (ТО) и тепловых насосных установок (ТНУ). Однако реализованные мероприятия и проекты преследуют единственную цель – извлечение тепла из СВ для отопления или горячего водоснабжения зданий и микрорайонов городов или отдельных зданий на КОС, но не учитывают влияния снижения температуры СВ на процессы их очистки и обработки осадков, что может негативно сказаться на показателях работы комплекса КОС.

Для полного использования потенциала СВ на КОС тепло и холод от ТНУ необходимо применять не только для отопления и горячего водоснабжения в зданиях, но и для очистки СВ и обработки осадков. Такое применение ТНУ описано в [5], где предлагается подогревать СВ перед подачей в аэротенки за счет тепла очищенных СВ с помощью ТО и ТНУ. Оптимальной принята температура СВ, являющаяся наиболее приемлемой для жизнедеятельности АИ, а влияние температуры на процесс массопередачи кислорода в СВ не учитывается. Температурный режим процесса биохимической очистки СВ в аэротенках не увязан с работой комплекса КОС.

Чтобы оптимальным образом расположить и использовать холодный и горячий контуры ТНУ в технологических процессах на КОС, необходимо знать, как влияет температура среды на процесс очистки СВ и обработку осадков в сооружениях и на работу КОС в целом, не только качественно, но и количественно, т.е. иметь математические модели процессов, в которых одним из параметров будет температура. Имея такие модели, ТНУ и ТО можно использовать как устройства для регулирования температуры СВ и осадков и влиять на процессы их обработки.

Регулировать температуру СВ можно конструктивными (на макроуровне) и технологическими решениями. Для более точного регулирования температуры СВ и осадков на КОС можно использовать теплообменники и ТНУ в сочетании с хорошо зарекомендовавшими себя решениями автоматизации теплоснабжения зданий.

Большое количество тепла из воды в резервуарах теряется за счет испарения жидкости с поверхности водного зеркала. Поэтому для сохранения тепла и температуры СВ в резервуарах КОС рекомендуется использовать покрытия, не допускающие контакт холодного воздуха с теплыми СВ, так как это, например, реализовано в конструкциях осветлителей-перегнивателей для поддержания необходимой температуры осадка при его сбрасывании. Покрытие устраивается из деревянных щитов. Такая конструкция крепится стационарно и не может быть использована для отстойников с подвижными элементами для удаления осадка и плавающих веществ. Для таких отстойников может быть использовано покрытие, которое уменьшает активную поверхность контакта СВ и воздуха. Например, специальные легкие прозрачные покрытия по аналогии с теми, которые используются в открытых бассейнах в холодные периоды суток (ночью) и года (зимой) или в закрытых бассейнах в то время, когда они не используются. Это позволяет экономить значительную часть тепловой энергии СВ. Такие покрытия могут двигаться вместе со скребками в отстойниках и убираться в теплые периоды суток и года с целью регулирования и поддержания необходимой температуры СВ.

Для первичных отстойников рекомендуется в холодный период года не убирать с поверхности водного зеркала (накапливать) всплывающие вещества, содержащиеся в СВ (жиры, масла, нефтепродукты и т.д.), которые создают на поверхности воды равномерный теплоизоляционный слой, препятствующий интенсивному испарению и значительно снижающий теплопередачу между теплыми СВ и холодным наружным воздухом. Уборку всплывающих веществ необходимо производить с наступлением теплого периода, когда потери тепла СВ за счет испарения будут компенсироваться теплом солнечной радиации и теплопередачи от более теплого наружного воздуха.

Важным источником тепла на КОС с метантенками является тепло сброженного осадка, выходящего из метантенка с температурой 32-33 (52-55) °С. Его можно утилизировать путем теплообмена с сырым осадком с помощью ТО и ТНУ.

Размещение трубопроводов холодного контура ТНУ в днище иловых площадок позволит обезвоживать осадок в режиме «замораживание-оттаивание», интенсифицируя процесс. В холодный период года, когда есть потребность в тепле, осадок замораживается, а в теплый период года его можно подогревать для ускорения сушки, изменив направления потоков холодного и горячего контура ТНУ.

Интересным случаем является размещение КОС внутри зданий. В таком варианте СВ в зависимости от их температуры или отдают тепло конструкциям здания через стены и днища, а внутреннему воздуху через водное зеркало, или, наоборот, отбирают его. Поэтому без составления теплового баланса таких зданий невозможно правильно спроектировать их системы отопления и вентиляции.

Заключение

СВ содержат значительное количество низкопотенциальной энергии, которую можно использовать для отопления, горячего водоснабжения зданий и в технологических процессах КОС. Для этого применяются ТНУ и теплообменники. Для оптимального использования ТНУ в системе канализации или в технологических процессах на КОС, необходимо знать, как влияет температура СВ на их очистку, обработку АИ и осадков в отдельных сооружениях и на работу КОС в целом. ТНУ можно использовать как устройства для регулирования температуры СВ, АИ и осадков, за счет этого влиять на процессы их обработки и достигать оптимальных результатов как для утилизации тепла СВ, так и для их очистки.

Список цитированных источников

1. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Wells, S. Winter temperature gradients in circular clarifiers / S. Wells, D. La-Liberte // Water Environment Research. – 1998. – Vol. 70. – № 7. – P. 1274–1279.
3. Кизеев, Н.Д. Использование тепловых насосов для регулирования и оптимизации температурного режима очистки сточных вод на КОС // Вода Magazine. – 2011. – № 2 (42). – С. 16–20.
4. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
5. Система биологической очистки сточных вод: пат. 2035401 Российская Федерация, С 02 F 3/02. / Д.Г. Закиров, В.Е. Петрушевский, В.С. Малышенко; опубл. 20.05.1995. – 1995.

УДК 628.33

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ ВОДОСТОКОВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Мажейкене А.Б., Швядене С.И. *

Вильнюсский технический университет Гедиминаса, г. Вильнюс, Литовская Республика, ausra.mazeikiene@vgtu.lt; * Закрытое акционерное общество «Гринда», Вильнюсская коллегия, г. Вильнюс, Литовская Республика, s.svediene@grinda.lt

Suspended solids and oil products are considered as the most important pollutants in the storm water. As suspended solids can be easily retained from storm water by simple sedimentation, for oil products it is usually needed to have a secondary treatment: filtration through sorbents media. Although storm water filtration through a sorbent filter gives high treatment efficiency, it is usually impossible to ensure the right speed of storm water coming to the treatment facilities (it is usually too high to ensure an efficient sorption). For this reason the research and analysis of three different synthetic sorbents („Fibroil“, „Duck“, „Reo-dry“) were performed in the laboratory under extreme conditions (filtration speed 30 m/h). According to the results of the experiment, all three sorbents have similar treatment efficiency, but „Fibroil“ is suitable for filtration under 30 m/h speed 6 times longer than „Duck“ and 13 times longer than „Reo-dry“.

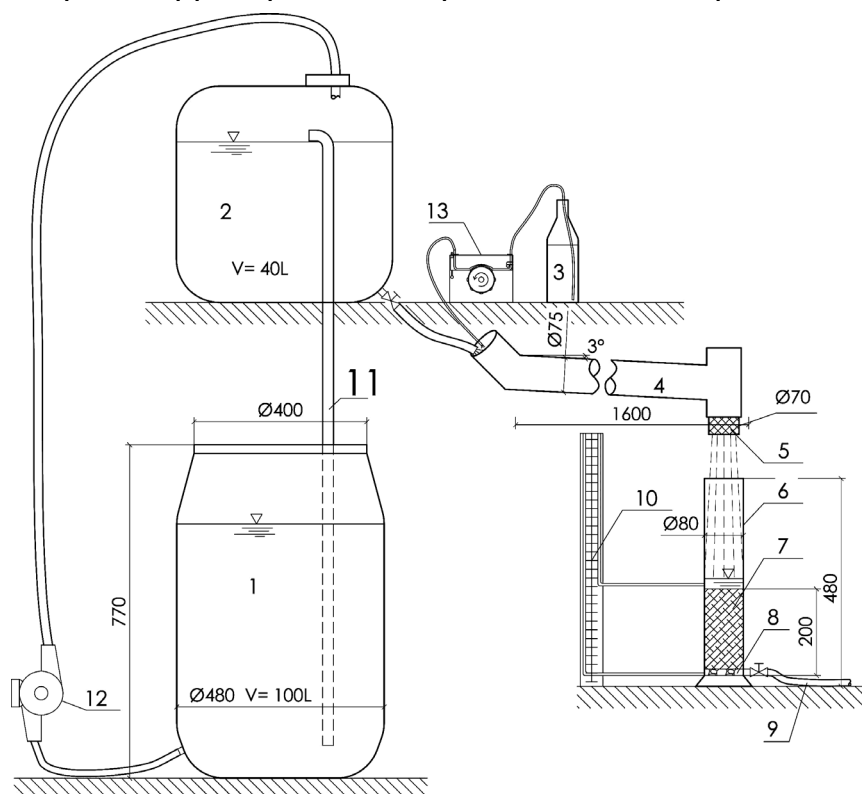
Введение

С расширением урбанизированных территорий города, ростом автомобильных потоков возникают экологические проблемы загрязнения городских ливневых водостоков. Важность создания способов их очистки и определения эффективности и экономической выгоды подчеркнуто многими авторами [1, 2, 3, 4, 5]. По данным Вильнюсского регионального департамента охраны окружающей среды, лишь 30 % городских ливневых водостоков очищаются до требуемых норм. Основным загрязнителем ливневых водостоков являются нефтепродукты (НП). Об этом пишут авторы многих исследований [6, 7, 8, 9]. Большой эффект очистки достигается при фильтровании ливневых водостоков через сорбирующий материал в оптимальных условиях, которых производители обычно не указывают, так как испытывают сорбенты в статических условиях. Реально скорость движения потока и время пребывания стоков на фильтровочном материале имеет большое влияние на эффективность очистки.

Исследованы возможности применения трех сорбентов как фильтровочного материала для очистки ливневых водостоков от нефтепродуктов.

Методика исследования

Эффективность очистки водостоков от нефтепродуктов определялась методом моделирования процесса фильтрации при помощи лабораторного стенда (рисунок). Концентрация нефтепродуктов в поступающем на фильтр потоке и фильтрате определялась методом ИК спектрофотометрии [10]. При помощи дозатора концентрация НП в поступающем потоке поддерживалась около 50 мг/л, так как такая концентрация чаще всего встречается в ливневых водостоках от улиц, автострад, территорий автосервисов и автозаправочных [11, 12].



1 – 100 л сосуд для водостоков; 2 – бак емкости 50 л; 3 – сосуд с дизелином; 4 – труба для подачи загрязненных водостоков на фильтр; 5 – ситец; 6 – цилиндр фильтрования; 7 – фильтровочный материал; 8 – слой брусчатки для поддержания сорбента; 9 – гибкая труба для отбора проб; 10 – пьезометр; 11 – труба для отвода лишнего стока; 12 – насос; 13 – насос для дозирования дизелина
Рисунок – Модель фильтровочной установки

Количество НП в поступающем на стенд потоке (NP_{jt}) вычислялось по формуле (1), количество удаленных с водостоков нефтепродуктов (NP_{sug}) – по формуле (2), количество удаленных нефтепродуктов одним граммом сорбента – по формуле (3), а эффективность удаления нефтепродуктов с водостоков – по формуле (4).

$$NP_{jt} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot Q_i \cdot \Delta t_i, \text{ мг} \quad (1)$$

$$NP_{sug} = \sum_{i=1}^n (P_i - F_i) \cdot Q_i \cdot \Delta t_i, \text{ мг} \quad (2)$$

$$SG = \frac{NP_{sug}}{1000 \cdot m_{sorb}}, \text{ г НП / г} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{NP_{sug}}{NP_{jt}} \cdot 100, \% \quad (4)$$

где P_i – концентрация НП в поступающем на фильтр потоке в фиксированном интервале времени, мг/л; Q_i – дебит водостока в том же интервале времени, л/мин; Δt_i – время пробоотбора, мин; F_i – концентрация НП в фильтрате во время пробоотбора, мг/л; m_{sorb} – масса сорбента в фильтре, г.

Результаты

Результаты экспериментов были подвергнуты статистической обработке, предварительно исключив маловероятные данные, оказавшиеся за пределами интервала доверяемости 95 %. Они приведены в таблице.

Таблица – Сравнение фильтрационных характеристик сорбентов

Сорбент	Длительность эксперимента, мин.	Концентрация НП в водостоке перед фильтрованием, мг/л			Концентрация НП в фильтрате, мг/л			Количество НП в фильтрате, г	Количество удаленных НП		
		Макс.	Мин.	Средн.	Макс.	Мин.	Средн.		Общее, г	1г сорбента, г НП/г	Эффективность, η, %
Fibroil	515	69	33	53,9	7,7	1,8	4,4	73,0	66,7	1,11	91
Duck	130	90	30	55,5	13	1,5	4,6	15,1	13,8	0,13	91
Reo-dry	79	64	35	50,8	4,9	0,9	2,9	8,1	7,6	0,03	94

Интересно сравнить декларируемыми производителями сорбционные способности фильтровочных материалов с определенными экспериментально. Для сорбента марки Fibroil они составляют соответственно 8–14 г НП/г и 1,15 г НП/г, для сорбента Duck – 4 г НП/г и 0,15 г НП/г, а производители сорбента Reo-dry декларируют его стократно завышенную характеристику (3 и 0,03 г НП/г соответственно).

Выводы

1. С применением сорбента марки Fibroil можно достигнуть больших скоростей фильтрации (30 м/час). При этом срок годности фильтрационного материала Fibroil по сравнению с сорбентом Duck превышает в шесть раз, а Reo-dry – в тринадцать.

2. При скорости фильтрации водостоков 30 м/час сорбент Duck требует предварительного просеивания через ситец и удаления малодисперсной фракции (0–600 μm).

3. Фильтр Fibroil удаляет с водостоков нефтепродуктов в пять раз больше чем Duck и в девять раз больше сорбента Reo-dry.

4. Исследование всех трех сорбентов в динамических условиях показало, что их характеристики (например, сорбционная способность 1 г сорбента) гораздо ниже декларируемых производителями, установленными в статических условиях.

Список цитированных источников

1. Browne, D., Deletic, A., Mudd, G.M., Fletcher, T.D. 2008. A new saturated/unsaturated model for stormwater infiltration systems. *Hydrol. Process*, 22: 4838–4849.

2. Genç-Fuhrman, H., Mikkelsen, P.S., Ledin, A. 2007. Simultaneous removal of As, Cd, Cr, Cu, Ni and Zn from stormwater: Experimental comparison of 11 different sorbents. *Water Research*. 41: 591-602.

3. German, J., Svensson, G. 2005. Stormwater pond sediments and water – characterization and assessment. *Urban Water Journal*. Vol.2, No.1: 39–50.

4. Minton, G. 2002. Stormwater Treatment. *Biological, Chemical and Engineering Principles*. Gravity separation.

5. U.S. Environmental Protection Agency. 2002. Storm Water Technology Fact Sheet. Sorbent Materials in Storm Water Applications.

6. Lau, S.L., Stenstrom, M.K. 1997. Application of oil sorbents in oil and grease removal for stormwater runoff. *Proceedings of the 68th Annual Water Environment Federation Conference and Exposition*. Vol.3, Miami Beach: 685–695.

7. Lee, J.H., Bang, M.K. 2000. Characterization of urban stormwater runoff. *Wat. Res.* 34(6): 1773–1780.

8. Mimi, Z. 2008. Spatial analysis of urban stormwater quality: Ramallah district as a case study, Palestine. *Water and Environment Journal*. 23: 128-133.

9. Thomson, N.R., Mcbean, E.A., Snodgrass, W., Monstrenko, I.B. 1997. Highway stormwater runoff quality: development of surrogate parameter relationships. *Water, Air and Soil Pollution*. 94: 307–347.

10. Вода питьевая. Метод определения содержания нефтепродуктов: ГОСТ Р 51797–2001.

11. Khan, E., Virojnagud, W., Ratpukdi, T. 2004. Use of biomass sorbents for oil removal from gas station runoff. *Chemosphere*. 57: 681-689.

12. Muhammad, M., Wheatley, A.D. Anderson, A.R. 2004. Design and performance of separators for the treatment of highway drainage. *The Journal*. V18.N4: 235–238.

УДК 628.258

ОЦЕНКА ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ г. ГОМЕЛЯ И ИХ ЗОНИРОВАНИЕ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ

Невзорова А.Б., Плаунова О.Г., Мармалюкова И.А.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь, neval@tut.by

Article contains results of monitoring of technogenic pressure on river Sozh by surface sewage floating from urbanized territory. Zoning of residential area was made from position of anthropogenic pressure and different catchment areas on waterbody. Problems of lowering quality of surface sewage are analyzed and practicable measures of protection of waterbody from pollution were given.

Введение

Поверхностный сток является существенным источником загрязнения и засорения водных объектов. С поверхностным стоком промышленных и сели-тебных территорий в водные объекты поступает большое количество загрязняющих веществ. Дождевые, талые и поливомоечные сточные воды, стекающие с застроенных территорий, до недавнего времени считались не представляющими серьезной опасности для водных объектов. Отведение их представлялось необходимым лишь по соображениям благоустройства территории. Однако дождевые и талые воды значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без ограничений [1]. Поэтому организованный отвод с последующим обезвреживанием дождевых и талых вод в настоящее время является не только инженерной, но и санитарной необходимостью.

Цель

Проведение мониторинга работы системы дождевой канализации г. Гомеля и определение зон с наибольшей антропогенной нагрузкой на водные объекты в зависимости от содержания загрязняющих веществ.

Объект исследования

Территория г. Гомеля и поверхностный сток, отводимый от нее в водные объекты через городскую дождевую канализацию и коллекторы.

Основная часть

Специфические особенности поверхностного стока, связанные с эпизодичностью его поступления, резкими изменениями расхода и уровнем загрязнений, значительно затрудняют изучение его состава и регламентацию поступления его в городские системы водоотведения или в водные объекты. Поэтому анализ дождевых вод на основе единичных проб может дать ошибочное представление об интенсивности их загрязнения на том или ином водосборе. Концентрация примесей в дождевом стоке быстро возрастает до максимума и далее уменьшается к концу дождя.

На основе проведенного мониторинга дана обобщенная характеристика различных водосборных бассейнов с точки зрения основных видов загрязнений с разделением на следующие категории:

- I – благоустроенные территории;
- II – жилая застройка;
- III – магистральные дороги;
- IV – территории промышленных предприятий.

Пересечение данных территорий усугубляет антропогенную нагрузку на водные объекты. В настоящее время г. Гомель имеет разветвленную сеть дождевой канализации, по которой поверхностный сток, а также условно чистые воды отдельных промышленных предприятий сбрасываются в водоемы без очистки.

Город условно делится на правобережную и левобережную части. Наиболее полно сетями дождевой канализации обеспечена правобережная часть города, левобережная обеспечена дождевой канализацией гораздо хуже. На карте загрязненности поверхностных сточных вод г. Гомеля определены области с преобладающими категориями водосборных объектов. Анализ карты показывает, что правобережная часть р. Сож подвержена большему техногенному воздействию по сравнению с левобережной. Это связано с тем, что в состав материальных элементов этой части города входит значительная часть промышленных и энергетических предприятий города, магистральные улицы, площади, наземный городской транспорт, мосты, стадионы, подземные коммуникации и многое др.

Согласно данным [2], фактическая загрязненность поверхностного стока г. Гомеля достаточно высока и является одной из причин неблагоприятного экологического состояния водных объектов в черте города. Характерными загрязняющими веществами в составе поверхностного стока являются нефтепродукты, взвешенные и органические вещества, азот аммонийный, фосфаты, железо общее, СПАВ. Результаты измерений, проведенных по заказу ГорСАП г. Гомеля, показывают, что по всем коллекторам, установленным в разрешении на спецводопользование, в среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ (сделана выборка из 17 показателей) наблюдается превышение допустимых концентраций: по железу общему, а в ряде коллекторов – по фосфатам и азоту аммонийному.

Сильное влияние на качественные и количественные характеристики отводимых поверхностных вод оказывает состояние территории города. Для более полной оценки водосборных бассейнов города проведено их зонирование по приоритетным загрязнителям (таблица).

Таблица – Приоритетные загрязнители в составе поверхностного стока

№ коллектора	Общая площадь водосбора коллектора, га	Характерная категория бассейна	Приоритетные загрязнители
1	1843,2	II, IV	Азот нитратный, нефтепродукты, взвешенные вещества
2	930,5		Взвешенные вещества, хлориды, нефтепродукты
3	300,1	I, II, IV	Fe, фосфаты, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$
4	125,5	I, II	Нефтепродукты, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, фосфаты
5	263,3		Fe, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, нефтепродукты
6	450,9		Фосфаты, азот нитратный, медь
7	484,8	II	Fe, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, нефтепродукты
8	338,6	I, II, III	ХПК, железо, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$
9	290,1	II, III	БПК ₅ , хлориды, фосфаты
10	294,7	II, IV	$\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, БПК ₅ , фосфаты
11	292,4	II, III	Железо, цинк, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$
12	194,8		Азот нитритный, Zn, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$
13	748,7	II, IV	СПАВ, медь, фосфаты
14	341,9		Fe, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, нефтепродукты
15	292,6		$\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, фосфаты, нефтепродукты
16	302,4	II, III	БПК ₅ , медь, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$
17	281,4	II, III	Fe, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$, нефтепродукты,
18	584,8	II	Медь, Fe, СПАВ
19	2436,9	II, IV	Фосфаты, нефтепродукты, медь, Fe

Также одной из проблем г. Гомеля является территория, выделенная для индивидуальной застройки, где наблюдаются многочисленные несанкционированные подключения к системе дождевой канализации, следует активизировать работу по ликвидации этих подключений. Снижению загрязнения водных объектов также будет способствовать организация очистки дождевого стока на территории каждого предприятия. Однако основным шагом к обеспечению экологически безопасной и устойчивой работы систем дождевой канализации города должно стать строительство бассейновых очистных сооружений.

Помимо этого, необходимо уделить внимание вопросу удаления с территории города снега. По данным [1], в талом стоке содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов увеличивается в 3–4 раза по сравнению с дождевым стоком.

Заключение

На основании проведенного мониторинга работы системы дождевой канализации было осуществлено зонирование территории г. Гомеля в зависимости от антропогенной нагрузки поверхностных сточных вод. Установлено, что правобережная часть Сожа подвержена большему техногенному воздействию по сравнению с левобережной. Рассмотрен ряд мероприятий по её снижению, среди которых приоритетное значение имеет устройство специализированных бассейновых очистных сооружений.

Список цитированных источников

1. Алексеев, М. И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированной территории: учеб. пособие для вузов / М.И. Алексеев, А.М. Курганов. – Москва; Санкт-Петербург: АСВ, 2000. – 352 с.
2. Разработать научно обоснованные предложения по нормированию загрязняющих веществ для ливневых коллекторов предприятия «ГорСАП г Гомеля. Отчет № 101/2010 РУП «ЦНИИКИВР». – Гомель: ГорСАП, 2010. – 45 с.

УДК 628.29

БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Новикова О.К., Невзорова А.Б., Терещенко А.В.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь, 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. The variants of disposal and treatment surface sewage are represented. The recommendations for designing and maintaining of treatment plant have been given.

Введение

В последние годы все более пристальное внимание уделяется рассредоточенным источникам загрязнения, влияние которых на качество водных объектов сопоставимо, а в отдельных случаях превышает нагрузку от сосредоточенных сбросов сточных вод промышленности и коммунального хозяйства.

Основная часть

Установлено, что качественная характеристика поверхностных сточных вод с территории площадок промышленных предприятий отличается от стока с территории города, а наиболее характерными загрязнителями дождевых и талых сточных вод являются взвешенные вещества, БПК₅, нефтепродукты. Основными источниками загрязнения поверхностных сточных вод взвешенными веществами являются пыль и аэрозоли, выбросы, частицы несгоревшего топлива, продукты разрушения дорожных покрытий и эрозии почвы, мусор. Талый сток смывает песок, соли, применяющиеся для борьбы со льдом.

Основными источниками загрязнения поверхностных сточных вод органическими веществами являются оседающие аэрозоли, продукты неполного сгорания топлива, нефтепродукты и вещества, вымываемые из почвы.

Источники загрязнения поверхностных сточных вод нефтепродуктами можно считать случайными. Нефть, бензин, масла поступают на поверхность водосбора промышленных площадок по непредвиденным причинам, в основном вследствие неудовлетворительного состояния транспортных средств.

Несмотря на то, что на промышленных предприятиях ведется постоянная работа, направленная на улучшение культуры производства, сведения к минимуму аварийных разливов различных вредных веществ и нефтепродуктов в цехах и на территории предприятия, проведение постоянных профилактических осмотров оборудования, поверхностные сточные воды с территорий промышленных предприятий остаются одним из существенных источников загрязнения водных объектов, и уже ни у кого не вызывает сомнения, что должны подвергаться очистке.

На выбор метода очистки и состав очистных сооружений поверхностных сточных вод оказывает непосредственное влияние качественная и количественная характеристика поверхностного стока.

Анализ схем отведения поверхностных сточных вод с территорий площадок промышленных предприятий свидетельствует о том, что на многих предприятиях нет возможности централизованно очистить поверхностные сточные воды перед сбросом в городские сети дождевой канализации, поскольку подключение к сетям осуществляется в нескольких точках (до пяти точек) по периметру предприятия.

Для решения данной проблемы авторами предлагается устройство блоков очистки непосредственно в колодцах дождевой канализации.

Установка очистки поверхностных сточных вод размещается в цилиндрическом корпусе, изготовленном из полипропилена и монтируется в колодце из стандартных железобетонных колец. Поверхностные сточные воды поступают в корпус, где происходит гравитационное расслоение потока: крупные капли нефтепродуктов всплывают на поверхность, а тяжелые частицы выпадают в осадок на дно. Затем, проходя через комбинированные фильтрокасеты нефтесепаратора, вода поступает в отводящую трубу. В комбинированной фильтрокассете происходят процессы тонкослойного осаждения, коалесцентной сепарации и сорбции. Отделенные взвешенные вещества скапливаются в виде осадка на дне, а задержанные нефтепродукты всплывают за счет коалесценции на поверхность перед комбинированными фильтрокасетами. Всплывшие нефтепродукты собираются плавающей нефтесборной секцией.

Применение подобных сооружений позволяет достичь очистки поверхностных сточных вод по взвешенным веществам, нефтепродуктам, БПК₅ до требований сброса в природные водные объекты.

Заключение

Таким образом, с целью снижения затрат на строительство очистных сооружений поверхностных сточных вод и очистки данной категории вод необходимо предусматривать устройство блоков очистки непосредственно в колодцах дождевой канализации.

Список цитированных источников

1. Алексеев, М. И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированной территории: учебное пособие для вузов / М.И. Алексеев, А.М. Курганов. – Москва; Санкт – Петербург: АСВ, 2000. – 352 с.
2. 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 28.12.2005.

УДК 551.492

STORMWATER TREATMENT PLANT CONCEPTION

Rimeika M.

Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, mindaugas.rimeika@vgtu.lt

The practice of urban stormwater management has until recently focused only on drainage and flood control. Yet more concern should be taken to reduce pollution loads on water recipients by implementing source control management, on-site treatment and building stormwater pollution control facilities. Overview and basic principals of stormwater quality management are presented in the article. Summary presents the results for the evaluation of stormwater pollution removal.

Introduction

Growing cities and urbanization cause larger runoff volumes, increased pollution and have negative effects on the environment. A number of research reports showed the deterioration tendency of water recipients even after construction of wastewater treatment [1, 6]. Urban stormwater runoff is recognized as a major source of the pollution of the receiving water [2, 4]. Runoff is flushing organic and inorganic matters, soluble and suspended solids, nutrients, metals, bacteria and litter from urbanized areas to water recipients. Runoff brings pollution loads to recipients and causes problems to water quality, life environment for water habitants, and restricts stream use for recreation [3, 5].

Stormwater management practice

The basic objectives of stormwater management are improvement of water quality in drainage watershed, reduction in runoff volumes and enhanced beneficial use of the receiving water bodies. Stormwater management strategy could be divided into two main groups:

- stormwater pollution reduction;
- runoff volume reduction.

Volume and pattern of rainfall do not depend on our wishes, and we cannot regulate or make influence on them. Yet we could more or less regulate the rainfall transformation process in urban areas. It could be done by proper design of watershed, minimization of directly connected impervious area, introduction of infiltration practice and other best management practice (BMP) methods [1, 5, 6]. Stormwater pollution depends on a number of factors; the most important are: atmospheric pollution, rainfall characteristics, pedestrian and traffic intensity, road mainten-

ance, patterns and functions of the watershed, dry period. The following three basic objectives could be involved to improve stormwater pollution reduction:

- source control;
- on-site treatment;
- end-of-pipe techniques.

Source control strategy should ensure that pollution never reaches the surface of the Earth. Source control efficiency has strong relationships with public education on the proper use and disposal of household chemicals, litter, paints, solvents, motor oil, pesticides, herbicides, fertilizers, antifreezes, etc. Focus turns to the process of the land development and redevelopment, such as detection and elimination of illicit discharges of wastewater into separate storm sewers, street sweeping, leaf pickup, efficient street de-icing programs, accidental spill control, and the enforcement of clear violations of ordinances designed to prevent the deposition of pollutants on the urban landscape [2, 4].

An on-site stormwater treatment facility in general means reduction of runoff volume. Such facilities could serve small sites of about two to four hectares of paved catchment area. On-site facilities also include the use of minimized directly connected impervious area. However, this practice could be implemented in newly developing and redeveloping areas. It relies on non-traditional layout of urban streets, parking lots and buildings, and uses grass buffers, roadside grass swales instead of curd and gutter, porous pavement, percolation trench and infiltration basins.

End-of-pipe techniques are generally recognized as some kind of stormwater treatment facilities, such as dry ponds, dry extended ponds, wet ponds, shallow marsh systems, wetlands, sand filters and others [3, 5, 7]. Findings presented in the article are related with the end-of pipe techniques.

Assumptions for Pollution reduction concept

From a literature review, research experience and statistical evaluation of rainfall data the following conclusions can be made:

1. Precipitation is the driving force that mobilizes and transports pollutants from urban territory to receiving water. Rainfall intensity and runoff pollution have a strong relationship.
2. Intensive rainfalls cause a bigger runoff, which washes away larger amount of pollutants. The concentration of stormwater pollution varies during the rain, also the average concentration of the rain event and the quantity of emissions produced during a single rain vary greatly.
3. The biggest parts of stormwater contaminants are bounded with small particles of suspended solids. Therefore, removal of suspended solids from stormwater is the main issue. If suspended solids are removed, a big part of other contaminants, such as heavy metals, organics and oil, will be removed as well.
4. Adsorption, chemical reaction and biological treatment could remove dissolved solids, metals and nutrients. The most powerful treatment is natural self-cleaning. We can only make appropriate conditions for improving self-cleaning activity.

Case study

In order to achieve comprehensive efficiency of stormwater treatment all the above mentioned pollutant removal mechanisms, such as physical, chemical and biological treatment mechanisms, should be applied. Wet ponds can potentially operate all of these mechanisms [1, 5]. Principal layout of constructed wet pond pilot plant is presented in Figure.

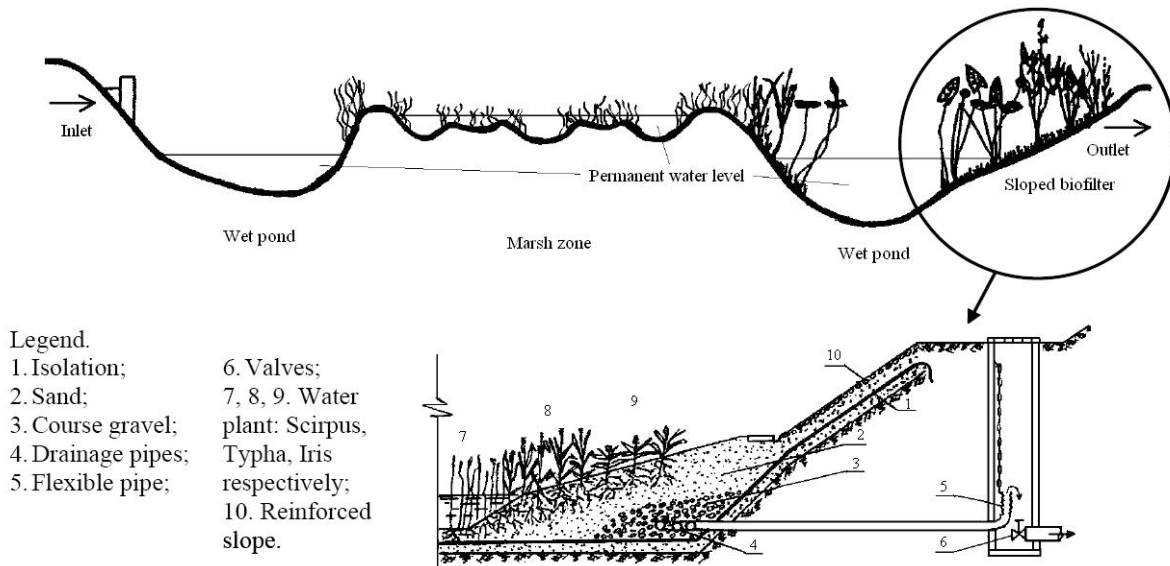


Figure – Constructed wet pond design conception

At the beginning of treatment a pond should be constructed. It accumulates big volumes of runoff, equalizes pollution concentrations, traps coarse sediments, reduces incoming velocities, and helps to distribute runoff evenly over the marsh. After preliminary settling stormwater enters to shallow/high marsh system (wetland). The physical, chemical and biological stormwater treatment mechanisms take place here due to plant activity, slow flow, hydraulic conductivity, water depth and other factors. After the marsh systems stormwater enters second wet pond for final polishing. Water from wet pond flows to effluent through the biological filter constructed on the banks of pond and planted with water plants.

Water samples were taken manually or by automatic sampler. During the studies stormwater pollution level was indicated: SS vary from 25 to 882 mg/l (median – 165 mg/l), BOD₅ – 5,5-22 mg/l (median – 14 mg/l); COD – 24-184 mg/l (median – 80 mg/l); oil 0,4-3,1 mg/l (median – 0,7 mg/l); total phosphorus 0,02–0,36mg/l (median – 0,06 mg/l); total nitrogen 0,1-2,8 (median – 0,6 mg/l).

The overall treatment efficiency of constructed wet pond is very good. Effluent concentrations are much lower than the requirements for stormwater discharge to water bodies. Average effluent concentration was: 4,8 mg/l of SS, 0,48 mg/l of oil, 0,8 mg/l of BOD, 28 mg/l of COD, 0,32 mg/l of total nitrogen, 0,03 mg/l of total phosphorus. Properly designed wet ponds with wetlands could be useful facilities for downstream stormwater pollution control.

Conclusion

1. Stormwater from urban areas carrying significant source of pollution to receiving waters causes threat to the environment. Implementation of different best management practices can reduce the negative effects. The choice of method (source control, on-site treatment or end-of-pipe techniques) depends on site-specific conditions.

2. In many countries there is an increasing trend in construction of the stormwater treatment facilities, such as ponds, wetlands, infiltration basins, filter strips. However, clear guidelines for design and operation of stormwater treatment facilities still need to be established.

3. Wet ponds in association with wetlands are one of the most promising stormwater pollution reduction facilities where physical, chemical and biological

treatment mechanisms are applied. Nevertheless, before stormwater enters the wetland a proper pre-treatment should be performed.

4. Stormwater treatment efficiency was tested in the pilot plant. The final polishing of stormwater in the sloped biological filter was added to conventional wet pond layout. The obtained results showed good treatment efficiency and significant reduction of stormwater pollutants loads.

References

1. Debo, T.N. Municipal stormwater management. Lewis Publishers, 2003. 1141 p.
2. Eriksson, E., Baun A., Ledin A., Ahlman S., Mikkelsen P.S. Selected stormwater priority pollutants – a European perspective. Science of the Total Environment 383 (2007). p. 41–51.
3. Kalainesan, S., Neufeld R. D., Quimpo P., Yodnane P. Sedimentation basin performance at highway construction sites. Journal of Environmental Management (2009) 90. p. 838–849.
4. Pettersson, J. Stormwater ponds for pollution reduction. Doctoral thesis. Department of sanitary engineering. Chalmers University of Technology. 1999.
5. Schueler, T.R (1987). Controlling Urban Runoff: A Practical Manual and Designing Urban BMPs. Metropolitan Washington Council of Governments.
6. Stormwater collection systems design handbook. Larry W. M. editor. McGraw-Hill, 2001.
7. Trowsdale, S.A., Simcock R. Urban stormwater treatment using bioretention. Journal of Hydrology. (2011) 397. p. 167–174.

УДК 628.316

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ

Яловая Н.П., Борсук И.П.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, yalnat@yandex.by

Studies on applying for clearing of a surface sink of petroleum of graphitic sorbent «Livosor-S" have shown his high performance, due to high magnitude of adhesive properties, developed surface of macropores retaining pool hydrocarbons in amounts, in some times superior mass of the sorbent.

Введение

При всем многообразии известных методов строительство очистных сооружений требует отчуждения больших площадей и соответствующих капитальных затрат. Особенно в условиях тесной городской застройки, даже располагая необходимыми материальными средствами, не всегда представляется возможность разместить на соответствующей территории эффективно работающие очистные сооружения. Поэтому основной тенденцией в настоящее время является внедрение интенсивных технологий, которые позволят уменьшить размеры площадей под очистные сооружения и повысить качество очистки воды.

В свете требований санитарных органов о доведении качества очистки сточных вод до нормативов сброса очищенной воды в водоемы рыбохозяйственного назначения большой интерес представляют разработки с использованием сорбентов.

Одним из наиболее распространенных в настоящее время сорбентов является терморасщепленный графитовый сорбент «Ливсор-С».

Физико-химические особенности сорбента «Ливсор-С»

«Ливсор-С» предназначен для удаления и сбора аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на морских и пресноводных акваториях, в портах, на территориях и акваториях нефтяных терминалов, территорий промышленных предприятий, объектов по хранению, транспортировке и переработке нефти и нефтепродуктов, на грунтах, примыкающих к трубопроводам или нефтехранилищах, для очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов и загрязняющих веществ, для извлечения конденсата из природных газов и др.

Сорбент «Ливсор-С», являющийся продуктом термического вспучивания окисленного графита в газовой фазе, представляет собой серо-черный материал в виде пухоподобных валиков толщиной 0,4-0,6 м и длиной 1,5-3,0 мм.

Сорбент гидрофобен, инертен к кислотам и щелочам, не растворим в газе, конденсате, бензине и других органических растворителях. «Ливсор-С» отличается от применяемых в настоящее время сорбентов своими физическими свойствами, структурой и высокой величиной адгезии; имеет развитую поверхность макропор, которая удерживает жидкие углеводороды в количествах, в несколько раз превышающих массу самого сорбента.

«Ливсор-С» сохраняет свои сорбционные свойства, как при положительной, так и при отрицательной температуре окружающей среды.

Для предотвращения распространения по водной поверхности и сбора аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на морских и пресноводных акваториях применяются боны заградительные сорбирующие.

Соединенные между собой боны ограждают пятно разлива, преграждая его дальнейшее распространение. Боны представляют собой рукава от 3 до 15 м длиной диаметром от 150 до 500 мм из тканого материала, наполненные «Ливсор-С», с помощью которого они удерживаются на поверхности воды.

Путем стягивания пятна разлива с помощью заградительных бонов совместно с нанесенным на пятно «Ливсор-С» в сторону нефтесборной емкости осуществляется один из способов ликвидации пятна.

Кинетика сорбционных процессов

Количество применяемого «Ливсор-С», необходимое для поглощения нефтезагрязненной поверхности, зависит не только от его сорбирующих возможностей, но и от площади, занимаемой пятном, поскольку даже при незначительном разливе пятно, если ему принудительно не оказано препятствие, растекается по поверхности воды до пленочного состояния. В таких случаях расход «Ливсор-С» в единицах массы (кг) определяется площадью пятна (m^2), умноженной на минимальную толщину слоя «Ливсор-С» 0,001–0,002 м (1–2 мм) и умноженную на насыпную плотность (kg/m^3).

В общем случае расход «Ливсор-С» G (кг) определяется по формуле

$$G_S = \frac{S_H \cdot h_H \cdot \rho_H}{Q}, \quad (1)$$

где S_H – площадь разлива нефти, m^2 ; h_H – толщина слоя нефти, м; ρ_H – плотность слоя нефти, kg/m^3 ; Q – сорбционная емкость, кг/кг.

Кинетика сорбционных процессов с целью установления оптимального времени контакта сорбента с поглощаемой жидкостью представлена на рисунке.

Анализ результатов исследований, приведенный на рисунке, показал, что поглощение до 75-80 % нефти для большинства сорбентов наблюдается в течение первых 60 минут, в последующие 60 минут поглощается еще 15-20 %, а для поглощения остальных 5 % необходимо от 60 до 300 и более минут.

Таким образом, нами установлено, что изменение скорости сорбции во времени можно условно разделить на две стадии. Поглотительная способность сорбента максимально реализуется в течение первых 120 минут контакта сорбента с сорбатом, именно в течение этого времени происходит интенсивное поглощение, и эта стадия процесса является определяющей для оценки сорбирующей способности материала. На второй стадии процесса сорбции скорость поглощения значительно снижается вплоть до достижения насыщенного состояния, свидетельствующего о максимально возможном заполнении пустот сорбента, которое достигается в течение последующих 120-300 минут.

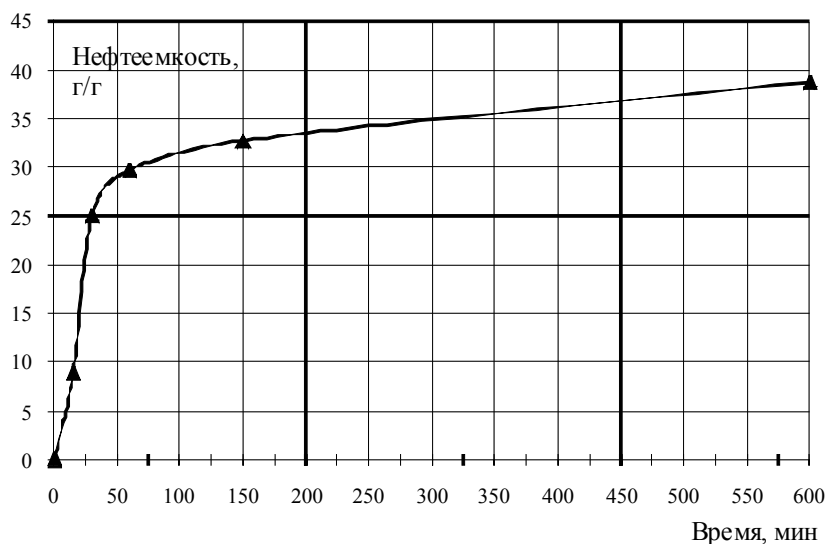


Рисунок – Кинетика поглощения нефти сорбентом «Ливсор-С»

Методы извлечения сорбента из поверхностных вод

Для извлечения из поверхностных вод насыщенного нефтепродуктами «Ливсор-С» можно использовать следующие способы:

- вакуумные установки;
- плавающую воронку, погруженную по самые края в воду, в которую бономы вместе с водой направляется «Ливсор-С», затем насосами сорбент откачивается в береговую или судовую емкость;
- сетчатые сачки.

Насыщенный нефтепродуктами «Ливсор-С» после сбора с поверхности воды помещается в полиэтиленовые мешки для хранения и транспортировки с последующим отделением твердой фазы (сорбента) от жидкой (собранной нефти).

Отделение «Ливсор-С» от собранного продукта может осуществляться:

- центрифугированием;
- термической возгонкой, или испарением жидкой фазы без доступа воздуха;
- экстракцией, или извлечением (вымыванием) жидкой фазы.

Собранный продукт в виде рыхлой, слабо текучей массы утилизируется путем сжигания, брикетирования или захоронения в открытых траншеях, котлованах на специально отведенных территориях.

Заключение

Таким образом, нами установлено, что терморасщепленный графитовый сорбент «Ливсор-С» является эффективным средством для удаления и сбора нефтепродуктов. Доказанная экспериментальными исследованиями его высокая сорбционная способность и плавучесть на поверхности воды, а также невысокая стоимость делают его незаменимым сорбционным материалом для очистки поверхностных вод.

УДК 628. 337

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ОБЩЕЙ ЖЁСТКОСТИ ВОДЫ

Яловая Н.П., Яловая Ю.С.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, yalnat@yandex.by

Research of ways of decrease in the general rigidity of water by methods of a boiling and freezing has shown that in conditions of life the given physical methods are effective, accessible, that is why economic, therefore can be used for decrease in rigidity of used water.

Введение

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамическую систему. *Жесткость воды* – один из обобщенных химических показателей качества природной воды. Жесткость обусловлена присутствием в воде солей кальция, магния и некоторых других металлов. Различают карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную) жесткость. Общая жесткость определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния и представляет собой сумму карбонатной и некарбонатной жесткости. Карбонатная жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при $pH > 8,3$) кальция и магния. Первоначально жесткость воды определялась как мера способности воды осаждать пену, созданную жирными карбоновыми кислотами. Эта «пена» осаждалась в присутствии ионов кальция и (или) магния. Жесткость воды колеблется в широких пределах, и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости. В табл. 1 приведены четыре примера классификации.

Влияние жесткости на здоровье человека

Жесткая вода неблагоприятна для организма человека. Например, последствием использования жесткой воды могут быть – провоцирование образования камней в почках и печени, остеохондроза, болезни суставов, атеросклероза, аллергии и диатеза, сыпи у людей с чувствительной кожей; преждевременного износа одежды из-за солей, находящихся в воде; образование отложений на водонагревательных приборах, на стенках ванн, раковин, унитазов, водопроводных труб; увеличение затрат на отопление, поскольку на

внутренней поверхности труб образуется камень, замедляющий скорость потока; изменение вкуса кофе, чая и других продуктов. При взаимодействии солей жесткости со стиральными порошками, мылом, шампунями происходит образование так называемых «мыльных шлаков». Во-первых, в этом случае моющих средств расходуется гораздо больше, во-вторых – после высыхания «мыльные шлаки» остаются в виде налета на сантехнике, белье, на волосах, на нашей коже. Они разрушают естественную жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа. Поэтому кожа «скрипит» и приходится тратиться на лосьоны, умягчающие и увлажняющие кремы. Это очень выгодно многочисленным косметическим компаниям. Придуманы различные маркетинговые ходы, не подвергается сомнению, что без всего этого просто не обойтись. В рекламах моющих средств часто обращают наше внимание на их водородный показатель, но не это является решением проблемы.

Таблица 1 – Классификации воды по степени ее жесткости

Жесткость воды, ммоль/дм ³	Справочник по гидрохимии (Россия)	Водоподготовка (Беларусь)	Германия DIN 19643	USEPA		
0 – 1.5	Мягкая вода	Очень мягкая	Мягкая	Мягкая		
1.5 – 1.6		Мягкая			Средней жесткости	Умеренно жесткая
1.6 – 2.4			Умеренно жесткая	Достаточно жесткая		
2.4 – 3.0						
3.0 – 3.6		Средней жесткости	Жесткая			
3.6 – 4.0	Жесткая			Очень жесткая		
4.0 – 6.0		Жесткая	Очень жесткая			
6.0 – 8.0	Очень жесткая			Очень жесткая		
8.0 – 9.0		Очень жесткая	Очень жесткая			
9.0 – 12.0	Очень жесткая			Очень жесткая		
Свыше 12.0		Очень жесткая	Очень жесткая			

Для сохранения естественной защиты кожи нужно мыться мягкой водой. Вызывающее у некоторых раздражение чувство «мылкости» после пользования мягкой водой является признаком того, что защитная жировая пленка на коже цела и невредима. Именно она и скользит. Однако следует помнить, что очень мягкая вода может просто «растворять» железные водопроводные трубы, поэтому если после умягчителя вода не сразу попадает в кран, то дальше следовать она должна по пластиковым трубам [1].

Методы устранения жёсткости

Из-за неблагоприятного воздействия солей жесткости и на здоровье человека, и на бытовые приборы, и на производственные материалы возникает настоятельная необходимость умягчения воды. Для этого могут применяться следующие методы очистки воды: термический метод, или кипячение, основанный на нагревании воды; дистилляция или вымораживание; реагентный; ионообменный; обратный осмос; электродиализ; комбинированный, представляющего собой различные сочетания перечисленных методов [2].

В домашних условиях устранить временную (карбонатную) жёсткость можно кипячением или вымораживанием. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются, образуя карбонат кальция и гидроксид магния:



Жесткость воды может быть уменьшена с помощью обработки гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кальцинированной содой Na_2CO_3 . Известь осаждает карбонаты, сода осаждает другие соли кальция и магния. Затем образовавшиеся осадки удаляются фильтрацией. Этот способ довольно эффективен, но совершенно не подходит для использования в домашних условиях. Он применяется на городских водозаборах в тех случаях, когда жесткость превышает допустимые нормы. Требуется довольно громоздкое оборудование и больших финансовых затрат.

Исследования по снижению жесткости воды

В качестве исследуемых проб воды были отобраны образцы воды разных районов г. Бреста. Для исследования устранения жесткости воды применялись физические методы – кипячение и вымораживание. Исследования выполнялись в лаборатории экологии на кафедре инженерной экологии и химии БрГТУ комплекснометрическим методом анализа. Определение показателей проводилось не менее 3 раз на каждой пробе. Усредненные результаты представлены в табл. 2–4.

Таблица 2 – Характеристика жесткости анализируемых проб воды, ммоль/дм³

Источник	Общая жёсткость	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Вода по ул. Сябровская (район Вулька)	4,2	3,9	0,3
Вода по ул. 28 Июля (район Ковалёво)	4,6	3,8	0,8
Вода по ул. Красногвардейская (район Граевка)	4,9	3,9	1
Вода из БрГТУ	4,3	3,7	0,6
Минеральная вода «Фрост»	1	1	-
Минеральная вода «Дарида»	3,6	2,2	1,4

Таблица 3 – Результаты по снижению жёсткости анализируемых проб воды

Источник	Исходная общая жёсткость, ммоль/дм ³	Общая жёсткость (ммоль/дм ³) после		
		кипячения	замораживания	кипячения+ замораживания
Вода по ул. Кирова (центральный район)	5,4	3,8	4	2,9
Вода по ул. 28 Июля (м-н Ковалёво)	4,6	3,5	4,2	3,3
Вода по ул. Сябровская (м-н Вулька)	4,2	3,3	3,6	2,3
Вода в БрГТУ	4,3	3,5	3,8	2,4
Минеральная вода «Брестская»	22,3	19	17	15,5
Вода по ул. Красногвардейская (м-н Граевка)	4,9	3,3	3,9	2,8
Дистиллированная вода	0,1	-	-	-

Таблица 4 – Снижение жёсткости анализируемых проб воды замораживанием

Источник	Общая жёсткость, ммоль/дм ³	
	до замораживания	после замораживания
Минеральная вода «Брестская»	23,5	20,7
Минеральная вода «Брестская-5»	14,28	9
Минеральная вода «Минская-4»	4,75	3,5
Питьевая вода «Aqua Minerale»	1,1	0,8
Водопроводная вода	4,9	3,9

Выводы

Исследование способов снижения общей жёсткости воды методами кипячения и вымораживания показало, что в бытовых условиях данные физические методы эффективны, малозатратны, а потому экономически выгодны и могут быть использованы жителями нашего города для умягчения используемой воды.

Применение фильтрующих установок, сильно снижающих жесткость воды и используемых в домашних условиях, не особенно благоприятно для состояния здоровья из-за недостаточного содержания минерального состава и поэтому не оправданно.

Список цитированных источников

1. Строкач, П.П. Экология гидросферы / П.П. Строкач, Н.П. Яловая. – Брест: БГТУ, 2004. – 322 с.
2. Строкач, П.П. Практикум по технологии очистки природных вод: учеб. пособие / П.П. Строкач, Л.А. Кульский. – Мн.: Выш. школа, 1980. – 320 с.

ЭНЕРГО– И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 621.3:004.9

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ВИБРАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ

Бранцевич П.Ю., Костюк С.Ф.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, branc@bsuir.edu.by

The hardware-software organization of computer multichannel systems of the vibrating control is considered. Application of such systems provides carrying out in a mode of real time of the continuous control over a vibrating condition of technical objects, the decision of problems of the signal system and protection by individual criteria in an automatic mode. Ways of the analysis of long realizations of vibrating signals for detection of diagnostic attributes are offered.

Введение

С целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и прибыльности производства предприятия стремятся снизить затраты на ее производство. Одной из существенных статей себестоимости продукции являются расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание машинного оборудования, задействованного в производственном цикле. В связи с этим актуальным является постоянное совершенствование стратегий эксплуатации и технического обслуживания оборудования, основанное на современных технологиях контроля и анализа его технического состояния и обобщения практического опыта эксплуатации.

Такие стратегии, как «Техобслуживание, направленное на повышение надежности» и «Техобслуживание, направленное на повышение суммарного показателя эффективности работы оборудования», можно фактически рассматривать не как стратегии техобслуживания, а как эксплуатационные стратегии, в которых техническое обслуживание является составной частью производственного цикла. Данные стратегии позволяют количественно определить суммарный коэффициент готовности производственных средств и их организацию в пределах заданного временного интервала. Используя современные системы мониторинга машинного оборудования, специалисты предприятия имеют возможность заранее составить график профилактических работ, а также повысить коэффициент готовности оборудования всего предприятия и снизить материальные и временные затраты на техобслуживание.

Основная часть

На предприятиях промышленности и энергетики эксплуатируется большое количество механизмов агрегатов с вращательным движением, значительная часть которого функционирует в непрерывном технологическом цикле. Техническое состояние таких объектов в значительной степени характеризуется параметрами вибрации. Нормативными документами, определяющими правила их эксплуатации, предусматривается проведение мониторинга их вибрационного состояния.

На сегодняшний день наибольшее распространение получил защитный вибрационный мониторинг. На основании результатов измерений, полученных от смонтированных на машинном оборудовании датчиков, аппаратно-программная система защитного мониторинга генерирует сигналы автоматической остановки оборудования. Далее эти сигналы поступают в систему аварийного останова, которая инициирует отключение агрегата. В качестве базовой информации системы защитного мониторинга традиционно используют результаты измерений средних квадратических значений вибраций, отслеживание которых выполняется непрерывно или с каким-то интервалом дискретизации. Недостатком стратегии защитного мониторинга является выдача предупредительного аварийного сигнала только после того, как развивающийся дефект приводит к возникновению высокого значения суммарных вибраций, например, при нарушении стабильности ротора, дисбалансе, несносности, трещине вала, трении, т.е. в стадии, когда дефект интенсивно развивается. При этом уровни защитного отключения имеют обобщенное значение для некоторого класса оборудования и не учитывают индивидуальных особенностей. Другим недостатком данной стратегии является невозможность ее использования для дефектов, характеризующихся относительно низкими амплитудными уровнями.

Мониторинг потенциальных отказов реально применяется значительно реже. Он основан на анализе отклонений результатов измерений от значений параметров, характерных для стандартного состояния оборудования. Во многих случаях изменение технического состояния элементов машин и оборудования, особенно на начальной стадии развития дефектов, слабо влияет на общий уровень вибрации. Так, в частности для подшипников, появление небольших дефектов на телах качения практически не изменяет общего уровня вибрации. Однако наличие дефектов в подшипнике приводит к появлению высокочастотных ударных импульсов и, следовательно, к увеличению пиковых уровней в высокочастотной части сигнала вибрации и, следовательно, значительному увеличению пик-фактора. При этом его среднеквадратические уровни в общем случае могут практически не изменяться. Традиционно для оценки изменения технического состояния применяют спектра сигнала. В последнее время получают распространение вейвлет-анализ и другие методы, основанные на декомпозиции исходных вибросигналов.

Научно-исследовательская лаборатория вибродиагностических систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники длительное время занимается разработкой приборов для решения задач вибрационного мониторинга, программного обеспечения и методик их применения. В лаборатории разработан и производится многоканальный измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) «Лукомль-2001», который более десяти лет эксплуатируется на многих крупных турбоагрегатах Беларуси.

Структурно ИВК представляет собой универсальную ПЭВМ с типизированным модулем АЦП, подключаемым к ее стандартному интерфейсу (ISA, PCI, USB), блока аналоговой обработки сигналов, к которому подключаются первичные виброизмерительные каналы, и блока управления сигнализацией и защитным отключением. При таком построении основная функциональность комплекса обеспечивается алгоритмическим и программным обеспечением. По сути это перепрограммируемый компьютерный измерительный прибор, решающий специальные задачи. Его основными функциями являются:

– определение в режиме реального времени интенсивности вибрации в стандартизованных или задаваемых частотных диапазонах, частоты вращения вала, значений амплитудных и фазовых параметров, по крайней мере, до десяти спектральных составляющих вибрации, кратных частоте вращения (порядковый анализ), пик-фактора исходного сигнала;

– сравнение реально полученных значений с контрольными (величина которых может изменяться от точки к точке и с течением времени) и выработка по определенным алгоритмам сигналов сигнализации и защитного отключения, выдаваемых на отображающие и исполнительные устройства.

Существенным развитием функциональных возможностей комплекса «Лукомль» стала реализация алгоритмов защиты технических объектов по вибрационным параметрам не только по стандартизованным критериям, но и с учетом расширенного числа показателей, индивидуальных особенностей конкретного объекта и обобщенной оценки ситуации на объекте, полученной на основе измерений в нескольких точках контроля. При анализе вибрационного состояния защищаемого объекта учитываются факторы низкочастотной вибрации, высокочастотной вибрации, оборотной составляющей вибрации, изменение вектора оборотной составляющей. Значения конкретных уровней срабатывания защиты устанавливаются индивидуально для конкретного агрегата. В настоящее время эксплуатируется пять таких систем автоматической защиты по вибрации.

Однако решение задач вибрационной диагностики до настоящего времени остается весьма проблематичным, так как формулирование вывода о техническом состоянии объекта на основе количественных значений вибрационных параметров во многих случаях достаточно неоднозначно.

Для более достоверных заключений представляется целесообразным проведение анализа динамики изменения непрерывных вибрационных сигналов, отражающих техническое состояние объекта на достаточно длительном временном интервале (минуты, часы и даже сутки).

С целью получения и регистрации таких вибрационных сигналов разработан 16-канальный измерительно-вычислительный комплекс «Тембр» на базе персональной ЭВМ, модуля АЦП с USB интерфейсом, виброизмерительных каналов с первичными пьезоэлектрическими преобразователями и проблемно-ориентированного программного обеспечения.

Полученные на протяжении длительных временных интервалов непрерывные реализации вибрационных сигналов целесообразно использовать для детального исследования и выявления как детерминированных, так и редких событий, имеющих место при функционировании реальных технических объектов.

Заключение

Применение систем вибрационного мониторинга и оценки технического состояния механизмов и агрегатов позволяет предприятиям оптимизировать затраты на проведение их ремонтно-восстановительных работ, а также предотвратить серьезные аварии.

Применение компьютера в качестве базового узла обработки вибрационных данных обеспечивает быструю адаптацию системы вибрационного контроля под конкретное применение, гибкость и расширяемость функциональных возможностей.

РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ПТИЧНИКЕ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Игнатчик Л.Л., Якубовская Е.С.

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь, asup_ylena@list.ru

The problem of energy savings demands the analysis of conditions which will allow to lower energy consumption at appropriate quality of parameters. In article the variant of management by system of exhaust ventilation of hen house in which energy savings it is provided at the expense of exact maintenance of speed of rotation of fans depending on value of temperature by means of a microprocessor control system is considered.

Введение

Так как теплообмен и теплорегуляция у птицы взаимообусловлены, то температура, как один из основных факторов микроклимата, играет важную роль при этих процессах. При изучении влияния пониженных температур воздуха на яйценоскость кур в зимнее время установлено [1, с. 274], что при средней дневной температуре воздуха минус 4 °С яйценоскость кур снижается на 0,47 яйца на несушку. Температура минус 10 °С способствует резкому снижению яйценоскости кур. При установлении нормальной температуры (16–18 °С) яйценоскость кур восстанавливается в течение трех–десяти дней. Термонейтральной зоной для кур русской белой породы считается +15–25 °С. При температуре воздуха более 26 °С у кур повышается температура тела. Вес яиц снижается при температуре воздуха 38 °С и составляет только 89 % веса, который был при температуре 21 °С. Только через две–три недели при нормальном температурном режиме вес яиц и толщина скорлупы достигают нормы. При температуре воздуха в птичнике плюс 38–40 °С наблюдается гибель кур от перегрева. Особенно опасно резкое повышение температуры, а также сочетание высокой температуры с высокой влажностью воздуха. Таким образом, от системы автоматического управления микроклиматом требуется поддержание оптимальной температуры воздуха в помещении на протяжении всего периода содержания.

Основная часть

В птичниках в жаркое время года, за счет тепла, выделяемого птицей, в помещении образуется значительный его избыток. Приточная система вентиляции птичника работает в режиме вытеснения из помещения углекислого газа и влаги. Для увеличения воздухообмена в птичнике летом с целью удаления избытка тепла используется принудительная вытяжная система вентиляции, при этом поступление воздуха в птичник происходит не только через приточные воздухообмены, но и вытяжные шахты, смонтированные в перекрытии в шахматном порядке. Производительность принудительной вытяжной вентиляции регулируется автоматически по температуре воздуха внутри птичника. Как варианты обеспечения оптимальной температуры в летний период наряду с увеличением воздухообмена может применяться система охлаждения и ув-

лажнения приточного воздуха [2, с. 476]. Рассмотрим варианты управления воздухообменом (вытяжная вентиляция) в птичнике в теплое время года с учетом особенностей температурного режима содержания кур.

Для плавного регулирования изменения воздухообмена в последнее время широко используются преобразователи частоты. Например, преобразователи частоты Hitachi [3] по своим функциональным возможностям не только могут изменять скорость электродвигателя в широком диапазоне, но благодаря бессенсорному векторному контролю позволяют эффективно использовать мощность двигателя, обеспечивая пусковой момент до 200 %, реализовывать плавное регулирование с помощью встроенного ПИД-регулятора. Также имеется возможность через интерфейс RS422 подключаться к стандартным интерфейсным сетям, что позволяет вести управление по сетевому протоколу. Таким образом, достаточно подключить к преобразователю частоты термометр сопротивления и благодаря настраиваемой функции ПИД-регулирования можно обеспечить плавное изменение воздухообмена.

Однако задача поддержания температуры в птичнике в теплый период осложняется тем, что нередко наблюдается перекося температурных полей, а даже незначительное превышение температуры после границы в 30 °С значительно влияет на самочувствие птицы. В этих условиях помимо преобразователя частоты для реализации управления требуется использовать современные микропроцессорные устройства. При выборе микропроцессорной техники управления определяющими параметрами являются: количество необходимых входов и выходов; простота реализации автоматического управления; ценовой показатель; параметры питания; возможность обработки сигналов датчиков и обеспечения плавного изменения сигнала на управляющем выходе.

За последние годы в промышленном производстве, в устройствах и системах управления широкое распространение получили многофункциональные, универсальные контроллеры Mitsubishi α -серии [4]. Структурная организация, набор команд и аппаратно-программные средства ввода/вывода информации α -контроллеров лучше всего приспособлены для решения задач управления простыми технологическими процессами. Полный отчет о состоянии контроллера на жидкокристаллическом дисплее позволяет полностью контролировать технологический процесс. Кроме того, наличие модулей расширения позволяет обеспечить плавное изменение регулирующего воздействия. Это позволяет использовать α -контроллер для решения задачи поддержания температурного режима в птичнике, связав его через модуль расширения с преобразователем частоты.

С помощью α -контроллера и преобразователя частоты можно реализовать несколько вариантов управления температурным режимом в птичнике. Используя дискретные выходы контроллера для связи с дискретными входами преобразователя (5 входов), можно обеспечить многоступенчатое изменение воздухообмена. Такой алгоритм управления реализован в программе α -контроллера. Сигналы с термометров сопротивления с унифицированным сигналом подаются на входы контроллера 1 и 3 (можно обработать и большее количество сигналов, но в примере реализовано два). При наличии сигнала разрешения (вход 2) происходит сравнение сигналов с датчиков и определение наибольшей температуры. Этот наибольший сигнал обрабатывается в блоке ограничения зоны и в зависимости от его величины подается сигнал на выходы контроллера, обеспечивающие переключение скорости через дискретные входы преобразо-

вателя частоты. Блоки вывода информации на дисплей использованы для вывода на дисплей контроллера измеренного наибольшего значения температуры, степени скорости и состояния входа разрешения.

Однако более приемлемым является алгоритм, когда наибольшее значение температуры (выявлено оно может быть так же, как в предыдущем случае) будет поступать на блок ПИД-регулирования (в программе контроллера), что позволит сформировать величину сигнала на выходе плавного регулирования модуля расширения, связанного с входом 0–10 В преобразователя частоты. В этом случае дискретные выходы контроллера освобождаются для реализации управления системой увлажнения или охлаждения.

В одном и другом случае требуется задать параметры в контуре ПИД-регулирования. Это в свою очередь требует проведения моделирования для определения, соответствует ли система автоматического регулирования требуемому качеству. Сегодня современные программные средства позволяют легко моделировать работу САУ (если известно математическое описание ее основных звеньев). Наиболее полные возможности для решения таких задач дает математическая матричная лаборатория Matlab, которая имеет мощные средства математически ориентированного программирования, диалога, графики и комплексной визуализации. Используя результат идентификации помещения по каналу температуры воздуха [2, с. 485], для анализа регулирования применена структурная схема рисунка. Воспользуемся блоком оптимизации, задав для варьирования параметры K_d , K_i и K_p , подобрав шаг и выбрав метод градиентов. В контуре ПИД-регулирования получили $K_d = 7,4e-005$, $K_i = 0,019$, $K_p = 27,2$ при времени регулирования 750 с и нулевых статической ошибке и запаздывании.

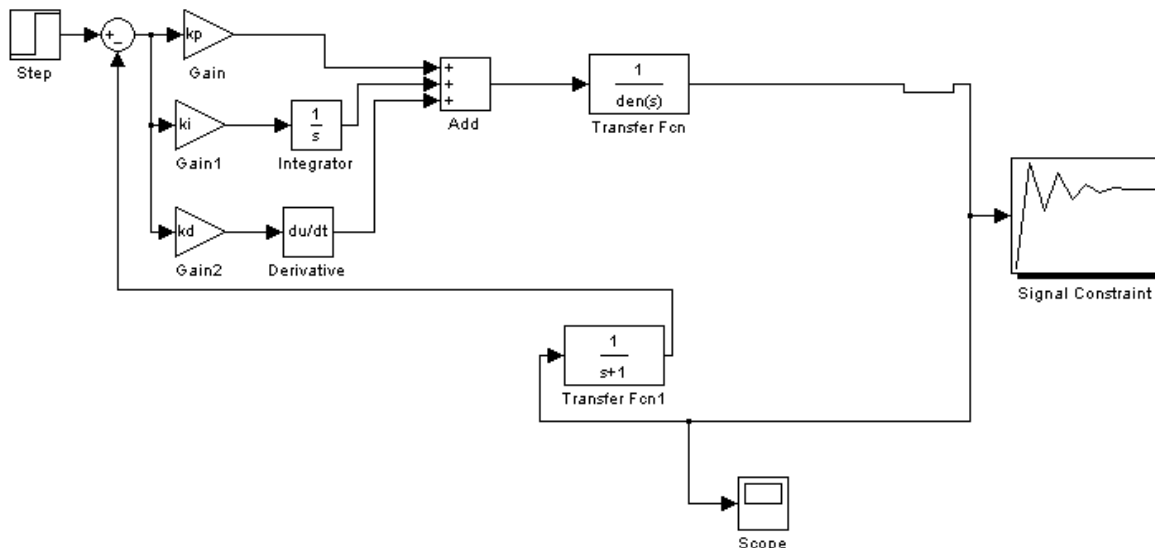


Рисунок – Структурная алгоритмическая схема САУ, адаптированная для анализа

Заключение

Таким образом, совместное использование контроллера и преобразователя частоты обеспечивает решение сложной задачи поддержания температурного режима в птичнике в теплый период, обеспечивая высокую точность при достаточной простоте программирования и настройки, а также обеспечивает снижение энергопотребления за счет точного поддержания скорости вращения вентиляторов (требуемого воздухообмена) в зависимости от значения температуры.

Список цитированных источников

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: Колос, 2003. – 344 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
3. Преобразователи частоты Hitachi: Инструкция по эксплуатации. – ВЭМЗ-Спектр, 1999. – 81 с.
4. Mitsubishi α 2: простой прикладной контроллер: руководство по аппаратной части. – Mitsubishi Electric Corporasion, 2003. – 114 с.

УДК 622.331

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, khelenek@tut.by

The condition of a question on prospects of an effective utilization of peat in the power purposes is considered. It is shown, what work is spent in Republic of Belarus within the limits of realization of the State program "Peat", the directions necessary for realization of the plan of increase of use of peat in the power purposes are designated.

Введение

Для обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь предусматривается к 2020 году обеспечить производство 25 % тепловой и электрической энергии за счет использования местных, возобновляемых и альтернативных источников энергии. Торф и древесное топливо являются наиболее востребованными в малой энергетике и сельском хозяйстве топливно-энергетическими ресурсами. Поэтому к 2020 году доля торфа в общем объеме котельно-печного топлива должна составить не менее 4,3 %. Для сравнения: доля торфяного топлива при производстве электроэнергии в Финляндии в 2006 году составила 5,3 %, тепловой энергии – 17,5 %. По оценкам специалистов, в Беларуси общая площадь торфяного фонда составляет 2,4 млн. га с геологическими запасами около 4 млрд. тонн торфа. Мировой опыт использования торфа, широкая распространенность ресурсов торфа в Беларуси доказывают необходимость повышения эффективности и объемов использования этого природного сырья в энергетике.

В качестве топлива торф применяется в следующих видах:

- фрезерный (измельченный) или топливный торф в виде россыпи для сжигания во взвешенном состоянии.
- торфяной брикет, высококалорийный продукт большой степени прессования на технологическом оборудовании, заменяет каменный уголь;
- кусковой (полубрикет) торф, малой степени прессования, производимый непосредственно на торфяной залежи;

– торфяные гранулы (пеллеты), изготавливаемые из торфа для топлива размером 6, 8, 12 мм, как правило, для твёрдотопливных отопительных котлов, управляемых автоматикой.

Основная часть

Анализ потребления торфяного топлива в республике показывает, что наибольшим спросом пользуется торфяной брикет. Так, по статистическим данным за 2008 год в балансе использования торфа в энергетических целях в стране доля топлива, отпущенного населению, составила 55,3 %, из них 65,9 % – брикеты. При полном обеспечении потребности внутреннего рынка предприятия торфяной отрасли осуществляют поставку торфобрикетов на экспорт (Литва, Латвия, Эстония, Польша, Словакия, Швеция, Финляндия и другие).

В Республике Беларусь согласно Государственной программе "Торф" на 2008-2010 гг. и на период до 2020 года предусмотрен рост объемов потребления торфа в энергетических целях, что предполагает увеличение численности эксплуатационных площадей добычи торфа в 2 раза. Для увеличения объема и эффективного использования торфяного топлива планируется ввод в эксплуатацию крупных и средних энергоисточников и реконструкция новых типа мини-ТЭЦ, также его потребление на малых энергоисточниках организаций коммунального и сельского хозяйства, расположенных вблизи от торфодобывающих предприятий.

Прогноз объемов добычи торфа для энергетических целей в республике на период до 2020 г., по данным Министерства энергетики, представлен на рис. 1.

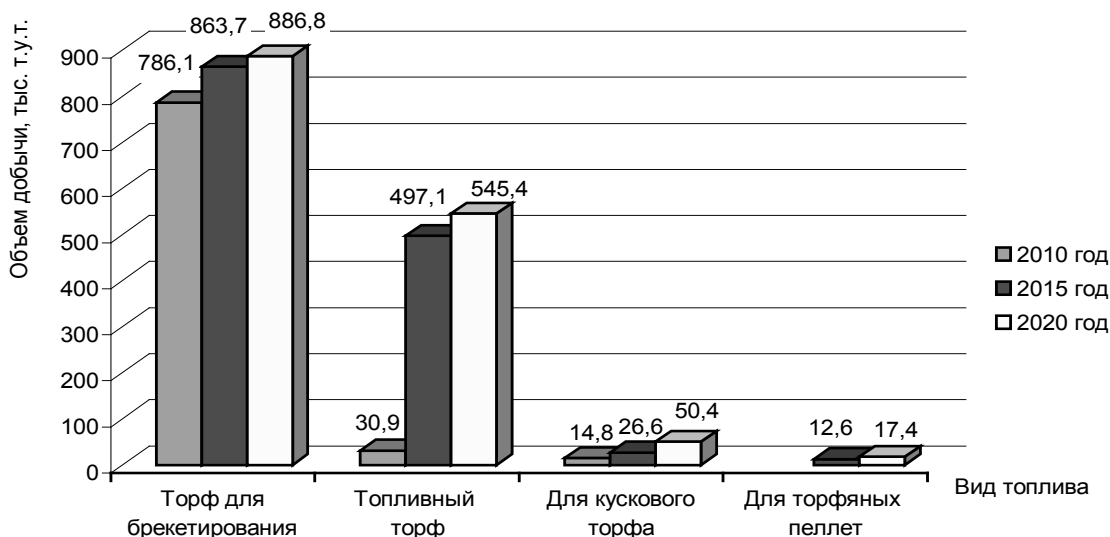


Рисунок 1 – Прогноз объемов добычи торфа для энергетических целей в республике на период до 2020 года

Прогноз использования видов торфяного топлива в республике на период до 2020 года, по данным Министерства энергетики, представлен на рис. 2.

В настоящее время перспективным направлением является увеличение объема использования торфа кускового. Основные потребители данной топливной продукции - это организации коммунального хозяйства, социальной сферы и здравоохранения. Производство кускового торфа требует меньших затрат по сравнению с топливными брикетами, поскольку процесс его формирования и сушки осуществляется непосредственно на полях добычи торфа в естественных условиях. Для увеличения объемов потребления данного вида топлива в республике целесообразным является создание крупных коммуналь-

ных и производственных котельных, работающих на кусковом торфе. С целью расширения использования местных видов топлива в республике планируется освоение производства торфяных пеллет, топлива с однородным качеством и высокой калорийностью, удобного и эффективного в применении. Их производят путем прессования фрезерного торфа без использования каких-либо связующих, что делает их безвредными для окружающей среды. Пеллеты являются энергетически стабильным, безотходным и экологическим видом топлива. Как показывает мировой опыт, можно полностью автоматизировать процесс потребления торфяных пеллет, при эксплуатации специальных бытовых и промышленных котельных. Следует отметить, что странами-лидерами в потреблении торфяных пеллет являются США, Швеция, Дания, Германия, Англия, Австрия. Европа использует этот вид топлива в объеме около 4 млн. тонн в год. В среднем в Евросоюзе потребление торфяных пеллет увеличивается на 15 % в год, а в Швеции — на 30 %.

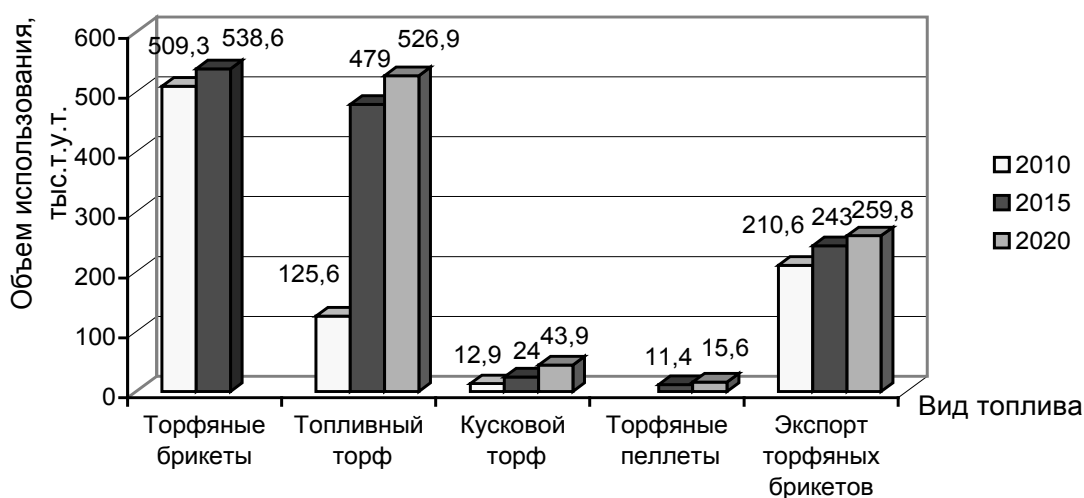


Рисунок 2 – Прогноз использования видов торфяного топлива в республике на период до 2020 года

Заключение

Анализ состояния вопроса о перспективах эффективного использования торфа в энергетических целях показывает, что необходимо стремиться к реализации следующих направлений:

- осуществление мероприятий по техническому переоснащению и модернизации производства топлива из торфа с целью повышения производительности и снижения энергоемкости;
- увеличение количества энергоисточников, работающих на торфяном топливе;
- разработка и внедрение отечественного высокотехнологичного оборудования для производства кускового торфа и торфяных пеллет;
- внедрение новых технологий по снижению зависимости добычи торфа от погодных условий сезона, расширению его временных рамок;
- обеспечение качества продукции в соответствии с запросами потребителей;
- активная популяризация среди потенциальных потребителей торфяного топлива преимуществ его использования;
- внедрение современного оборудования и технологии, позволяющих проводить многостадийный процесс сжигания, а также способствующих снижению количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА ПЛОЩАДКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Лукашевич А.Г., Михалычева Э.А., Трифонов А.Г.

Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь, tral@sosny.bas-net.by

This paper presents the methodology of calculation of wind energy potential taking into account of complicated relief, artificial obstacles and surface roughness and meteorological data. The presented methodology estimates the wind resource ranges over a large area (regional assessment) to the prediction of the average yearly energy production of a wind turbine and mutual turbine influence at the structure of wind power station.

Введение

Дефицит собственных ископаемых топливных ресурсов в Беларуси, особенности экономических взаимоотношений с поставщиками топлива и энергии из других стран требуют изменения подходов к обеспечению республики топливно-энергетическими ресурсами. Одним из наиболее перспективных и распространенных нетрадиционных источников энергии является ветер. Использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) поможет решить экологические и экономические проблемы энергетики, связанные с использованием угля, нефти, газа или других дорогостоящих энергоносителей. Поскольку средняя скорость ветра на территории Республики Беларусь относительно невысокая, около 4,3 м/с, то актуальным становится тщательный выбор места расположения ветроэнергетической станции (ВЭС). Тщательный учет не только метеорологических условий местности, но и условий рельефа, застройки и шероховатости поверхности позволяет выбрать площадки для расположения ВЭУ и ВЭС, где скорость ветра значительно превышает фоновую, следовательно, можно использовать большую энергию ветрового потока и получить лучшие технико-экономические показатели ветроустановок.

Применение компьютерной методики выбора перспективных площадок для расположения ветроэнергетических установок

В работе представлено применение компьютерной методики выбора перспективных площадок для расположения ветроэнергетических установок, которая учитывает влияние сложного рельефа местности, искусственных препятствий и шероховатости поверхности земли на формирование ветрового климата в исследуемом регионе. Представленная методика оценивает как среднюю энергию ветра в достаточно большом регионе, так и предсказывает среднее годовое производство энергии определенной ветротурбины, расположенной на определенной площадке местности.

Мощность ВЭУ увеличивается по мере увеличения скорости ветра до максимального значения – номинальной мощности, после чего она поддерживается по возможности постоянной. Для ВЭУ с заданной кривой мощности

$P(u)$ средняя вырабатываемая мощность в данном месте определяется с использованием функции распределения скорости ветра $f(u)$ на высоте башни ВЭУ по формуле:

$$P = \int_0^{\infty} \text{Pr}(u) P(u) du . \quad (1)$$

Функция $f(u)$ определяется либо экспериментально, либо на основе метеоданных близлежащих станций. Если функция распределения скорости ветра $f(u)$ аппроксимируется функцией Вейбулла, то выражение для средней мощности ВЭУ имеет вид

$$P = \int_0^{\infty} \left(\frac{k}{A} \right) \left(\frac{u}{A} \right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) P(u) du , \quad (2)$$

где A и k – коэффициенты Вейбулла.

Функция распределения ветра по скоростям, аппроксимируемая аналитической двухпараметрической функцией Вейбулла, требуется при решении большинства практических задач ветроэнергетики. С ее помощью определяется удельная мощность ветрового потока

$$E(u) = \rho u^3 \cdot f(u)/2, \quad (3)$$

где $f(u)$ – распределение Вейбулла, определенное для данного места, ρ – плотность воздуха.

В работе с использованием программного комплекса WASP определен ветровой потенциал площадки, расположенной вблизи д. Жиличи (Логойский район Минской обл.). Для трех ветроэнергетических установок, входящих в состав ВЭС станции, были рассчитаны угловые характеристики площадок, характеристики ветра и суммарная годовая выработка энергии ВЭУ для каждой ветротурбины, а также учтено взаимовлияние ветроустановок в составе станции. Ветростанция расположена на высоте приблизительно 280,0 м. над уровнем моря. Средняя мощность и ежегодное производство энергии были оценены для ветроустановок с высотой центра ветроколеса 80 м. Результаты расчета суммарной годовой выработки энергии ВЭС и вычисления суммарной годовой выработки энергии ВЭУ для трех турбин представлены в таблице, оцифрованный рельеф, эффекты экранирования ветроустановок, поле скоростей ветра и шероховатость поверхности на площадке д. Жиличи показаны на рисунке.

Таблица – Результаты вычисления годовой выработки энергии ВЭС

Площадка	Координаты размещения, м	Тип турбины	Высота над уровнем моря, м	Высота ветроколеса, м	Суммарная годовая выработка энергии, ГВтч
Турбина 1	(549607,6, 6010868,0)	Vestas 850 кВт	287	80	3,370
Турбина 2	(550011,0, 5010703,0)	Vestas 850 кВт	299	80	3,303
Турбина 3	(549256,0, 6010027,0)	Vestas 850 кВт	263	80	3,171

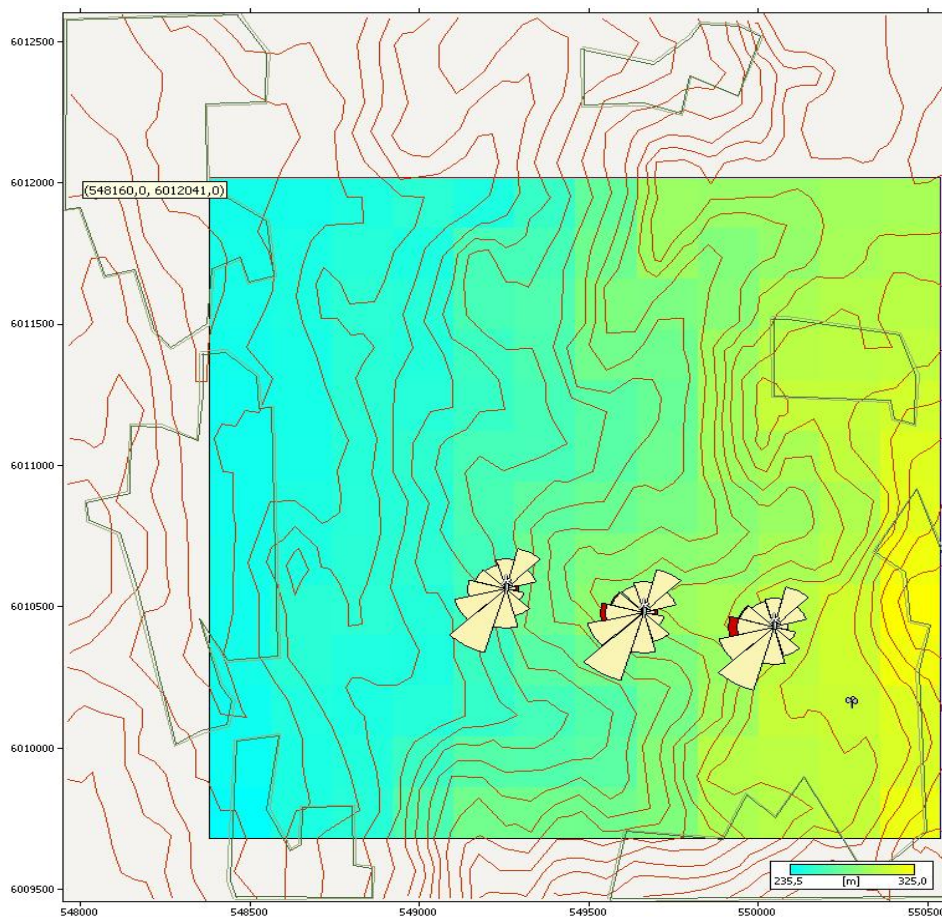


Рисунок – Оцифрованный рельеф, эффекты экранирования ветроустановок, скорость ветра и шероховатость поверхности на площадке д. Жиличи

Заключение

Эффективность использования энергии ветра в значительной степени зависит не только от потенциальных ресурсов ветра, но и от выбора места установки ветроагрегата. Предварительная оценка ветрового климата в предполагаемом районе размещения ВЭУ и определение ветропотенциала с учетом влияния сложного рельефа местности, искусственных препятствий и шероховатости поверхности повышает эффективность строительства и эксплуатации ветроэнергетических установок и станций.

Список цитированных источников

1. Astrup P, Mikkelsen T, Jensen N. A fast model for mean and turbulent wind characteristics over terrain with mixed surface roughness/ Astrup P., Mikkelsen T., Jensen N. // Radiation Protection Dosimetr. – New York, 1997. – V. 73, № 1–4. – P. 257—260.
2. Иванова, Л.А. Использование модели атмосферного пограничного слоя для расчета ветровых характеристик и оценки ветровых ресурсов/ Л.А. Иванова, Е.Д. Надежина, А.В. Стеризат, О.Б. Шкляревич // Метеорология и гидрология. – Москва, 1997. – № 5. – С. 34–38.
3. A. Trifonov. Application of wind climate numerical modeling for the assessment of wind energy resource and evaluation of the potential wind power output from wind turbine installations / A. Trifonov, E. Mikhalycheva, A. Lukashevich, A. Andrijevskij // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – Minsk, 2009. – Vol. 2. – P. 193–198.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Медведева О.Н.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет», г. Саратов, Российская Федерация, medvedeva-on@mail.ru

The article contains algorithm of the scientific substantiation of optimum parameters of reservoir systems liquefied petroleum gas, provides guidance on the choice of performance and the volume of LPG reservoirs.

Введение

В настоящее время широкое применение находят системы энергоснабжения потребителей с использованием сжиженного углеводородного газа (СУГ), применение которого в качестве энергоносителя для бытовых и хозяйственных нужд, технологических процессов и установок в полной мере отвечает социальным, экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям. Указанное обстоятельство, в сочетании с высоким уровнем автономности и инженерного сервиса, обуславливает широкие перспективы применения СУГ в качестве первичного энергоресурса для населенных пунктов и сопутствующих им объектов АПК и социальной инфраструктуры, удаленных от опорных пунктов энергоснабжения.

Основная часть

Эффективная организация снабжения потребителей сжиженным газом от подземных резервуарных установок с естественной регазификацией продукта требует научного обоснования технологических параметров указанных установок. При заданной величине паропроизводительности резервуаров $G_{расч}$ к таким определяющим параметрам относятся: геометрический объем резервуаров V_p , их количество в групповой установке n , расчетный уровень заполнения резервуаров газом перед очередной заправкой $\phi_{расч}$ [1] и другие. Для разработки алгоритма по выбору расчетных эксплуатационных параметров резервуарных установок воспользуемся следующими исходными предпосылками. При заданном температурном напоре между грунтом и сжиженным газом Δt резервуарная установка обеспечивает расчетную паропроизводительность при соответствующем уровне заполнения резервуаров газом. При этом подразумевается, что заправка резервуаров производится своевременно при достижении расчетного уровня заполнения. Если по каким-то причинам (погодным или дорожным условиям) своевременная заправка газом не может быть обеспечена, резервный объем газа в резервуарах должен гарантировать пятисуточную эксплуатацию установки при работе на пониженном режиме газопотребления в объеме 70 % от номинальной величины [2]. Приведенный алгоритм реализует следующая система уравнений:

$$G_{расч} = f(V_p, n, \alpha, \phi_{расч}, \Delta t, \lambda_{эп}); \quad (1)$$

$$G_{ост} = f(V_p, n, \alpha, \phi_{ост}, \Delta t, \lambda_{эп}); \quad (2)$$

$$0,7G_{расч} \cdot 24 \cdot \tau = V_p \cdot n \cdot \rho_{ж} (\phi_{расч} - \phi_{ост}), \quad (3)$$

где α – коэффициент тепловой интерференции резервуаров при групповом размещении; $\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·К); $\rho_{ж}$ – плотность жидкой фазы сжиженного газа, кг/м³; $\phi_{ост}$ – остаточный (резервный) уровень заполнения резервуаров газом.

Результаты для групповых установок, оборудованных вертикальными подземными резервуарами оптимального типоряда, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные эксплуатационные параметры резервуарных установок

Расчетные параметры установки	Количество резервуаров в установке n, шт					
	1	2	3	4	5	6
РПВ - 1.3, $G_{расч}$, кг/ч	3.1	5.5	7.2	8.2	9.3	10.2
$\phi_{расч}$, %	59.8	55.2	49.8	45.8	41.2	37.5
$\phi_{ост}$, %	26.7	25.4	24.0	23.8	21.1	19.3
РПВ - 1.7, $G_{расч}$, кг/ч	3.2	5.7	7.4	8.4	9.6	10.5
$\phi_{расч}$, %	55.2	51.0	46.0	42.3	38.2	34.8
$\phi_{ост}$, %	29.2	27.6	25.7	25.1	22.4	20.4
РПВ - 2.3, $G_{расч}$, кг/ч	3.3	5.9	7.7	8.7	9.9	11.0
$\phi_{расч}$, %	8.3	44.6	40.3	37.1	33.6	30.8
$\phi_{ост}$, %	28.3	26.7	24.5	23.8	21.4	19.6
РПВ - 3.0, $G_{расч}$, кг/ч	3.4	6.2	7.9	9.1	10.5	11.6
$\phi_{расч}$, %	40.2	37.2	33.7	30.9	28.2	26.1
$\phi_{ост}$, %	24.2	22.9	21.2	20.4	18.5	17.1
РПВ - 3.8, $G_{расч}$, кг/ч	3.6	6.	8.4	9.5	10.9	-
$\phi_{расч}$, %	30.9	28.7	26.1	23.9	22.1	-
$\phi_{ост}$, %	17.8	16.9	15.8	15.3	14.0	-
РПВ - 4.7, $G_{расч}$, кг/ч	3.8	6.8	8.8	9.9	-	-
$\phi_{расч}$, %	20.5	19.2	17.5	16.1	-	-
$\phi_{ост}$, %	9.4	9.2	8.8	8.7	-	-

Как видно из табличных материалов, расчетная паропроизводительность может быть обеспечена несколькими вариантами резервуарных установок. Так, например, производительность $G_{расч}=7$ кг/ч обеспечивает установка из двух резервуаров объемом по 4,7 м³ при расчетном уровне заполнения 19 %, установка из трех резервуаров объемом по 3,8 м³ при расчетном уровне заполнения 27 %, установка из трех резервуаров объемом по 3,0 м³ при расчетном уровне заполнения 33 % и т.д. При одинаковой паропроизводительности установки с резервуарами большего объема требуют больших капвложений, вместе с тем с увеличением объема резервуаров снижаются затраты по эксплуатации резервуарных установок за счет уменьшения годового количества заправок.

Примем в качестве целевой функции задачи удельные (на единицу паропроизводительности) затраты в сооружение и эксплуатацию резервуарных установок

$$Z = \frac{1}{G_{расч}} (K + И \sum_{t=1}^T (1 + E)^t), \quad (4)$$

где K – капитальные вложения в резервуарную установку, руб; $И$ – годовые расходы по эксплуатации резервуарной установки, руб/год; t – расчетный год эксплуатации; T – срок службы установки; E – коэффициент эффективности капиталовложений, $1/\text{год}$.

Капитальные вложения в варианты резервуарных установок определялись по данным сметно-финансовых расчетов. В составе эксплуатационных расходов учитывались: отчисления на капитальный и текущий ремонты установок, стоимость их обслуживания, стоимость заправок резервуаров [2]. При заданных значениях $G_{расч}$ и n оптимальный объем одиночного резервуара находится из условия Z_{min} . Влияние неопределенности конвертирования стоимостных факторов в расчетах учитывается с помощью двух уровней функции затрат. Как показывают результаты, с учетом неопределенности исходной информации диапазон равноэкономичных объемов резервуаров для индивидуальных установок ($n=1$) включает в себя два типоразмера резервуаров РПВ-3,0 и РПВ-2,3. Групповые установки при $n=2$ включают в себя резервуары РПВ-2,3 и РПВ-1,7. Групповые установки при $n=3$ – резервуары РПВ-1,7 и РПВ-1,3. Оптимальный объем резервуаров в групповой установке при $n=4, 5, 6$ составляет $1,3 \text{ м}^3$, что соответствует минимальному объему резервуаров для оптимального типоразмера.

Заключение

Как показывает анализ результатов исследований, применение установок на базе подземных вертикальных резервуаров РПВ-3,8 и РПВ-4,7 в системах с естественной регазификацией СУГ экономически нецелесообразно. При равенстве затрат в сооружение и эксплуатацию установок предпочтение следует отдавать резервуарам большего объема, которые обеспечивают более высокую паропроизводительность (табл. 2).

Таблица 2 – К выбору оптимального объема резервуаров сжиженного газа

Количество резервуаров в групповой установке n , шт.	1	2	3	4 и более
Оптимальный объем резервуара $(V_p)_{opt}$, м^3	3,0	2,3	1,7	1,3

Внедрение результатов исследований в проектную и эксплуатационную практику повышает экономичность и надежность систем газоснабжения на базе резервуарных установок сжиженного газа с естественной регазификацией.

Список цитированных источников

1. Шамин, О.Б. Паропроизводительность подземных резервуарных установок сжиженного газа с вертикальным размещением резервуаров / О.Б. Шамин // Совершенствование архитектурных решений строительных конструкций, технологий и организации строительства: Межвуз. научн. сб. – Саратов: СГТУ, 1997.
2. Курицын, Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом / Б.Н. Курицын. – Саратов: СГУ, 1988. – 196 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Олейник О.А.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, olyunchiki@mail.ru

The analysis of the thermal method of disinfection of industrial sewage has been made. The possibility of sewage disinfection with the mechanism of pulsation combustion has been researched.

Введение

На химических предприятиях образуются сточные воды, содержащие соли кальция, магния, натрия и др. Для очистки минерализованных сточных вод в основном используют термические методы, которые позволяют выделить из стоков соли с получением условно чистой воды, пригодной для оборотного водоснабжения.

К установкам термического обезвреживания минерализованных сточных вод предъявляются следующие требования:

- обеспечение снижения концентрации вредных веществ в очищаемой воде до значений, меньших ПДК;
- незначительная чувствительность к составу стоков;
- надежность и экономичность в работе;
- возможность утилизации тепла;
- высокая производительность.

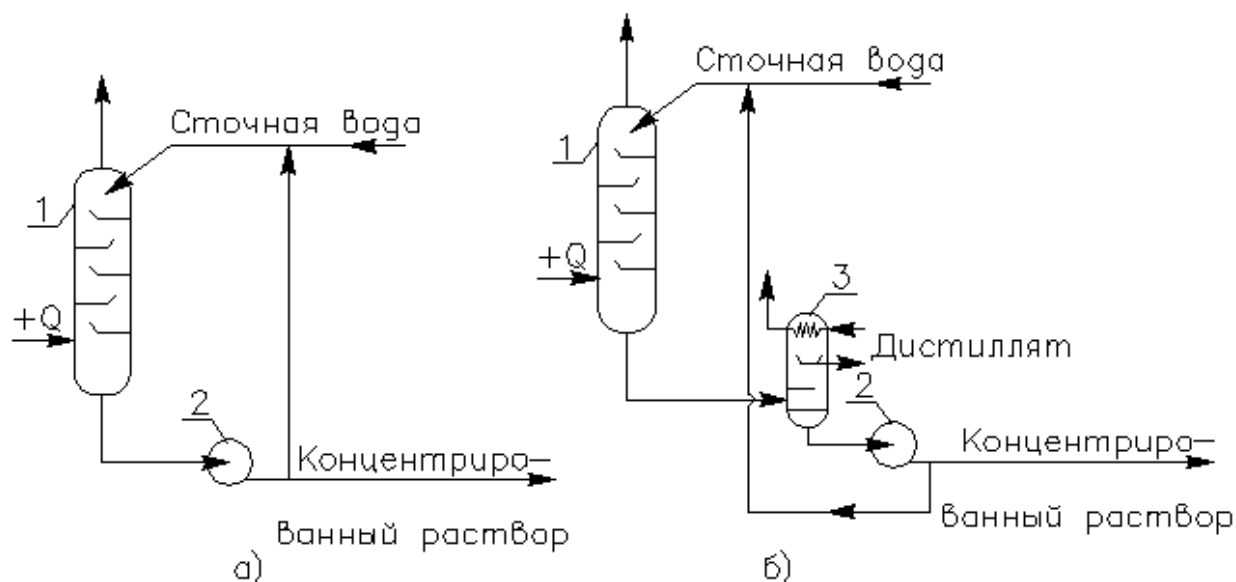
Установки для термического концентрирования сточных вод

Для обработки промстоков используют однокорпусные и многокорпусные выпарные установки (наиболее распространены 4-5-корпусные установки с расходом тепла по пару 600 кДж на 1 кг влаги).

Отложение солей на поверхности теплообмена приводит к увеличению расхода тепла, уменьшению производительности установки и усложнению ее эксплуатации. Это является препятствием для использования выпарных установок для концентрирования некоторых сточных вод.

Для упаривания сточных вод ряда производств применяют выпарные установки с контактными аппаратами. В них осуществляется непосредственный контакт между теплоносителями и сточной водой. Для нагрева воды могут быть использованы газообразные, жидкие и твердые теплоносители.

Установки могут быть одноступенчатыми и многоступенчатыми. В одноступенчатых установках испарение происходит в аппарате, образующиеся пары уносятся теплоносителем, или в контактном аппарате происходит лишь нагревание воды, а испарение – в адиабатной ступени.

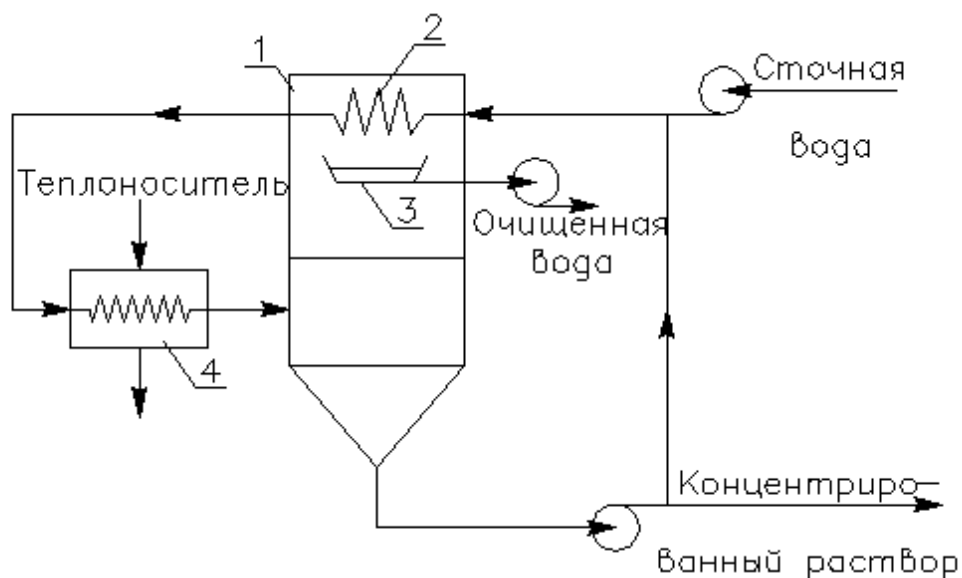


1 – контактный теплообменник; 2 – насос; 3 – адиабатный испаритель

Рисунок 1 – Контактные выпарные установки:

а) испарение в камере теплообменника, б) испарение в адиабатной ступени

Адиабатные испарительные установки. Эти установки называют установками мгновенного испарения. В них раствор концентрируется вследствие испарения перегретой жидкости, подаваемой в камеру, давление в которой ниже давления насыщения, соответствующего температуре поступающей в камеру жидкости.



1- камера испарения; 2- конденсатор; 3 - поддон; 4 - подогреватель

Рисунок 2 – Одноступенчатая адиабатная испарительная установка

Сточная вода насосом перекачивается через конденсатор 2, где предварительно нагревается образующимися при испарении парами. Далее вода подается в подогреватель 4, из которого направляется в камеру испарения 1. Из камеры испарения раствор насосом подается частично на рециркуляцию, а частично на последующее испарение. Дистиллят, стекающий в поддон 3, насосом направляется потребителю. Основной недостаток рассмотренных установок – необходим большой расход теплоты (то есть топлива, сжигаемого в огневых установках) для обеспечения процесса очистки.

Вывод

Анализ метода термического концентрирования промышленных сточных вод позволяет сделать следующее заключение: необходимы высокоэффективные топочные устройства для обезвреживания сточных вод. Высокоэффективным способом сжигания топлива является пульсирующее горение. Необходима разработка установки для термического концентрирования сточных вод с использованием процесса пульсирующего горения.

Список цитированных источников

1. Техника защиты окружающей среды / Н.С. Торочешников Н.С. [и др.]. – Москва: Химия, 1981. – 368 с.

УДК 662.986

ИННОВАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Павленко С.Н.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

New installation so called steamgas generator is discribed in this article. It is protected by some patents of invention. This installation use pulsatory combustion. The steamgas generator is applied in industry for heart moisture processing of building materials.

Введение

На основе анализа современного состояния систем термовлажностной обработки строительных материалов и методов по их усовершенствованию можно сделать вывод о целесообразности разработки высокоэффективного парогазогенератора для использования его в этих системах.

Для поддержания температурно-влажностного режима используется большое количество теплоты. Она образуется, как правило, в котельных и в виде горячего пара определенных параметров, подается на объект воздействия. Таким образом, для тепловлажностной обработки требуется собственная котельная или подсоединение к магистральным паропроводам [6]. Топочные устройства котельных, использующие традиционные способы сжигания топлива, имеют достоинства и недостатки и позволяют определить пути поиска новых высокоэффективных источников теплоты [5].

В условиях усиления работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов особого внимания заслуживает новый высокоэффективный теплоноситель — так называемый парогаз. Парогаз — это смесь продуктов сгорания и водяных паров. Устройства, в которых производится парогаз, называют парогазогенераторами. Парогазогенераторы предназначены для термовлажностной обработки различных изделий [1...4].

Основная часть

В Брестском государственном техническом университете, в научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» под руководством д.т.н. профессора В.С. Северянина разработан парогазогенератор на основе пульсирующего горения топлива (жидкого или газообразного).

Источник теплоты — камера пульсирующего горения (КПГ), она 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.

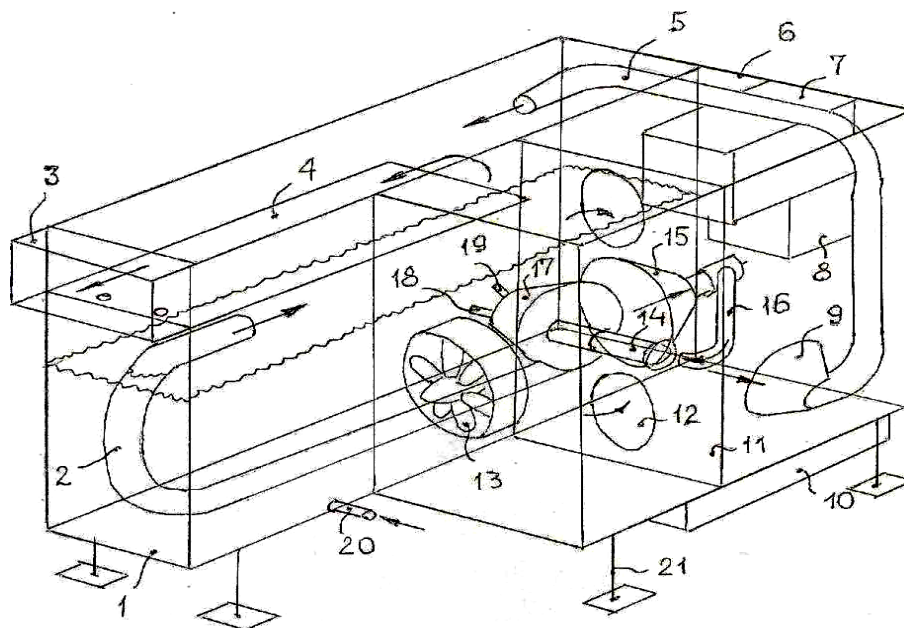
Конструкция парогазогенератора (ПГГ) (см. рисунок) представляет собой КПГ (камера воспламенения, резонансная труба, аэродинамический клапан, форсунка, пусковая электросвеча, топливный насос), погруженную в водяную ванну с элементами подачи воды (поплавковый регулятор уровня, дренаж, перелив).

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 (накись, 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.

Первый пилотный образец ПГГ, который был собран совместными усилиями лаборатории «ПУЛЬСАР» и стройтреста № 8 г. Бреста, был установлен на одной из пропарочных камер СУ-262. Перед вводом в эксплуатацию 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. После проведения приемочных испытаний 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).



- | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|
| 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 – Парогазогенератор

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 (до этого термическая обработка производилась передвижными нагревателями воздуха типа REMINGTON и представляла собой фактически сушку горячим воздухом). Выросли объемы выпуска железобетонных изделий при значительном повышении их качества».

В данный момент автором статьи под руководством научного руководителя д.т.н. профессора В.С. Северянина ведется разработка физико-математической модели процесса получения водяного пара контактным методом в пульсирующем потоке, которая позволит определить оптимальные основные геометрические размеры парогазогенератора.

Заключение

Применение парогазогенераторов позволит производить не только полноценную термическую обработку железобетонных изделий с соблюдением нормативных температурных и влажностных режимов, а также приведет к удешевлению выпускаемой продукции и экономии расхода топлива на производство единицы продукции за счет использования высокоэффективного теплоносителя — парогаса. Их можно использовать не только в заводских условиях, но и непосредственно на строительных площадках.

Список цитированных источников

1. Северянин, В.С. Парогазогенератор с пульсирующим горением / В.С. Северянин, Ю.П. Дьяконов, С.Н. Павленко // Инженер-механик. – 2008. – № 1(38). – С. 31.
2. Парогазогенератор: патент РБ № 5854 – F 22 В 1/00 / В.С. Северянин, С.Н. Павленко, Е.Н. Тромза, В.С. Партин. – 2009.
3. Парогазогенератор: патент РБ № 4935. – F 22 В 1/00 / В.С. Северянин, Ю.П. Дьяконов, И.А. Черников, М.Г. Горбачёва, С.Н. Павленко, Е.Н. Тромза, В.С. Партин – 2008.
4. Парогазогенератор: патент РБ № 6988. – F 22 В 1/00 / В.С. Северянин, В.М. Ракецкий, С.Н. Павленко. – 2010.
5. Попов, В.А. Технологическое пульсационное горение / В.А. Попов, В.С. Северянин. – Москва: ЭАИ, 1993.
6. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1986.

УДК631.171

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОЗДУХА В ПТИЧНИКЕ

Пашкевич А.П., Якубовская Е.С.

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь, asup_ylena@list.ru

In article is considered the microprocessor central air which realizes algorithm of management of the equipment forced ventilation on the periods of year. The microprocessor control system as have shown results of modelling, provides high accuracy of maintenance temperature and humidity mode in a poultry-farming premise, decrease energy consumption at the expense of partial recirculation air.

Введение

Условия микроклимата определяют продуктивность птицы. Птица отличается от животных более интенсивным обменом веществ. Поэтому в этом случае требуется точное поддержание параметров микроклимата. В соответствии с технологическими требованиями значение температуры должно поддерживаться на уровне 16-18 °С, влажность – 60-70 %, значение воздухообмена зависит от времени года (на 1 кг живого веса в м³: зимний - 1,0–1,4, переходный - 2,8–3,4, летний - 4,4–4,8), концентрация вредных газов в воздухе не должна превышать: углекислоты — 0,25 %, аммиака 15 мг/м, сероводорода — 5 мг/м. Оптимальная скорость движения воздуха в птичниках от 0,3 (в холодный период года) до 1,0 м/с (в теплый период года) [1, с. 273]. Поэтому и работа систем обеспечения микроклимата в птичнике определяется периодом года. Поддержание заданной температуры обеспечивается за счет обогрева – в холодный период, в теплый период – либо за счет повышения воздухообмена, либо за счет охлаждения приточного воздуха, влажности – либо за счет увлажнения непосредственно в помещении, либо на притоке, содержание вредных веществ – за счет требуемой величины воздухообмена. Таким образом, рационально использовать систему кондиционирования воздуха на при-

токе в птичник, которая обеспечит поддержание требуемых величин воздухообмена и параметров микроклимата, но потребует применения системы управления, обеспечивающей автоматизацию управления оборудованием такой системы по периодам года. Пути обеспечения энергосбережения в данном случае могут быть: установка требуемого воздухообмена по сигналам датчиков изменением скорости привода вентилятора с помощью преобразователя частоты; минимизация подачи воздуха в помещение по CO₂ зимой; устройство тепловых завес; снижение температуры удаляемого из помещения воздуха путем утилизации тепла в теплообменниках [2, с. 478]. Рассмотрим рациональный алгоритм управления оборудованием с учетом обеспечения энергосбережения.

Основная часть

Автоматическое регулирование температуры насыщенного воздуха после брызгоотделителя осуществляется с целью поддержания влагосодержания воздуха в помещении путем изменения подачи воды к форсункам (рисунок). В зимнее время одновременно вводится воздействие по расходу теплоносителя в калорифер первого подогрева и соотношению расходов воздуха, проходящего через калорифер и по обводному патрубку. Для обеспечения необходимого качества регулирования применена двухконтурная структура автоматической системы регулирования с использованием в качестве дополнительного сигнала изменения температуры воздуха после калорифера первого подогрева. Контроллер 3д (например, AL2-24-MR-D [3]) воспринимает сигнал об изменении температуры после калорифера и вырабатывает регулирующий сигнал, направленный на компенсацию возникающего изменения входных и промежуточных параметров. Если этого воздействия оказывается недостаточно для стабилизации выходной величины, контроллер 3д вырабатывает добавочный корректирующий сигнал для доводки выходного параметра до заданного значения. Температура воздуха после калорифера и после брызгоотделителя измеряется термометрами 3а и 2б. По их показаниям контроллер 3д формирует регулирующий сигнал, который поступает к исполнительным механизмам 3м и 3н. В летнее время исполнительные механизмы 3л и 3м отключаются.

Автоматическое регулирование температуры воздуха в кондиционируемом помещении осуществляется в зимнее время путем изменения подачи теплоносителя к калориферу второго подогрева и соотношения расходов воздуха, проходящего через калорифер и по обводному патрубку. В летнее время регулирование осуществляется путем изменения подачи воздуха 2-й рециркуляции из помещения в смесительную камеру № 2. Для обеспечения требуемого качества поддержания температуры, а, следовательно, и влажности воздуха в помещении применена двухконтурная система регулирования с использованием в качестве дополнительного сигнала в зимнее время изменения температуры воздуха в смесительной камере № 2 после калорифера второго подогрева, а в летнее время — температуры воздуха после брызгоотделителя. Температура воздуха измеряется термодатчиками 3б, 5а и 5б. В зимнее время контроллер 5д воспринимает сигналы изменения температуры воздуха в смесительной камере № 2 и в кондиционируемом помещении, вырабатывает стабилизирующее воздействие в зависимости от второго сигнала. Выходной сигнал передается мембранному исполнительному механизму 5ж, представляющему секционную заслонку перед калорифером второго подогрева, и регулирующему клапану 5з на подаче теплоносителя в калорифер.

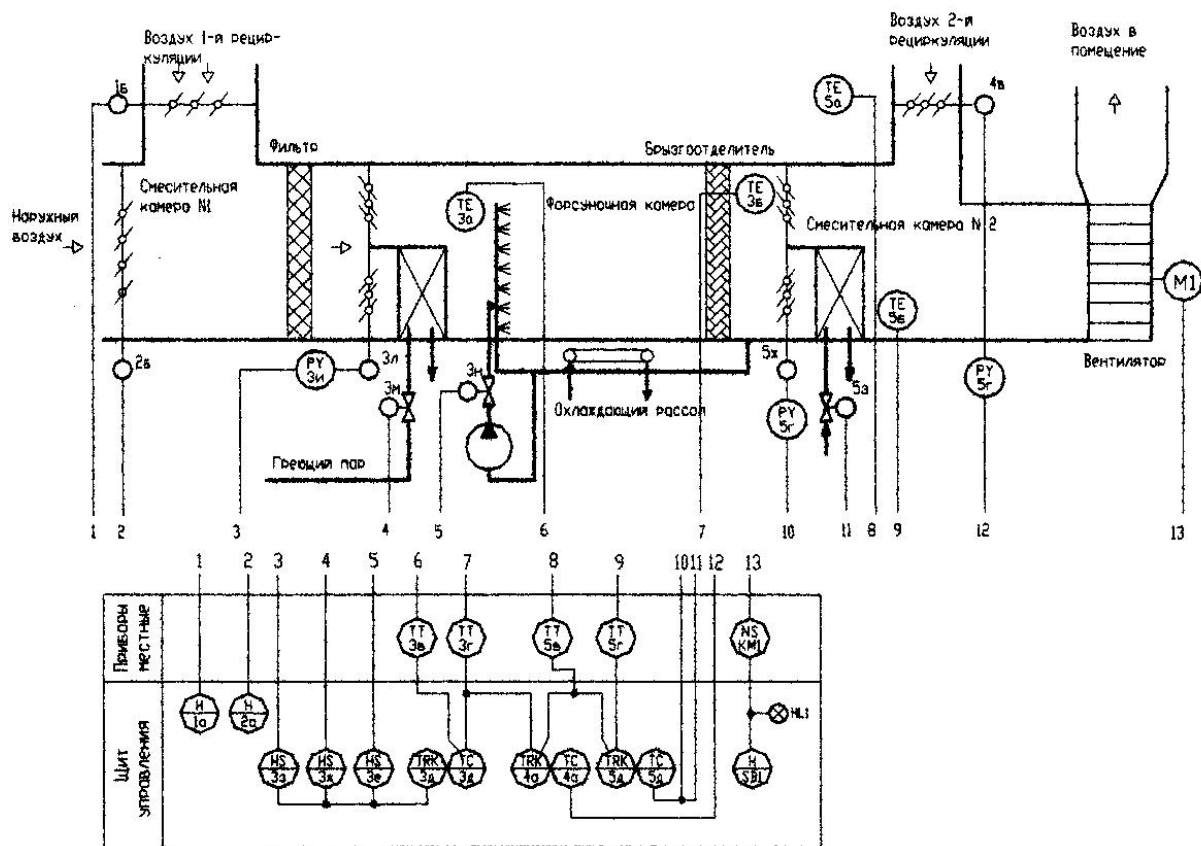


Рисунок – Схема автоматизации системы кондиционирования воздуха

Воздухопроизводительность вентилятора целесообразно изменять с помощью преобразователя частоты (например, Hitachi [4]), управляющее воздействие на который подает контроллер в зависимости от времени года.

Заключение

Предложенная микропроцессорная система кондиционирования приточного воздуха реализует алгоритм управления оборудованием приточной вентиляцией, который разделен по периодам года. Для обеспечения требуемого качества поддержания температуры и влажности воздуха в помещении применена двухконтурная система регулирования с использованием в качестве дополнительного сигнала в зимнее время изменения температуры воздуха во второй смесительной камере, в летнее время – температуры воздуха после брызгоотделителя. Микропроцессорная система управления, как показали результаты моделирования, обеспечивает высокую точность поддержания температурно-влажностного режима в птицеводческом помещении, снижение энергопотребления за счет частичной рециркуляции воздуха и поддержания требуемой величины воздухообмена в зависимости от периода года и показаний датчиков, устанавливаемых в помещении.

Список цитированных источников

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: Колос, 2003. – 344 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 592 с.
3. Mitsubishi α2: простой прикладной контроллер: руководство по аппаратной части. – Mitsubishi Electric Corporation, 2003. – 114 с.
4. Преобразователи частоты Hitachi: Инструкция по эксплуатации. – ВЭМЗ-Спектр, 1999. – 81 с.

КОГЕНЕРАЦИОННАЯ ГЕЛИОУСТАНОВКА «ЛУЧ»

Северянин В.С., Янчилин П.Ф.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

In Belarus level of solar illuminance is sufficient for development and application of devices catching solar energy and reformative it in other kinds of energy. The solar power plant in which there is an operation of energy of high potential at first in solar converters, and the remnant of the energy which has passed in a kind of a thermal stream through photo cells is offered, transferred to the cooled heat-carrier. So the principle cogeneration is realised. The technical and economic effect consists in achievement energy-saving actions at the combined development of the electric power and warmth.

Введение

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. Сегодня солнечная энергетика широко применяется в случаях, когда малодоступность других источников энергии в совокупности с избытком солнечного излучения оправдывает её экономически.

Солнечная константа – это количество солнечного электромагнитного излучения (солнечной радиации) на единицу площади, измеренной на внешней поверхности земной атмосферы на борту самолета, перпендикулярной к лучам. Солнечная постоянная включает в себя все виды солнечного излучения, а не только видимый свет. Она измеряется с помощью спутника и составляет примерно 1,366 Вт на квадратный метр (Вт/м^2), хотя это и колеблется примерно на 6,9 % в течение года (с $1,412 \text{ Вт/м}^2$ в начале января до $1,321 \text{ Вт/м}^2$ в начале июля) из-за разной удаленности земли от Солнца, а также несколько тысячных изо дня в день. Таким образом, для всей Земли (которая имеет поперечное сечение 127400000 км^2) мощность составляет 174001017 Вт , плюс-минус 3,5 %. Солнечная постоянная остаётся неизменной на протяжении длительных периодов времени (1366 Вт/м^2 эквивалентно 1,96 калории в минуту на квадратный сантиметр) [1].

Природный потенциал Беларуси

Солнце поставляет на планету излучение, в 7 тыс. раз превышающее нынешнее потребление энергии во всем мире. В Беларуси общий потенциал солнечной энергии оценивается в $2,7 \times 10^6$ т у.т. в год, а технически возможный – в $0,6 \times 10^6$ млн. т у.т. ежегодно. КПД преобразований при этом равен 12 %. Только в республике каждый год излучается до 1,2 МВт-ч на 1 м^2 территории, что эквивалентно 60 л нефти.

Территория Беларуси расположена между 56-м и 51-м градусами северной широты, что определяет угол падения солнечных лучей, продолжительность дня и солнечного сияния, с чем связано количество поступающей солнечной радиации. В течение года угол падения солнечных лучей в полдень изменяется на 47° , продолжительность дня – более чем на 10 часов. Годовой

приход суммарной солнечной радиации увеличивается от северных к южным районам – от 3500 до 4050 МДж/м² (84–97 ккал/см). В год пасмурных дней насчитывается от 175 (на северо-западе) до 135 (на юго-востоке), ясных — от 30–35 (на северо-западе) до 40–42 (на юго-востоке).

На большей части территории республики максимум безоблачных дней приходится на март–апрель, и только на юго-востоке – на июль–сентябрь. Продолжительность солнечного сияния составляет в среднем за год 1730–1950 часов, возрастая к юго-востоку. Она минимальна в осенне-зимний период (когда бывает до 20 дней в месяц без яркого солнца), а в остальные дни насчитывает в среднем по 3 часа. В мае–июле солнце не показывается только 1–3 дня в месяц, при этом в отдельные дни продолжительность сияния достигает 16 часов. Май, июнь и июль вместе дают примерно 48 % годового прихода суммарной солнечной радиации, а ноябрь, декабрь и январь – только 5 %. Таким образом, в Беларуси уровень солнечной освещенности выше, чем, к примеру, в ряде земель Германии, где, как известно, преобразование солнечной энергии сильно распространено [2].

Преобразование солнечной энергии

На сегодняшний день существует множество различных конструкций для улавливания энергии Солнца. Солнечные установки по принципу улавливания солнечной энергии делятся на два типа:

гелиоколлекторы — представляют собой лёгкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. Основой является плёночно-трубчатый адсорбирующий коллектор;

гелиоконцентраторы — представляют собой установки, фокусирующие параллельные солнечные лучи с помощью линзы в одной точке для выработки электричества или тепла.

Функция солнечного коллектора проста: он перехватывает солнечную инсоляцию и преобразует ее в такую форму энергии, которая необходима для потребителя. Большая пластина из черного материала ориентирована перпендикулярно солнечным лучам, которые поглощаются ею и преобразуются в тепловую энергию, нагревая пластину. Для отвода тепла внутри пластины предусмотрены трубопроводы для жидкости или газа, являющихся теплоносителями. Для уменьшения потерь тепла в атмосферу перед коллектором устанавливается одна (или более) прозрачная (стеклянная или пластиковая) пластина. На задней поверхности для той же цели размещают термоизоляцию.

Плоский фотоэлектрический коллектор содержит множество отдельных фотоэлектрических элементов, соединенных параллельно-последовательно, и закрытых сверху стеклянной или пластиковой прозрачной панелью. Солнечная энергия преобразуется этими элементами в электроэнергию с малым постоянным напряжением. В отличие от тепловых коллекторов, их задняя поверхность не нуждается в теплоизоляции. Наоборот, необходимо не допустить перегрева фотоэлектрических панелей, чтобы сохранить их КПД.

Для достижения более высоких температур используется фокусировка солнечных лучей. Солнечная энергия отражается большой поверхностью на коллектор с меньшей площадью поверхности, где уже и преобразуется в тепло. Вследствие концентрации энергии на меньшей площади, достигается больший ее нагрев, и меньшие потери тепла от излучения и конвекцию. Большинство таких коллекторов должны ориентироваться на лучи, приходящие непосредственно с диска Солнца – прямая инсоляция (следить за Солнцем в его движении по небу).

Существуют энергетические установки, производящие одновременно электроэнергию и теплоту в режиме комбинированной выработки этих видов энергии – так называемая «когенерация». Эти установки действуют за счёт сжигания органического топлива [4] в топках котлов, питающих паросиловую установку.

В НИЛ «Пульсар» БрГТУ разработана гелиоустановка «Луч» [5], которая состоит из гелиоконцентратора в виде комплекса конусных зеркал, механизма его поворота и наклона, теплоприёмника. Установка производит теплоту в виде горячей воды, нагреваемой Солнцем в теплоприёмнике. Отсутствие оптической изоляции теплоприёмника приводит к переизлучению тепла в окружающую среду и как следствие — недостаточное преобразование уловленной солнечной энергии.

Фотоэлектрические элементы имеют специальное селективное покрытие на своей лучепоглощающей поверхности. Оно обладает высоким коэффициентом поглощения α_c коротковолнового солнечного излучения (короче 2 мкм), низкой излучательной способностью ε_T в инфракрасной области (длиннее 2 мкм), стабильной величиной степени селективности α_c/ε_T , способностью выдерживать кратковременный перегрев, хорошей коррозионной стойкостью. Для идеальной селективно-поглощающей поверхности $\alpha_c = 1$ и $\varepsilon_T = 0$ [6].

Вследствие этого была предложена когенерационная гелиоустановка (рисунок), в которой уменьшены оптические потери энергии за счёт размещения на теплоприёмнике фотоэлектрических элементов и выработки электроэнергии, при одновременном сохранении выработки теплоты, реализуя принцип когенерации – энергоустановка как аналог теплоэлектроцентрали с высоким коэффициентом использования энергоресурса.

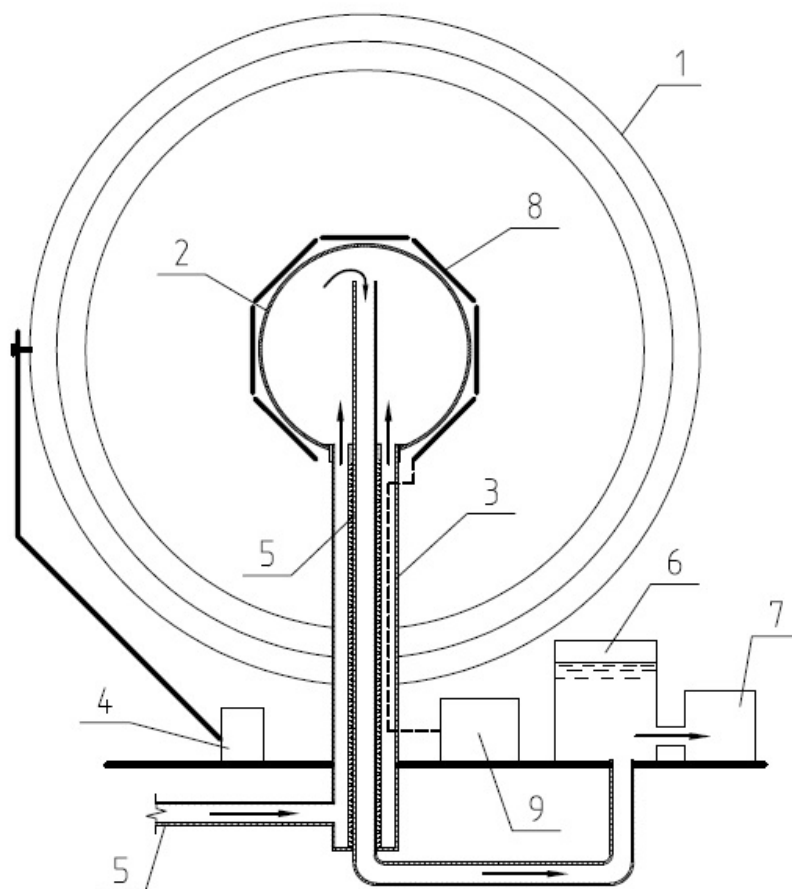
Когенерационная гелиоустановка работает следующим образом. Гелиоконцентратор 1 наводит солнечные лучи на поверхность теплоприёмника 2 со всех его сторон механизмом поворота 4. По трубам 5 через колонну 3 подводится теплоноситель (вода), он нагревается в теплоприёмнике, выводится в бак-аккумулятор 6 и далее – тепловому потребителю 7. В солнечных фотоэлементах 8 вырабатывается постоянный электрический ток и через систему регулирования (блокировки, распределители и т.д.) подаётся потребителю электроэнергии 9. Солнечные фотоэлементы нагреваются от солнечных лучей и отдают теплоту стенке теплоприёмника (теплопроводностью, лучистым и конвективным теплообменом), далее – теплоносителю в нём. При этом происходит охлаждение солнечных фотоэлементов и передача тепла тепловому потребителю.

Заключение

Таким образом, в Беларуси уровень солнечной освещённости достаточен для развития и применения в народном хозяйстве устройств, улавливающих солнечную энергию и преобразующих её в другие виды энергии.

Особенность действия предлагаемой гелиоустановки – срабатывание энергии высокого потенциала сначала в солнечных преобразователях, а остаток энергии, прошедшей в виде теплового потока через фотоприёмники, передаётся охлаждённому теплоносителю. Так реализуется принцип когенерации. Тепловому потребителю отдаётся энергия материального или энергетического потока, который вначале выработал высокий потенциал (на ТЭЦ: сначала вырабатывается электроэнергия на турбогенераторах, а оставшаяся энергия пара отдаётся на теплофикацию).

Технико-экономический эффект заключается в достижении энергосберегающего действия при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты.



1 – гелиоконцентратор, 2 – теплоприёмник, 3 – колонна, 4 – механизм поворота, 5 – трубы, 6 – бак-аккумулятор, 7 – тепловой потребитель, 8 – солнечные батареи (фотоприёмники), 9 – потребители электроэнергии; стрелки – теплоноситель, пунктирные – электропроводка

Рисунок – Конструкция когенерационной гелиоустановки

Список цитированных источников

1. Северянин, В.С. Возможности использования солнечной энергии в Республике Беларусь / В.С. Северянин, А.Л. Тимошук А.Л. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2007. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика – С. 37–41.
2. В выгодном свете. Гелиоэнергетика в Беларуси: от частного к общему // Энергосбережение в строительстве и ЖКХ. – Минск, 2009. – № 12.
3. <http://www.eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/>
4. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1986. – 78 с.
5. Гелиоустановка: пат. РБ №6325–У, F 24 J 2/00 / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин. – 2009.
6. Харченко, Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В.Харченко. – Москва: Энергоатомиздат, 1991.

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ СТЕН «ЛЕГКАЯ ШТУКАТУРНАЯ СИСТЕМА»

Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В., Седляр Ю.А.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vgnovoseltsev@yandex.ru

The estimation of operational characteristics of thermal isolation of walls easy plaster system - is presented in the paper.

Введение

В Республике Беларусь конструктивно-технологическое решение тепловой изоляции стен «легкая штукатурная система» является основной. Массовое применение этой системы утепления для тепловой реабилитации наружных стен эксплуатируемых зданий в Республике Беларусь началось с 1998 года.

Основными конструктивными элементами тепловой изоляции наружных стен «легкая штукатурная система» являются:

- теплоизоляционные плиты;
- элементы, обеспечивающие надежное крепление теплоизоляционных плит к подоснове;
- защитный слой, предохраняющий теплоизоляционные плиты от увлажнения, механических повреждений и др.

Конструктивное решение легкой штукатурной системы приведено на рисунке.

Стоимость 1 м² тепловой изоляции наружных стен «легкая штукатурная система» в зависимости от применяемого плитного утеплителя составляет 25...32 у.е. Учитывая достаточно высокую стоимость 1 м² тепловой изоляции наружных стен «легкая штукатурная система», постоянно ведется работа по снижению сметной стоимости таких систем. Ввиду того, что теплоизоляционные плиты составляют основной объем используемых материалов (0,05...0,08 м³ на 1 м² утепляемой стены), а, следовательно, составляют и существенную долю стоимости от всей системы утепления, заказчики требуют от проектировщиков закладывать в проектно-сметную документацию самые дешевые плитные утеплители. Анализ рынка теплоизоляционных строительных материалов показывает, что существенных изменений за последние 5 лет не произошло. По-прежнему лидером по продажам является беспрепоровый плитный полистирольный пенопласт, стоимость которого на 25...40 % ниже стоимости других плитных утеплителей.

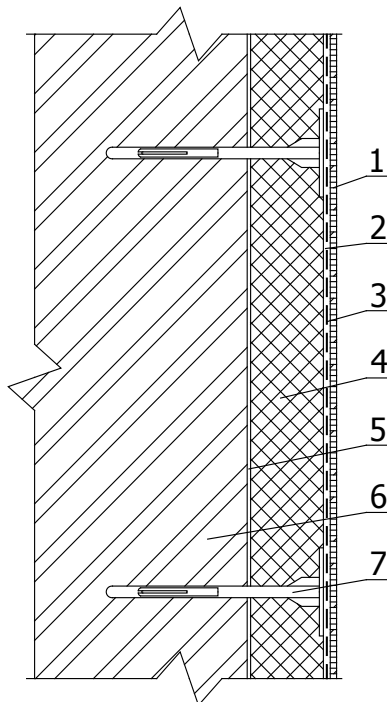
Результаты обследования технического состояния утепленных наружных стен

Для оценки эксплуатационных характеристик теплоизоляции стен «легкая штукатурная система» в феврале 2011 года были выполнены натурные исследования технического состояния утепленных стен ряда жилых домов г. Бреста. Объектами исследования были эксплуатируемые жилые здания по улице Брестских дивизий в г. Бресте со следующими конструктивными решениями утепленных наружных стен.

1) Дом № 15. Год постройки – 1937. Стены - из керамического кирпича. Утепление наружных стен выполнено в 2008 году. Утеплитель – плиты беспрессового полистирольного пенопласта, толщина плит – 50 мм.

2) Дом № 17. Год постройки – 1969. Стены (наружная верста) - из силикатного кирпича. Утепление наружных стен выполнено в 2003 году. Утеплитель – плиты минераловатные, толщина плит – 70 мм.

3) Дом № 19. Год постройки – 1969. Здание – панельное. Утепление наружных стен выполнено в 2003 году. Утеплитель – плиты минераловатные, толщина плит – 70 мм.



1 – декоративно-защитный слой; 2 – армирующий слой; 3 – армирующий материал; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – клеевой слой; 6 – утепляемая стена; 7 – дюбель-анкер для крепления плит утепления

Рисунок – Конструктивное решение «легкая штукатурная система»

При выполнении натурных исследований технического состояния утепленных ограждающих конструкций из наружных стен брались пробы материалов: утеплителя и наружного стенового ограждения (кирпича, бетона). Затем, согласно действующим нормативным документам [1, 2], была определена фактическая весовая влажность материалов утеплителя (пенопласт, минвата), кирпича наружной версты кладки и бетона стеновых панелей.

Результаты выполненных лабораторных исследований материала плитных утеплителей показали:

– зафиксированная весовая влажность беспрессового пенополистирольного пенопласта достигает 7,8...20,8 %;

– зафиксированная весовая влажность минераловатных плит составляет – 1...2,8 % (кирпичные стены) и 0,6...1,4 % (стеновая бетонная панель).

Весовая влажность материалов наружного стенового ограждения находится в следующих пределах:

– кирпич керамический 3,9...10 %;

– кирпич силикатный 1...1,7 %;

– стеновая панель (бетонная) 0,6...0,9 %.

Обсуждение полученных результатов

Учитывая то, что с повышением влажности материалов резко повышается коэффициент теплопроводности и, как следствие, ухудшаются теплотехнические характеристики наружного ограждения в целом, оценка эксплуатационных характеристик утепленных стен обследуемых зданий выполнялась исходя из зафиксированной весовой влажности материалов утеплителей и стенового ограждения.

Анализ зафиксированных численных значений весовой влажности материалов позволяет сделать следующие выводы:

1) наибольшую влажность имеют материалы, эксплуатируемые в кирпичной стене, утепленной плитным беспрепессовым пенополистирольным пенопластом;

2) весовая влажность кирпича силикатного и стеновых панелей (из бетона) в наружных стенах, утепленных минераловатными плитами, находится в пределах, установленных ТКП 45-2.04-43-2006 [3];

3) зафиксированная весовая влажность минераловатных плит также не превышает значений, установленных нормативными документами РБ [3].

Следовательно, использование в качестве теплоизоляции кирпичных стен легкой штукатурной системы плитного утеплителя из беспрепессового пенополистирольного пенопласта малоэффективно, так как в процессе эксплуатации в строительных материалах наружного ограждения имеет место существенный рост весовой влажности.

Основные факторы, влияющие на увлажнение материалов утепленных стен

Практика эксплуатации жилых домов, утепленных по методу «легкая штукатурная система» с использованием плитного беспрепессового пенополистирольного пенопласта показала, что в сутки из квартиры средних размеров (около 50 м² общей площади) необходимо вывести вместе с «отработанным» воздухом почти 20 литров воды, иначе относительная влажность в помещениях существенно превысит нормативные значения [4]. Для поддержания качественных параметров воздуха (совокупность его температурных, влажностных и химических характеристик) в помещениях, утепленных по методу «легкая штукатурная система», необходима установка системы принудительной вентиляции. По существующим строительным нормам, из жилых помещений в час необходимо выводить 2,5...3 кубометра воздуха с 1 м² площади. Соответственно поступать должно столько же. Расчеты показывают, что затраты энергии, связанные с работой принудительной вентиляции помещений, утепленных по методу «легкая штукатурная система», достигают почти 50 % всех затрат на отопление [4]. В связи с этим массовое применение систем вентиляции в эксплуатируемых утепленных жилых зданиях отсутствует, и в ближайшее время установка его не планируется.

Массовая установка стеклопакетов и отсутствие системы принудительной вентиляции в эксплуатируемых утепленных жилых зданиях приводит к существенному росту влажности воздуха в эксплуатируемых помещениях. Все эти факторы увеличивают объемы влажного воздуха, которые мигрирует из помещений в наружные стены под действием разности парциальных давлений и температур. Очевидно, что интенсивность процесса вывода влажного воздуха из помещений через наружные стены напрямую зависит от паропроницаемости конструкции утепленных стен. Анализ значений расчетных коэффициентов паропроницаемости материалов [3], составляющих конструкцию утепленных наружных стен обследованных жилых зданий, показал, что расчетный

коэффициент паропроницаемости плитного беспрессового пенополистирольного пенопласта более чем в два раза ниже аналогичной характеристики материала кирпичной кладки. Для минераловатных плит, наоборот – это соотношение более чем 4 раза выше, чем материала кирпичной кладки и бетона.

Вывод

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующее заключение: на эксплуатационную эффективность неветилируемых систем утепления («легкая штукатурная система») существенное влияние оказывает соотношение значений расчетных коэффициентов паропроницаемости плитных утеплителей и материалов, использованных в наружном ограждении. Чем это соотношение больше, тем выше эксплуатационная эффективность неветилируемых систем утепления.

Список цитированных источников

1. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения и контроля морозостойкости: ГОСТ 7025. – М.: Государственный строительный комитет СССР, 1991. – 17 с.
2. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний: ГОСТ 17177. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 1996. – 56 с.
3. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – 32 с.
4. Потерщук, В.А. Пути дальнейшего энергосбережения в жилых зданиях / В.А. Потерщук // Белорусский строительный рынок. – 1998. – № 5. – С. 2–3.

СПИСОК АВТОРОВ

	Ч. I	Ч. II		Ч. I	Ч. II
А			Е		
Аделева Д.И.		28	Елисавенко Ю.А.		39
Андреюк С.В.	62		Ж		
Антонюк Е.К.		82	Жданович В.П.		59, 62
Артамонова И.В.		31	Жданюк Н.В.	61	
Б			Житенёв Б.Н.	62, 68, 72, 75	
Басов С.В.		3, 25, 28	З		
Белов С.Г.	68, 72		Завьялов С.В.		71
Бордок И.В.		6	И		
Борсук И.П.	92		Иванов В.П.	52	
Босак В.Н.		8	Игнатчик Л.Л.	102	
Бранцевич П.Ю.	99		Исайчиков М.Ф.		69
Булак И.А.	40		К		
Булко Н.И.		12	Кабушева Т.С.	46	
Бульская И.В.	75		Калинович А.С.	57	
Бусько Е.Г.		15	Кизеев Н.Д.	78	
В			Кирвель И.И.	34	
Валуев В.Е.	3	18	Кирвель П.И.	34, 37	
Васильев В.В.	6		Клебанюк Д.Н.		97
Водчиц Н.Н.	9		Кобринец Л.А.		45
Волкова Е.И.	43		Комаровский Д.П.		48
Волович П.И.		21	Комлева Е.В.		42
Волчек А.А.	11, 14, 17, 20, 24, 27	106	Корнеев В.Н.	40	
Волчек Ан.А.		109	Костюк Д.А.	27	
Волчков В.Е.		6	Костюк С.Ф.	99	
Востоков Е.К.		53	Костюкевич Е.К.	105	
Вострова Р.Н.		24	Кукшинов М.С.	34	
Г			Л		
Гвоздева А.А.		48	Левчук Н.В.		45
Гертман Л.Н.	40		Лесничий Ю.Д.		95
Гладкий И.И.	24		Липский В.К.		48
Глушко К.А.	9, 30		Лихацевич А.П.	43	
Глушко К.К.	30		Лихачев А.Б.		25, 28
Гнатюк С.П.		25, 28	Лопух П.С.	46	
Годунов Е.Б.		31	Лукашевич А.Г.	108	
Головач А.П.		34, 57	Лукашевич М.В.		51
Горичев И.Г.		31	Лукша В.В.	11, 14	114
Грядунова О.И.		112	Лях Ю.Г.		53
Д			М		
Данилович И.С.		37, 95	Мавринский Л.Д.		28
Дашкевич Д.Н.	17	88	Мажейкене А.Б.	81	

	Ч. I	Ч. II		Ч. I	Ч. II
Майорчик А.П.	52		Северянин В.С.	122	
Мармалюкова И.А.	84		Седляр Ю.А.	126	
Махнист Л.П.	24		Скригаловс- кая В.А.		69
Медведева О.Н.	111		Спириденок Л.М.		48
Меддур Ахмедса- лахеддин	49		Станкевич А.П.		71
Мельник В.И.		37	Стельмашук С.С.	9	
Мешик О.П.	3	18, 118	Стефаненко Ю.В.	20	
Митрахович А.И.	52		Сторожук Н.Ю.	72	
Митренков А.М.		53	Строкач П.П.		100
Михалычева Э.А.	108		Ступень Н.С.		73
Монтик С.В.		57	Т		
Мороз М.Ф.	20		Терещенко А.В.	87	
Н			Требенюк А.Н.		76
Наумов А.Д.		59, 62	Трифонов А.Г.	108	
Наумчик Г.О.	68, 72		Тур Э.А.		3, 79, 82
Невзорова А.Б.	84, 87		Х		
Нестеров М.В.	54		Халецкий В.А.		3, 85
Нестерова Ю.А.		25	Ц		
Нестерук В.Н.		76	Цапаев С.П.		88, 91
Никитин А.Н.		59, 62	Цапаева Н.С.		91
Новикова О.К.	87		Ч		
Новосельцев В.Г.	126		Чаша Н.А.		24
О			Чекан Г.С.		95
Олейник О.А.	114		Черноиван В.Н.	126	
П			Черноиван Н.В.	126	
Павленко С.Н.	116		Ш		
Парфомук С.И.	17		Шабалева М.А.		12
Пашкевич А.П.	119		Шавлинский О.А.	6	
Пашкевич В.И.	40		Шведовская Д.В.		97
Петров Д.О.	27		Шведовский П.В.	11, 14	97
Пинюта Т.П.	30		Швядене С.И.	81	
Плаунова О.Г.	84		Шешко Н.Н.		106
Р			Ю		
Риторера Е.К.		69	Юрченко Н.Т.	3	
Рубанов В.С.	24		Я		
Рутковский П.П.	57		Якубовская Е.С.	102, 119	
Рыбак Е.С.	72		Яловая Н.П.	92, 95	101, 103
С			Яловая Ю.С.	95	103
Салицкайте- Буникене Л.		65	Янчилин П.Ф.	122	
			R		
			Rimeika M.	89	

СОДЕРЖАНИЕ

МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО	3
Валуев В.Е., Мешик О.П., Юрченко Н.Т. Опыт разработки водосберегающих режимов орошения в условиях юга Западной Сибири.....	3
Васильев В.В., Шавлинский О.А. Оценка эффективности и эксплуатационной надежности дождевальной техники.....	6
Водчиц Н.Н., Глушко К.А., Стельмашук С.С. Основные факторы, влияющие на уровни грунтовых вод прилегающих земель к прудам, и мероприятия по их регулированию.....	9
Волчек А.А., Лукша В.В., Шведовский П.В. Оценка репрезентативного периода для расчета характеристик годового стока.....	11
Волчек А.А., Лукша В.В., Шведовский П.В. Оценка влияния гидротехнических мелиораций на сток рек Белорусского Полесья.....	14
Волчек А.А., Парфомук С.И., Дашкевич Д.Н. Трансформация водного режима рек Беларуси.....	17
Волчек А.А., Мороз М.Ф., Стефаненко Ю.В. Мелиоративное освоение бассейна реки Ясельды.....	20
Волчек А.А., Гладкий И.И., Махнист Л.П., Рубанов В.С. Об оценке моментов распределения вероятностей модели диффузионного типа в стохастической гидрологии.....	24
Волчек А.А., Костюк Д.А., Петров Д.О. К вопросу расчета затопления для системы мониторинга и прогнозирования паводка.....	27
Глушко К.А., Глушко К.К., Пинюта Т.П. К проблемам ремонта ездового полотна переездных сооружений.....	30
Кирвель И.И., Кукшинов М.С., Кирвель П.И. Воздействие гидротехнического строительства на гидрологический режим и русловые процессы зарегулированных рек.....	34
Кирвель П.И. Оценка толщины льда озёр Беларуси в условиях изменяющегося климата.....	37

Корнеев В.Н., Гертман Л.Н., Пашкевич В.И., Булак И.А. Оценка изменения гидрологических и гидрогеологических условий при расширении стариц.....	40
Лихацевич А.П., Волкова Е.И. Влияние влаготеплообеспеченности вегетационных периодов на урожай сельскохозяйственных культур.....	43
Лопух П.С., Кабушева Т.С. Научно-методические основы разработки рекомендаций по снижению зарастания малых водохранилищ.....	46
Меддур Ахмедсалахеддин Эксплуатационная надежность капельниц разной конструкции по данным лабораторных исследований.....	49
Митрахович А.И., Иванов В.П., Майорчик А.П. Гидрогеологические изыскания при осушении подтапливаемых территорий населенных пунктов.....	52
Нестеров М.В. Натурные исследования водорегулирующих сооружений с противомембранными элементами из полимерных материалов.....	54
Рутковский П.П., Калинович А.С. Разработка и корректировка проекта водоохраных зон и прибрежных полос в г. Бресте.....	57
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ.....	61
Жданюк Н.В. Совершенствование систем оборотных циклов водоснабжения грануляторов на заводах по производству стеклянной тары.....	61
Житенев Б.Н., Андреюк С.В. Теоретические предпосылки обесцвечивания и обезжелезивания поверхностных вод Белорусского Полесья для использования в целях технического водоснабжения.....	62
Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О. Инструментальный метод определения интенсивности окраски сточных вод.....	68
Житенёв Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О., Сторожук Н.Ю., Рыбак Е.С. Осветление сточных вод от гидроклассификатора песка меловой залежи в Хотиславе гравитационным отстаиванием.....	72
Житенев Б.Н., Бульская И.В. Удаление водного гумуса при помощи озонирования.....	75

Кизеев Н.Д. Регулирование температурного режима сточных вод для оптимизации процесса их очистки.....	78
Мажейкене А.Б., Швядене С.И. Исследование сорбентов, применяемых для очистки ливневых водосточков от нефтепродуктов.....	81
Невзорова А.Б., Плаунова О.Г., Мармалюкова И.А. Оценка водосборных бассейнов г. Гомеля и их зонирование по приоритетным загрязнителям.....	84
Новикова О.К., Невзорова А.Б., Терещенко А.В. Блочно-модульные очистные сооружения поверхностных сточных вод...	87
Rimeika M. Stormwater treatment plant conception.....	89
Яловая Н.П., Борсук И.П. Особенности сорбционной очистки нефтесодержащих поверхностных стоков.....	92
Яловая Н.П., Яловая Ю.С. Исследование способов снижения общей жёсткости воды.....	95
ЭНЕРГО– И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	99
Бранцевич П.Ю., Костюк С.Ф. Компьютерные системы вибрационного мониторинга и оценки технического состояния механизмов.....	99
Игнатчик Л.Л., Якубовская Е.С. Реализация микропроцессорной системы управления вытяжной вентиляцией в птичнике как способ обеспечения энергосбережения.....	102
Костюкевич Е.К. Эффективное использование торфа в энергетических целях.....	105
Лукашевич А.Г., Михалычева Э.А., Трифонов А.Г. Применение компьютерной методики для оценки ветропотенциала площадки расположения ветроэнергетической станции.....	108
Медведева О.Н. Обоснование технологических параметров систем газоснабжения.....	111
Олейник О.А. Интенсификация процесса термического концентрирования сточных вод.....	114

Павленко С.Н. Инновации при производстве строительных материалов.....	116
Пашкевич А. П., Якубовская Е.С. Пути обеспечения энергосбережения при кондиционировании воздуха в птичнике.....	119
Северянин В.С., Янчилин П.Ф. Когенерационная гелиоустановка «Луч».....	122
Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В., Седляр Ю.А. Оценка эксплуатационных характеристик теплоизоляции стен «легкая штукатурная система».....	126
СПИСОК АВТОРОВ	130

Научное издание

**Научно-технические проблемы
водохозяйственного и энергетического
комплекса в современных условиях Беларуси**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

21–23 сентября 2011 года

ЧАСТЬ I

Текст печатается в авторской редакции

Ответственный за выпуск: **Волчек А.А.**

Редактор: **Строкач Т.В.**

Компьютерная вёрстка: **Романюк И.Н.**

Корректор: **Никитчик Е.В.**

ISBN 978-985-493-201-9



Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.

Подписано к печати 12.09.2011 г.

Бумага «Снегурочка». Формат 60x84 ¹/₁₆.

Гарнитура Times New Roman. Усл. п. л. 7,9.

Уч.-изд. л. 8,5. Тираж 75 экз. Заказ № 818.

Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный
технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.