

5 №ч. 480.46  
А 43

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

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

**Факультет водоснабжения и гидромелиорации**

**Брестский областной комитет природных  
ресурсов и охраны окружающей среды**

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

**Сборник материалов  
Международной научно-практической конференции**

**25-27 сентября 2013 г.**

**ГГОВЕРКА ФОНДА**

**49 ИЮЛ 2015**

**Брест 2013**

УДК [628.1.034+60.9](476)

**Рецензенты:**

*В.В. Тур*, доктор технических наук, профессор,  
УО «Брестский государственный технический университет»

*М.А. Богдасаров*, доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»

*Б.П. Власов*, доктор биологических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией озероветения, УО «Белорусский государственный университет»

**Редакционная коллегия:**

Председатель:

*А.А. Волчек*, доктор географических наук, профессор,  
«Брестский государственный технический университет»

Члены редакционной коллегии:

*С.В. Басов*, кандидат технических наук, доцент;  
*Н.Н. Водчиц*, кандидат технических наук, доцент;  
*Б.Н. Житенёв*, кандидат технических наук, доцент;  
*О.П. Мешик*, кандидат технических наук, доцент;  
*С.Г. Назурный*, магистр технических наук;  
*В.Г. Новосельцев*, кандидат технических наук, доцент;  
*В.С. Северянин*, доктор технических наук, профессор;  
*В.А. Халецкий*, доцент;  
*Н.П. Яловая*, кандидат технических наук, доцент.

А 43 **Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания:** материалы Международн. науч.-практ. конф., Брест, 25-27 сент. 2013 г. / УО «Брестск. Гос. Техн. Ун-»; под ред. А.А. Волчека [и др.]-Брест, 2013. –с. 280.

ISBN 978-985-493-258-3

В сборнике представлены статьи, подготовленные участниками международной научно-практической конференции «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания», которая состоялась 25-27 сентября 2013 г. на факультете водоснабжения и гидромелиорации УО «БрГТУ».

УДК [628.1.034+60.9](476)

ISBN 978-985-493-258-3

**Б И Б Л И О Т Е К А**  
Брестского государственного  
технического университета

Издательство БрГТУ, 2013

362625

**Секция**

***«Водоснабжение, водоотведение и  
охрана водных ресурсов»***

УДК 628.31/35(083.74)

**В.Н. АНУФРИЕВ**

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД**

Revision of the norm for the content of pollutants in waste water discharged into water bodies demanded change rules designing waste water treatment plants. Changing environmental requirements for waste water treatment plants require as using of best available techniques so and using the international experience for designing of treatment facilities with a glance economic opportunities of water users.

Заметной тенденцией в последнее время стало ужесточение природоохранных требований при проектировании и строительстве систем водоснабжения и водоотведения. Проблемы, связанные с отведением сточных вод в водные объекты, носят интернациональный характер и не ограничиваются национальными границами отдельных государств. Республика Беларусь, находясь на водоразделе бассейнов Балтийского и Черного морей, также вовлечена в международное сотрудничество по охране трансграничных водных объектов. Беларусь присоединилась к Хельсинкской Конвенции ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер [1], а также к Протоколу по проблемам воды и здоровья [2]. Одним из обязательств, установленных Конвенцией [1], является нормирование объемов забора воды и отведения сточных вод. Для количественных ограничений в данном случае в законодательстве Республики Беларусь используется система и процедура выдачи разрешений на забор определенного количества воды из природных источников и на отведение определенного количества сточных вод с тем или иным уровнем загрязнения. До последнего времени система установления требований к допустимым концентрациям загрязняющих веществ, которые сбрасываются со сточными водами в водные объекты, была основана на принципах, действовавших в бывшем СССР. При этом допустимые концентрации определялись исходя из нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) отдельных веществ в водных объектах того или иного назначения, фоновых концентраций этих веществ в воде водного объекта до отведения сточных вод, расхода отводимых сточных вод и расхода реки-водоприемника при определенной обеспеченности. Техническо-экономические возможности в части обеспечения достаточной степени очистки в данных условиях не учитывались. Как показывает практика установления таких нормативов, при отведении сточных вод в маловодные водотоки обеспечить требуемую степень очистки становится затруднительно. Это привело к такому весьма распространенному явлению, как установление временных нормативов, определяемых путем компромиссов между возможностями водопользователей и требованиями государственных органов, выдающих разрешения. Совершенствование механизма выдачи такого рода разрешений потребовало изучения и внедрения практик нормирования, используемых в странах ЕС, которые существенно отличаются от методик, основанных на системе ПДК водных объектов различных категорий.

Одним из базовых документов ЕС, определяющих требования к очистке сточных вод населенных пунктов, является Директива об очистке городских сточных вод [3]. Требования, сформулированные в этом документе, учитывают как наличие наилучших доступных технических методов для очистки сточных вод, так и задачи, связанные с охраной и предотвращением загрязнения водных объектов. Директива требует наличия как минимум так называемой вторичной (полной биологической) очистки или же ей эквивалентной, которые обеспечивают очистку по БПК<sub>5</sub> не выше 25 мг/дм<sup>3</sup>, или степень очистки по данному параметру в пределах 70–90%. Эти требования являются базовыми для установления степени очистки, которую должны обеспечивать очистные сооружения. Такие нормативы могут быть обеспечены сооружениями биологической очистки, рассчитанными на деструкцию и удаления органических веществ, подверженных биологическому разложению. Проектирование и строительство таких сооружений является обычной практикой для Беларуси с 60-х годов прошлого века и не представляет каких-либо научно-технических и технологических трудностей. Кроме того, Директива устанавливает критерии к определению водных объектов, чувствительных к эвтрофикации. Отведение сточных вод в такие объекты сопровождается установлением дополнительных параметров, которые должны обеспечиваться при их очистке. Так устанавливаются требования к степени очистки по биогенным элементам сточных вод, отводимых в водные объекты в зависимости от объема загрязняющих веществ, выраженных в эквивалентах населения. В части соединений азота и фосфора их концентрация не должна превышать 15,0 мг и 2,0 мг/л соответственно для очистных сооружений мощностью от 10 000 до 100 000 эквивалентов и 10,0 мг и 1,0 мг/л соответственно для очистных сооружений мощностью более 100 000 эквивалентов.

Обеспечение вышеприведенных требований требует внедрения модернизированных методов биологической очистки с удалением биогенных элементов, которые начали применяться в Беларуси относительно недавно. При разработке технического кодекса установившейся практики (ТКП) [4], регламентирующего порядок установления нормативов допустимых загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты, были приняты концепция и ряд нормативов, которые ужесточают требования к степени очистки сточных вод по мере увеличения мощности очистных сооружений, а также ряд положений, устанавливающих значения допустимых концентраций загрязняющих веществ в производственных сточных водах отдельных отраслей промышленности, отводимых в водные объекты и системы коммунальной канализации. При разработке указанного документа использовался опыт законодательного регулирования и технического нормирования ряда европейских стран.

Принимая во внимание экономические возможности страны в проведении водоохранной политики, ряд положений принималось с учетом сложившейся практики установления нормативов и контроля их выполнения, которые могут быть достигнуты при взаимодействии органов государственного регулирования и водопользователей. С другой стороны, некоторые из заимствованных положений были более либеральными по отношению к водопользователям, нежели определяемые расчетами по ранее действующим методикам. Вместе с тем был реализован принцип, направленный на удаление большей массы загрязняющих веществ отводимых со сточными водами с использованием технических и экономически обоснованных методов и технологий. Изменение природоохранных норм и требований к степени очистки сточных вод потребовало пересмотра порядка проектирования и строительства очистных сооружений. Для проектирования очистных сооружений, которые обеспечивали бы возможность удаления биогенных элементов, потребовался технический нормативный правовой акт, который

бы содержал положения для расчета такого рода сооружений. К настоящему времени разработан ряд документов данной серии. Строительные нормы проектирования приведены в ТКП 45-4.01-202-2010 [5]. Разработка указанного ТКП основывалась на двух основных подходах, которые и определили направленность документа:

- сохранение и обобщение опыта проектирования и нормирования, отраженного в ранее принятых и действующих до настоящего времени нормах;
- учет изменений, связанных с ужесточением природоохранного законодательства, развитием научно-технического прогресса в области очистки сточных вод, а также необходимости сближения с европейскими нормами и стандартами, гармонизации с другими действующими нормативно-правовыми актами и техническими нормативно-правовыми актами.

К основным отличительным положениям, отраженным в ТКП, относятся:

- переход к расчету сооружений по параметру БПК<sub>5</sub>;
- введение понятия «эквивалентное население» для оценки массы загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения;
- расчет сооружений биологической очистки с учетом возраста ила;
- расчет сооружений биологической очистки с учетом требований по удалению соединений азота и фосфора.

Переход от параметра БПК<sub>20</sub> к БПК<sub>5</sub> в расчетах связан как с необходимостью гармонизации с нормативно-правовыми актами и техническими нормативно-правовыми актами, устанавливающими природоохранные требования, выраженные в БПК<sub>5</sub>, так и со сближением с принципами расчетов сооружений, принятыми в европейских странах.

Такой же подход положен при введении понятия «эквивалентное население» для оценки массы загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения. Введение расчетов сооружений биологической очистки с учетом возраста ила и требований по удалению биогенных элементов связано с особенностями протекания процессов биологической нитрификации с учетом влияния скоростей накопления микроорганизмов нитрификаторов в сооружениях. Для выбора метода очистки сточных вод, необходимого для достижения установленных нормативов очистки, приведен перечень методов с данными об эффективности очистки от биохимически удаляемых органических веществ, оцениваемых по БПК, взвешенных веществ, соединений азота и фосфора, а также формулы и возможные схемы организации работы сооружений.

Учитывая, что создание очистных сооружений с удалением азота и фосфора является относительно новым направлением в отечественной практике проектирования и строительства, для повышения доступности методик расчетов и расширения сферы регламентации в области очистки сточных вод был разработан ТКП 45-4.01-262-2012 [6]. Указанный документ содержит положения, определяющие возможные технические решения по выполнению норм проектирования. Положения приведенного ТКП имеют рекомендательный характер и направлены на обеспечение возможности использования проектными организациями накопленного международного опыта, для достижения природоохранных требований. Также здесь приводятся методики и меры расчетов сооружений и принципы подбора оборудования.

Введение данного документа позволит использовать накопленный опыт проектирования для строительства очистных сооружений, отвечающих современным требованиям к эффективности очистки сточных вод. Введение вышеприведенных докумен-

тов в действие поставило ряд новых задач. В частности стала актуальной проблема, связанная с проектированием систем водоотведения и очистных сооружений в сельской местности, требования к которым отличаются от технических решений для крупных городов. Так например, широко применяемые до настоящего поля фильтрации имеют целый ряд недостатков, что требует поиска и апробации технических решений и проектов, которые при простоте эксплуатации отвечали бы современным природоохранным требованиям. Также направленность стандартизации и нормирования в области очистки сточных вод определяется, с одной стороны, сближением с законодательством и стандартами ЕС, что с 2009 года рассматривается правительством как приоритетное направление. С другой стороны, вступление Республики Беларусь в таможенный союз с Россией и Казахстаном диктует необходимость разработки нормативов и стандартов, которые бы могли использоваться в трех указанных странах. Таким образом, существующая ситуация требует интеграции и активизации международного сотрудничества и в этой сфере.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 17 марта 1992 года) Европейской Экономической Комиссии (ЕЭК) ООН.
2. О присоединении Республики Беларусь к Протоколу по проблемам воды и здоровья, к Конвенции по защите и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 года. Указ Президента Республики Беларусь от 31.03. 2009 г. №159
3. Директива Совета ЕЭС 91/271/ЕЕС об очистке городских сточных вод.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: ТКП 17.06-08-2012 (02250).
5. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-202-2010 (02250).
6. Очистные сооружения сточных вод. Правила проектирования: ТКП 45-4.01-262-2012 (02250).

УДК 628.356

**С.Г. БЕЛОВ, Г.О. НАУМЧИК, Е.И. ДМУХАЙЛО**

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

#### **ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДИСПЕРГАТОР ГАЗА «ТОРНАДО»**

This article describes the mechanism and methods for gas dispersion by different methods, the possibility of the creation of fine gas dispersion by dispersing the gas highly turbulent flow of fluid. The scheme of the experimental setup the device to disperse the gas. It also provides the experimental dependence minimum diameter received in the dispersion of gas bubbles from the liquid flow rate.

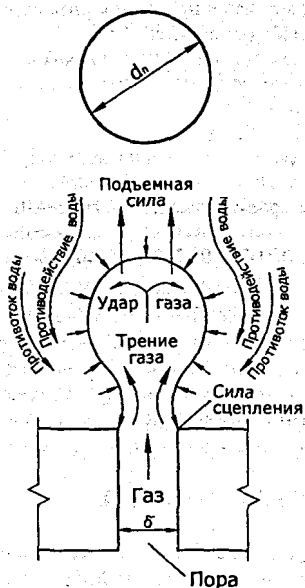
**Введение.** При обработке природных и сточных вод широко применяются процессы аэрации и диспергирования газов. Процесс получения газовых пузырьков не вызывает проблем, если их диаметр более 1 мм. Такие газовые дисперсии применяют в процессах биологической очистки, струйной и пневматической флотации, в кон-

тактных камерах для введения озона. Однако когда существует необходимость получения более мелких газовых дисперсий, обычные процессы, основанные на применении принципов струйной аэрации и пневмоаэрации, оказываются неэффективными из-за процесса коалесценции газовых пузырьков на диспергирующей пористой поверхности [1]. В этих случаях используют процессы растворения газа под давлением с последующим его выделением, электрохимическое выделение газа, механические диспергирующие аппараты. Механические диспергирующие аппараты сложны в конструктивном исполнении, дороги и энергозатратны. Методы растворения газа под давлением с последующим выделением требуют использования высоких давлений, громоздкого оборудования, имеют ограничения по объему вовлекаемого газа на единицу объема обрабатываемой жидкости. Электрохимические методы, кроме всех вышеперечисленных недостатков, не позволяют диспергировать такие газы, как озон, углекислый газ, азот.

На кафедре ВВиОВР Брестского государственного технического университета выполнены предварительные исследования по диспергированию газов высокотурбулентным режимом движения жидкости. Данный метод разрабатывается для получения мелких газовых дисперсий (диаметры пузырьков 10...100 мкм), необходимых в процессах флотации, озонирования, обескислороживания. В отличие выше рассмотренных методов получения мелких газовых дисперсий, разрабатываемый метод не требует использования громоздкого и сложного оборудования, позволяет диспергировать газы любого состава с высоким удельным расходом, имеет сравнительно невысокую энергозатратность.

Процесс образования пузырька газа на выходе из отдельной поры диспергатора в неподвижной жидкости показан на рисунке 1 [2].

**Рисунок 1 – Схема образования пузырька газа при выходе из единичной поры в неподвижной жидкости и сил, действующих на него в процессе роста и отрыва**



Как показывает вышеприведенный рисунок, пузырек воздуха, растущий на отдельной поре в неподвижной жидкости, в момент отрыва имеет диаметр значительно больший, чем сама пора. Это связано с краевым эффектом, определяющим условия отрыва пузырька от кромки поры. Отрыв пузырька происходит, когда выталкивающая сила превысит поверхностное натяжение, и в этот момент диаметр пузырька определяется соотношении-

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot d_0 \cdot \sigma}{g \cdot \Delta \rho}}$$

где  $d_n$  – диаметр пузырька в момент отрыва, м;

$d_0$  – диаметр поры, м;

$\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\Delta \rho$  – разность плотностей жидкости и газа, кг/м<sup>3</sup>.



Поскольку диаметр пузырька в момент отрыва значительно превышает диаметр поры, при близком расположении пор соседние пузырьки сливаются, т.е. происходит процесс коалесценции, в результате этого размеры всплывающих пузырьков оказываются значительно крупнее, чем рассчитанные по вышеприведенной формуле.

Совсем другая картина наблюдается, если пузырек газа отрывается в движущейся жидкости.

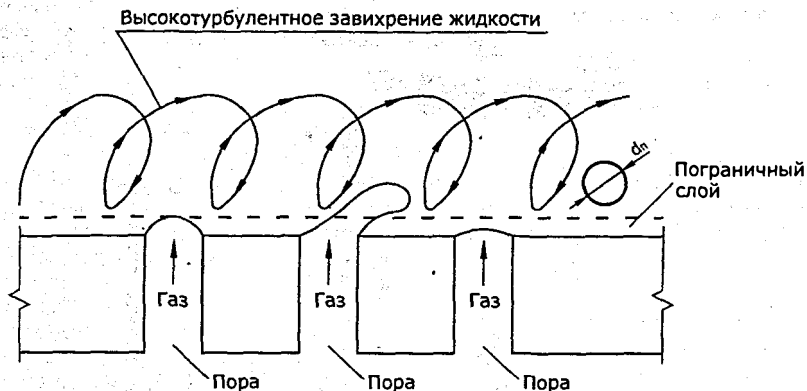
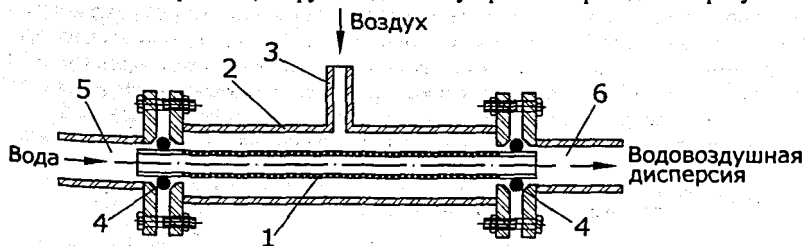


Рисунок 2 – Схема образования пузырька газа при выходе из единичной поры в быстро движущейся жидкости

Условия отрыва пузырька в быстро движущейся жидкости изучены недостаточно. В литературных исследованиях в основном приводятся экспериментальные зависимости [4]. Понятно, что на условия отрыва в основном влияет толщина пограничного слоя (определяемая числом Рейнольдса), диаметр пор, структура поверхности пористого материала и скорость движения газа на выходе из пор. Чтобы оценить данные параметры, необходимо выполнить очень точные экспериментальные исследования.

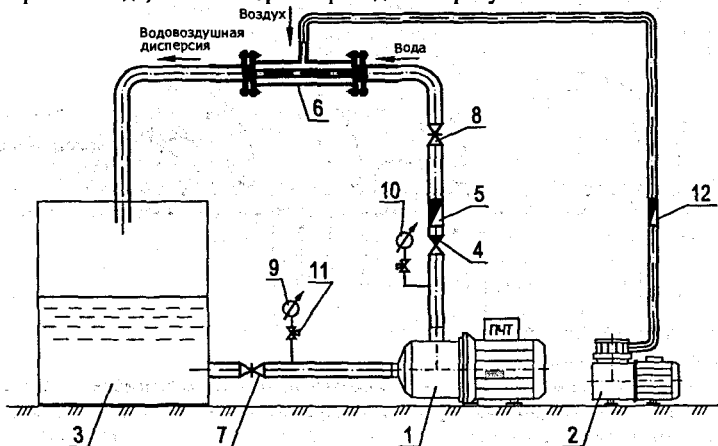
В рамках данной работы была поставлена цель в экспериментальных условиях проверить эффективность применения принципа получения газовой дисперсии высокотурбулентным режимом движения жидкости. Для этого был использован диспергатор газа, созданный авторами. Конструкция данного устройства приведена на рисунке 3.



1 – пористая трубка; 2 – корпус с фланцами; 3 – патрубок подачи воздуха; 4 – уплотнитель; 5 – патрубок подачи воды; 6 – патрубок отвода водовоздушной дисперсии  
Рисунок 3 – Пневмогидравлический диспергатор газа «Торнадо»

Диспергатор, представляет собой мелкопористую трубку, расположенную в металлическом корпусе с фланцами. На концах пористой трубки между фланцами корпуса имеется уплотнение, поэтому контакт жидкости и газа осуществляется только через стенку пористой трубки. В пространство между наружной поверхностью пористой трубки и металлическим корпусом подается газ с помощью патрубка подачи газа.

Полученные результаты. Пневмогидравлический диспергатор был испытан на лабораторном стенде, схема которого приведена на рисунке 4.



- 1 – центробежный насос; 2 – мембранный компрессор; 3 – бак с водой; 4 – обратный клапан;  
5 – водомер; 6 – пневмогидравлический диспергатор «Торнадо»; 7 – задвижка на всасывающем трубопроводе; 8 – задвижка на нагнетательном трубопроводе; 9 – вакуумметр; 10 – манометр; 11 – трехходовой кран; 12 – газовый счетчик

*Рисунок 4 – Схема лабораторного стенда для подключения пневмогидравлического диспергатора газа*

В данных испытаниях была исследована пористая трубка с внутренним диаметром 4 мм, наружным диаметром 7 мм, изготовленная из полимерного материала. Исследовалось диспергирование воздуха в чистую воду в нормальных условиях. Поскольку трубка имела поры различного диаметра (в интервале от 50 до 150 мкм, согласно приблизительной оценке с помощью микроскопа), необходимо было осуществлять подачу газа под избыточным давлением, потому что иначе вода выдавливалась через крупные поры в пространство между пористой трубкой и корпусом, предназначенное для подачи газа. Расход газа не представлялось возможным измерить в связи с недостаточной чувствительностью газового счетчика для низкого расхода. Поэтому основным фактором, который варьировался в исследованиях, являлся расход жидкости через диспергатор. Средняя скорость течения жидкости через диспергатор определялась по формуле:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2},$$

где  $v$  – средняя скорость жидкости в пористой трубке диспергатора, м/с;

$Q$  – расход жидкости через диспергатор, м<sup>3</sup>/с;

$d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр пористой трубки, м.

Как было указано выше, пористая трубка имела поры разного диаметра, и соответственно образовывались пузырьки различной крупности, поэтому в исследовании оценивался минимальный диаметр образующихся пузырьков газовой дисперсии. Он определялся по времени осветления образующейся жидкостно-газовой дисперсии при высоте налива 100 мм. Всплытие газового пузырька диаметром менее 0,1 мм происходит практически с постоянной скоростью и она может быть найдена по формуле [2]:

$$v_n = \frac{d_n^2 \cdot g \cdot \Delta\rho}{18 \cdot \mu},$$

где  $v_n$  – скорость всплытия газового пузырька, м/с;

$d_n$  – диаметр всплывающего пузырька, м.

$\Delta\rho$  – разность плотностей жидкости и газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

При известной высоте подъема пузырька и времени осветления газовой дисперсии диаметр наименьших пузырьков без учета их коалесценции во время всплытия будет определяться по формуле:

$$d_n = \sqrt{\frac{L \cdot 18 \cdot \mu}{t \cdot g \cdot \Delta\rho}},$$

где  $L$  – высота слоя жидкости, м;

$t$  – время осветления жидкости, с.

На основе полученных данных построена зависимость минимального диаметра образующихся пузырьков воздуха в диспергаторе от скорости движения воды, представленная на рисунке 5.

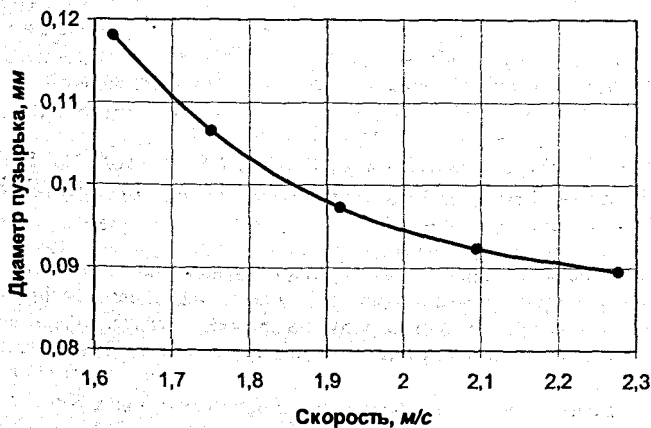


Рисунок 5 – Зависимость минимального диаметра получаемых пузырьков воздуха от скорости движения воды в диспергаторе «Торнадо»

Данные, представленные на рисунке 5, показывают, что с увеличением скорости движения воды в пневмогидравлическом диспергаторе минимальный диаметр образующихся пузырьков уменьшается. Полученная зависимость подтверждает вышерассмотренные теоретические предпосылки получения мелкой газовой дисперсии высо-

котурбулентным режимом движения жидкости. Более высокие скорости движения жидкости не были исследованы по причине ограничения развиваемого давления воздушным мембранным компрессором, применявшимся в данном исследовании.

**Заключение.** Выполненные исследования показывают, что применение пневмогидравлического метода диспергации газа высокотурбулентным режимом движения жидкости является перспективным, поскольку позволяет получать мелкие жидкостно-газовые дисперсии, крайне необходимые при процессах флотации, озонирования, обескислороживания и т.д. Для более полной оценки экономической эффективности данного метода диспергирования газа необходимо продолжить данные исследования на пневмогидравлических диспергаторах с пористыми трубками большего внутреннего диаметра, имеющими одинаковые поры.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жерноклев, А.К. Аэрация и озонирование в процессах очистки воды / А.К. Жерноклев, Л.П. Пилинович, В.В. Савич. – Мн.: Тонпик, 2002. – 129 с.
2. Мещеряков, Н.Ф. Флотационные машины и аппараты / Н.Ф. Мещеряков – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 200 с.
3. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
4. Вакулкина, Н.В. Характеристики монодисперсной газожидкостной смеси при течении в вертикальной трубе / Н.В. Вакулкина, Б.К. Козьменко, О.Н. Кашицкий // Инженерно-физический журнал. – 1979. – Том 36, № 4. – С. 695–699.

УДК: 628.21

**Г.А. ВОЛКОВА, Н.Ю. СТОРОЖУК, С.В. АНДРЕЮК**

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

#### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОАГУЛЯНТОВ И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ**

The report examines the use of promising new coagulants and flocculants for intensification of natural water purification. coagulation treatment method used for the extraction of water stabilized and unstabilized surface-active compounds (surfactants) and fine colloidal substances which are not removed by mechanical means, ie, settling, flotation and filtration.

Основной и определяющей стадией очистки природных вод в условиях повышения загрязненности водонисточников остается коагуляция воды. Как известно, коагуляционный метод очистки применяется для извлечения из воды стабилизированных и нестабилизированных поверхностно-активными веществами (ПАВ) коллоидных и тонкодисперсных веществ, не удаляемых механическими методами, то есть отстаиванием, флотацией и фильтрованием. К коллоидным и тонкодисперсным веществам относятся частицы с гидравлической крупностью менее 0,3 мм/сек и имеющих дисперсность частиц менее 100 мкм. Ими могут быть органические гидрофобные загрязнения

(нефтепродукты), гидрофильные органические вещества (гумусовые, полисахариды, белки, лигнин), минеральные вещества (глинистые частицы, окислы различных металлов, карбонаты). Одновременно может происходить химическое осаждение растворенных органических и минеральных веществ, которые могут вступать в химическое взаимодействие с коагулянтами и флокулянтами с образованием нерастворимых соединений. К таким веществам относятся соли гуминовых и фульвокислот, анионные и катионные ПАВ, фосфаты, сульфаты, катионы и комплексные анионы тяжелых металлов.

Классическим коагулянтом для очистки природных вод является серноокислый алюминий. Это обусловлено высокой коагулирующей, адсорбционной и осадительной способностью данного реагента и продуктов его гидролиза в отношении большинства загрязнений природных вод. Однако серноокислый алюминий имеет и ряд недостатков: низкая эффективность и высокое содержание остаточного алюминия при низких температурах, сильное снижение pH воды и необходимость ее корректировки. В этой связи и с ужесточением санитарных требований к воде в последние годы в практике очистки природных вод большое внимание уделяется новым коагулянтам, основным солям алюминия, железосодержащим, смешанным, органическим и неорганическим коагулянтам, высокомолекулярным флокулянтам [1-8].

Первое место среди этих реагентов принадлежит полиоксихлориду алюминия, который в настоящее время производится не только зарубежными, но и отечественными фирмами [2, 3, 4].

Полиоксихлориды алюминия относятся к основным солям алюминия и отличаются основностью, то есть содержанием ОН-групп. Гидролиз полиоксихлорида алюминия (ПОХА) по сравнению с серноокислым алюминием сопровождается меньшим снижением величины pH воды, так как часть хлор-ионов уже замещены гидроксид-ионами. Следовательно, температура воды должна оказывать меньшее влияние на процесс гидролиза ПОХА. Исследования по использованию полиоксихлорида алюминия для очистки воды из источников, обладающих различными характеристиками загрязненности, показали, что эффективность ПОХА так же, как и серноокислого алюминия, зависит от показателей качества обрабатываемой воды, различий в технологии и оборудовании сооружений для коагуляции, различных методик проведения экспериментов в лабораторных условиях, и не всегда его применение лучше сульфата алюминия [5, 6]. При цветности исходной воды более 50 градусов и перманганатной окисляемости выше 11 мг/л очистка воды с применением ПОХА происходит менее эффективно [6]. Из других алумосодержащих коагулянтов следует отметить полиоксисульфат или дигидросульфат алюминия, смешанный коагулянт оксихлорсульфат алюминия марки «Касофт», в состав которого входят сульфат и хлор-ионы [2]. Эти коагулянты обладают высокой коагулирующей активностью, так как при их гидролизе образуются полимерные оксисульфатные и оксихлоридные комплексы, обладающие меньшей растворимостью и, следовательно, лучшей коагулирующей способностью, чем полиоксихлоридные.

Важным фактором, определяющим эффективность очистки воды неорганическими коагулянтами, является поддержание оптимальной величины pH, которая оказывает влияние как на процесс гидролиза неорганических коагулянтов, так и на степень диссоциации растворенных неорганических и органических веществ природного и

антропогенного происхождения, присутствующих в воде, а следовательно, на эффективность их извлечения. Так, например, гуминовые кислоты при низких рН диссоциируют с образованием отрицательно заряженных полимерных ионов, которые эффективно удаляются положительно заряженными органическими коагулянтами. Этим можно объяснить более высокую эффективность коагуляционной очистки цветных вод в кислой среде с корректировкой величины рН после отстойников [1]. В этой связи, основываясь на знании состава природных вод, химических свойств примесей, можно в значительной степени улучшить степень коагуляционной очистки воды путем регулирования только величины рН.

Другим способом интенсификации очистки природных вод коагуляцией является использование органических сильнозаряженных катионных коагулянтов типа ВПК-402, Суперфлок С-577, Феннопол К-211, Магнафлок LT-31, Балтфлок 28 РЗ [1], которые при малых дозах способны: снизить заряд коллоидных частиц и вследствие этого ускорить процесс слипания частиц с образованием микрохлопьев, а затем и макрохлопьев; вступать в химическое взаимодействие с органическими анионами гуминовых, фульвокислот и другими низкомолекулярными комплексными анионами тяжелых металлов с образованием нерастворимых веществ, удаляемых отстаиванием или фильтрацией; снизить мутность, перманганатную окисляемость воды.

Перспективным является применение катионных органических коагулянтов Метаида и Фогуцида [10], обладающих флокулирующей и обеззараживающей способностью, что позволяет исключить стадию хлорирования воды в процессах водоподготовки.

Заслуживают более широкого использования производимые на основе нефелинов смешанные алюмокремниевые коагулянты АКФК и РНК [2], которые, благодаря наличию в их составе кремниевой кислоты, обладают высокими коагулирующими и флокулирующими свойствами.

Выбор флокулянта, основным назначением которого является укрупнение микрохлопьев, образующихся в результате гидролиза коагулянта, зависит от заряда скоагулированных частиц, молекулярной массы и заряда флокулянта, наличия растворенных примесей. Поскольку при оптимальной для удаления взвешенных веществ дозе коагулянта скоагулированные частицы имеют слабый отрицательный заряд от 3 до 8 мВ, наиболее эффективным является применение органических слабокатионных высокомолекулярных флокулянтов, таких как Праестол 851, 611 (выпускаются российско-германскими предприятиями); Магнафлок LT -22; LT-22S (производства Германии).

В настоящее время отечественными и зарубежными фирмами предлагается обширный ассортимент флокулянтов, отличающихся молекулярной массой, основной группой (природа и количество ионогенных групп), товарной формой, санитарно-гигиеническими характеристиками. Флокулянты с широким спектром физико-химических характеристик под разными торговыми марками производятся следующими производителями: фирмой Ciba выпускаются флокулянты серий Zetag и Magnaflos; фирмой Stockhausen и российско-германским предприятием ЗАО «MSP» выпускаются флокулянты серии Praestol, американскими фирмами Cytec Ind – флокулянты серии Superflos, Nalco Chemical – флокулянты серии Nalco, российскими фирмами НИИ полимеров и ЗАО «Гель» – флокулянты серии К, ПО «Оргсинтез» – катионный флокулянт КФ 99 и многие другие.

Наибольшее распространение получили флокулянты на основе акриламида и его сополимеров с аминоалкиловыми эфирами метакриловой и акриловой кислот. Анализ имеющихся публикаций по флокуляционной очистке показывает, что в большинстве случаев исследуется ограниченное количество марок флокулянтов, что не всегда может привести к оптимальному техническому решению. Следует также учитывать трудности, обусловленные большим ассортиментом флокулянтов разных фирм-производителей.

В условиях сложной экономической ситуации в нашей стране одним из способов интенсификации процессов водоочистки, в том числе и коагуляционной, является совершенствование существующих сооружений: смесителей, камер хлопьеобразования, отстойников.

Окончательный выбор способов интенсификации процесса коагуляции должен проводиться на основе анализа качественного состава природной воды. Стадия «коагуляция – флокуляция – отстаивание» является решающей для достижения требуемой степени очистки воды, и для ее интенсификации наиболее перспективно использование новых коагулянтов и флокулянтов, механических смесителей и камер хлопьеобразования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Драгинский, В.Л. Повышение эффективности реагентной обработки воды на водопроводных станциях. ВСТ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 5. – С. 11.
2. Гетманцев, С.В. Состояние производства и импорта алюмосодержащих коагулянтов в России. ВСТ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 2. – С. 5.
3. Гетманцев, С.В. Комбинированная технология производства высокоэффективных коагулянтов. ВСТ / С.В. Гетманцев, В.С. Гетманцев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 8.
4. Гетманцев, С.В. Использование алюмосодержащих коагулянтов в Северо-Западном федеральном округе. Сообщение 2. Технология применения полиоксихлоридов алюминия для доочистки воды. Вода и экология / С.В. Гетманцев, И.Н. Мясников, В.А. Потанина, А.В. Сычев – 2002. – № 2. – С. 2.
5. Гумен, С.Г. Применение современных химических реагентов для обработки маломутных цветных вод. ВСТ / С.Г. Гумен, И.Н. Дарисенко, Е.А. Евельсон, П.П. Русанова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 12.
6. Храменков, С.В. Использование современных коагулянтов и флокулянтов в системе Московского водопровода. ВСТ / С.В. Храменков, О.Е. Благова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 5.
7. Герасимов, Г.Н. Процессы коагуляции-флокуляции при обработке поверхностных вод. ВСТ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 26.
8. Пииртола, Л. Коагулянты на основе трехвалентного железа для подготовки питьевой воды. ВСТ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 36.
9. Михайлов, В.А. Применение флокулянта ВПК 402 на водопроводе г. Ростов-на-Дону. ВСТ / В.А. Михайлов, А.В. Бутко, В.А. Лысов, А.А. Моктар, О.А. Самоследов, В.С. Ивлев, В.А. Борилько // Водоснабжение и санитарная техника. – 1997. – № 7. – С. 15.
10. Кузнецов, О.Ю. Очистка и обеззараживание воды бактерицидным полиэлектролитом. ВСТ / О.Ю. Кузнецов, Н.И. Данилина // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 10. – С. 8.
11. Журба, М.Г. Очистка и кондиционирование природных вод: состояние, проблемы и перспективы развития. ВСТ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 5. – С. 2.

УДК: 628.21

**Г.А. ВОЛКОВА, Н.Ю. СТОРОЖУК, С.В. АНДРЕЙОК**

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

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ**

Reliable and efficient operation of sewerage system is one of the most important components of health and environmental well-being of the city. In terms of water savings and an annual reduction of water consumption and wastewater system development priorities are to improve the quality of sewage water treatment and reliability of networks and facilities.

В связи с ростом населения, увеличением числа и размеров городов, расширением предприятий и, как следствие, возрастанием количества сточных вод, чрезвычайно важной становится надежность выполнения канализационной сетью своей функции. Рост урбанизации и размеров промышленных предприятий ведет к увеличению диаметров канализационных коллекторов. Основное назначение канализационной сети - транспортирование сточной жидкости на очистные сооружения. В процессе функционирования в работе канализационной сети возникают разного вида неисправности, относящиеся или к повреждениям, или к отказам.

К повреждениям, кроме неисправности люков, скоб колодцев, относятся также поступления на поверхность земли неочищенной сточной жидкости в небольшом количестве. Все состояния канализационной сети, при которых поступление неочищенных стоков на поверхность земли превышает экологический безопасный расход, являются неработоспособными. К работоспособным состояниям канализационной сети относятся те, при которых наблюдается нормальный уровень качества функционирования или сниженный до определенного допустимого предела [1]. Неисправности канализационной сети, при которых нарушаются нормальные условия транспортирования сточной жидкости и происходит ее поступление на поверхность земли, подразделяются на два вида: засорение и разрушение конструкций сети (или авария). При засорении канализационной сети уменьшается ее пропускная способность, выше места образования засора возникает подпор, приводящий к изливу неочищенной сточной жидкости на поверхность земли. Чаще всего засорения возникают на канализационной сети с небольшими диаметрами труб, с увеличением диаметров частота засорения уменьшается. На канализационных трубах диаметром 500 мм и более засорения наблюдаются редко. Анализ данных многолетних наблюдений показал, что число засорений на участках диаметром 200 мм по сравнению с диаметром 150 мм в 2 раза меньше, а на участках диаметром 400 мм по сравнению с диаметром 150 мм - меньше в 25 раз [2]. По статистическим данным, 95 % всех засорений устраняются проволокой или гибким валом при первом выезде бригады к месту засорения. Приблизительно 0,2-0,3 % засорений устраняются путем перекладки труб, около 3-3,5 % засорений требуют более сложных методов устранения и больше времени [3].



Участок канализационной сети, нуждающийся в перекладке, должен быть выключен из работы. Осушение выключаемого участка осуществляется путем устройства временной схемы транспорта сточной жидкости, минуя перекладываемый участок сети. Параллельно выключаемому участку по поверхности земли, если позволяет уклон, устраивается лоток или канава, по которым сточная жидкость из верхнего колодца ремонтируемого участка направляется в нижний колодец. Перед этим в верхнем колодце перекрывается поступление сточной жидкости в нижерасположенный ремонтируемый участок. По другой временной схеме, вместо лотка или канавы по поверхности земли прокладывают трубопровод, по которому насосами перекачивают сточную жидкость из верхнего колодца в нижний, минуя ремонтируемый участок. При этом обеспечиваются более благоприятные санитарно-гигиенические условия, так как неочищенная сточная жидкость не течет по земле с открытой свободной поверхностью. Так как перекладываемые участки имеют небольшие диаметры и по ним протекают небольшие расходы сточной жидкости, устройство временной схемы не вызывает больших технических трудностей и ликвидируется за короткое время.

Аварии на канализационных сетях или разрушение конструкций возникают на крупных коллекторах, расходы сточных вод которых значительны. Потоки сточной жидкости с большими расходами обладают значительной гидродинамической энергией и при неорганизованном изливе на поверхность земли могут вызывать существенные разрушения на своем пути. При реконструкции участков на крупных коллекторах необходимо осуществлять поочередное осушение (т.е. выключение из работы) реконструируемых участков трубопроводов диаметром от 1500 до 3000 мм. Схема осушения ремонтируемого участка коллектора диаметром 2000 мм и более предусматривает отвод сточной воды одновременно по двум магистральям. Основной байпас прокладывается внутри ремонтируемого участка из труб меньшего диаметра, по которому пропускается лишь до 50 % транспортируемого стока. Дополнительный напорный байпас прокладывается по поверхности земли в 2 нитки, одна из которых рабочая, другая резервная. При отсутствии временной схемы для осушения участка поступление неочищенных сточных вод на поверхность земли и далее в водоемы будет продолжаться в течение всего времени проведения ремонтных или восстановительных работ. Время проведения ремонтных работ при аварии крупных коллекторов колеблется от нескольких суток до полугода и даже года [4, 5].

Анализ условий работы канализационной сети позволяет сделать вывод, что по отношению к надежности функционирования в ней можно выделить 2 группы трубопроводов. К первой группе трубопроводов диаметром 600 мм и более относятся коллекторы, из которых в результате их разрушения и осушения для последующих восстановительных работ в окружающую среду сбрасывается большое количество неочищенной сточной жидкости. В первой группе трубопроводов выполнить в короткие сроки работы по организованному отводу неочищенной сточной жидкости в обход аварийного участка невозможно из-за дефицита времени, сложности устройства водотводящих сооружений, недостатка финансов. Ко второй группе относятся трубопроводы предположительно диаметром 500 мм и менее, из которых в окружающую среду поступает относительно небольшое количество неочищенной сточной жидкости, не представляющее угрозу для здоровья населения и экологически безопасное.

362625

Б И Б Л И О Т Е К А  
Брестского государственного  
технического университета

Неисправности этой группы трубопроводов вызываются в основном засорениями. При надлежащей организации и наличии необходимой техники может быть обеспечена высокая надежность функционирования канализационной сети, включающей вторую группу трубопроводов.

Комплекс мероприятий по повышению надежности трубопроводов первой группы направлен на внедрение эффективных средств диагностики технического состояния канализационной сети путем осмотра ее с помощью телевизионной техники и установление состояния материалов конструкции посредством разных типов дефектоскопов. Важным элементом, повышающим надежность функционирования канализационной сети, служит прогнозирование времени и места возможных аварий. Оно позволяет заблаговременно принять меры для предотвращения аварий, осуществить мероприятия для проведения ремонтно-восстановительных работ на коллекторе [6].

Все перечисленные мероприятия способствуют повышению надежности функционирования канализационной сети, увеличивают время ее безаварийной работы. Но полностью избежать необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ осуществлением ремонтируемого участка в ходе эксплуатации канализационной сети не удастся, и связанных с этим сбросов сточной жидкости в окружающую среду не избежать.

Для ликвидации неорганизованного сброса неочищенной сточной жидкости на поверхность земли и в водоемы в конструкцию канализационной сети вводят структурное резервирование, т.е. в конструкции сооружения предусматривают резервные элементы, позволяющие при отказе основных элементов выполнять их функции. В крупных городах, в которых канализационная сеть имеет значительную протяженность, при наличии благоприятных условий (близость трасс обеих сетей в плане, совпадение высотных отметок трубопроводов и соответствие их размеров, одновременность прокладки) для дублирования канализационной сети используют трубопроводы водостоков, при этом на обеих сетях строят специальные камеры с отключающими устройствами и соединительными ветками между ними. Своеобразным дублированием сети является так называемое «кольцевание сети», когда сточные воды из сети одного бассейна канализования перепускают в ближайшую сеть соседнего бассейна через разделяющий их водораздел [7].

Выполнение кольцевания или дублирования существующей канализационной сети значительно сложнее и дороже, чем если это предусматривать на стадии проектирования.

Для крупных городов уже на стадии проектирования генеральной схемы канализации целесообразно предусматривать возможность перераспределения (переброски) сточных вод между бассейнами канализования, кольцевания сетей внутри отдельных бассейнов. Кольцевание или дублирование канализационной сети может увеличить ее стоимость. Это положение в ряде случаев может оказаться справедливым, если прокладка параллельных коллекторов происходит одновременно. Если вначале строится один из двух параллельных коллекторов, а через какой-то промежуток времени – другой, т.е. в две очереди, то в этом случае экономический эффект раскрывается в рыночных затратах по очередям строительства.

Пропускная способность коллектора при его проектировании устанавливается на основе прогнозируемого через какое-то время расчетного расхода сточных вод, и в

начальный период своей эксплуатации действительный расход сточных вод значительно меньше расчетного. Это вызывает сложность в эксплуатации, т.к. скорости движения сточной жидкости малые, что приводит к заиливанию коллектора. В связи с этим с точки зрения лучших условий эксплуатации целесообразно вместо одного коллектора крупного диаметра сооружать два коллектора меньших диаметров с той же суммарной пропускной способностью. Ввод второго коллектора следует предусматривать через расчетный промежуток времени после пуска в эксплуатацию первого коллектора, когда возрастет расход сточных вод, при котором обеспечиваются незаляющие скорости в коллекторах.

Разрушение железобетонной конструкции коллектора, требующее его ремонта и, соответственно, осушения, вызывается в основном коррозией надводной части и наступает через 10–15 лет после ввода его в эксплуатацию. При параллельной прокладке двух коллекторов к этому времени следует планировать готовность к работе параллельной нитки коллектора, которая должна принять сточные воды ремонтируемого участка, что исключит неорганизованный сброс неочищенных сточных вод в окружающую среду и существенно повысит надежность работы канализационной сети.

Экономические достоинства одновременного строительства двух параллельных коллекторов вместо одного крупного определяются методом сравнительной эффективности.

Для повышения надежности канализационной сети целесообразно при диаметре труб начиная с 600 мм и выше предусматривать их дублирование. Такое решение улучшает условия эксплуатации на начальном периоде функционирования коллектора, существенно повышает ремонтпригодность канализационной сети и ее надежность.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гальперин, Е.М. Выбор показателей надежности канализационной сети / Е.М. Гальперин, А.К. Стрелков // Водоснабжение и санитарная техника. – М. – 2000. – № 12.
2. Евлевич, А.З. Ошибки в эксплуатации водопроводов и канализаций. – Л.: Изд-ство литературы по строительству, 1975.
3. Яковлев, С.В. Канализация: учебник для вузов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов. – М.: Стройиздат, 1975.
4. Непаридзе, Р.Ш. Реконструкция больших канализационных коллекторов крупных городов / Р.Ш. Непаридзе, М.А. Мордясов, Б.Г. Александровский, А.А. Клеменьтьев, Ф.Н. Трусов, К.Н. Лебедев, В.П. Исаев, А.И. Хрупов, А.В. Светлополянский, У.Г. Хусаинов, А.В. Чувев, М.Д.Сафин // Водоснабжение и санитарная техника – М. – 2002. – № 6.
5. Кармазинов, Ф.В. Надежность транспортировки сточных вод системой водоотведения Санкт-Петербурга / Ф.В. Кармазинов, Г.М. Тазетдинов, Ю.А. Ильин, В.С. Игнатчик, С.Ю. Игнатчик // Водоснабжение и санитарная техника. – М. – 1999. – № 7.
6. Дрозд, Г.Я. Надежность канализационных сетей / Г.Я. Дрозд // Водоснабжение и санитарная техника. – М. – 1995. – № 10.
7. Данилов, Д.Т. Эксплуатация канализационных сетей / Д.Т. Данилов – М.: Стройиздат, 1977.

УДК 504(476.7)

**А.А. ВОЛЧЕК<sup>1</sup>, И.В. БУЛЬСКАЯ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест

<sup>2</sup> Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ Г. БРЕСТА**

City environment is quite specific in terms of its hydrology: it is presented by mostly impervious surfaces, which are the reason of formation of significant amount of surface runoff. Various types of pollutants are reported to be found in urban runoff. For the city of Brest nutrients and suspended solids are components of primary interest in surface runoff, because it is drained in the r. Muhavets which falls to the transboundary river of Baltic Sea cathment – r. Western Bug.

Город представляет собой довольно специфическую в гидрологическом отношении среду: большинство городских поверхностей (таких, как покрытия дорог и тротуаров, крыш жилых домов и производственных зданий) непроницаемы для атмосферной влаги, что приводит к формированию большого количества поверхностного стока. Большая часть поверхностного стока с городских территорий перехватывается дренажной ливневой канализацией, которая, в свою очередь, доставляет сток в водоприемники.

В технической практике сложилось мнение, что поверхностный сток с городских территорий является относительно чистым. Однако исследования, проводимые учеными по всему миру, доказывают, что поверхностный сток с городских территорий может содержать существенные количества загрязнителей, таких как взвешенные вещества, тяжелые металлы, соли, нефтепродукты. Загрязнения накапливаются на городских поверхностях на протяжении сухих периодов, а затем смываются дождевыми осадками или талой водой в периоды снеготаяния. Состав поверхностного стока отличается в зимний и летний периоды и зависит от продолжительности сухих периодов и периодов выпадения осадков, частоты уборки улиц, мытья покрытий и применения антигололедных смесей. Источниками загрязнения поверхностного стока могут выступать вымывание загрязнений из атмосферы с осадками, продукты эрозии дорожных покрытий и почвы, масло и нефтепродукты от автотранспорта, элементы песчано-соляных смесей в зимний период, стоки с производственных территорий, а также протечки и несанкционированные врезки в трубы дренажной сети и др. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Проекты дренажной ливневой канализации зачастую предусматривают сброс поверхностного стока в реку-водоприемник без всякой очистки. Например, в г. Бресте из большинства коллекторов дренажной сети сброс поверхностного стока в р. Мухавец осуществляется непосредственно, и только небольшой процент поверхностного стока подвергается очистке.

Регулярный мониторинг состава поверхностного стока охватывает лишь небольшое число показателей, предусмотренных белорусскими нормативными документами, и не отражает реальной степени загрязненности стока. Исследованию поверхностного стока в белорусских научных кругах уделяется относительно немного внимания, в то время как ряд исследований доказывает, что поверхностный сток может существенно влиять на состав принимающего водотока. Например, сброс неочищенного поверхностного стока приводит к возрастанию концентраций нутриентов, некоторых тяжелых металлов, нефтепродуктов, биологического и химического потребления кислорода [1, 11, 12].

Существенный вред водоприемнику может нанести сброс больших количеств взвешенных веществ, содержание которых в поверхностном стоке является значительным. Сброс стоков, содержащих избыток взвешенных веществ, приводит к увеличению мутности воды в водоприемнике, что затрудняет проникновение света в глубокие слои водотока и, таким образом, негативно сказывается на жизнедеятельности придонной растительности. Адсорбированные на поверхности взвешенных частиц вещества окисляются за счет растворенного кислорода, снижая таким образом его концентрацию и способствуя замене аэробных процессов на анаэробные. Кроме того, адсорбированные на поверхности взвешенных частиц загрязнения могут высвобождаться уже после попадания взвесей в водоток, а значит, служить источником вторичного загрязнения [5].

Особый интерес для территории г. Бреста представляет изучение вклада поверхностного стока с территории города в загрязнение р. Мухавец нутриентами – соединениями азота и фосфора. Избыточные количества нутриентов могут вызывать эвтрофикацию водоемов, т.е. резкое повышение уровня первичной продукции: массовое развитие микроскопических водорослей, что уменьшает прозрачность воды. Симптомами эвтрофикации водных объектов так же являются такие негативные последствия, как зарастание прибрежной зоны водными растениями, а также увеличение количества эпифитов и макроскопических водорослей. В результате увеличивается потребление кислорода на разложение органического вещества, что снижает содержание растворенного в воде кислорода (особенно в придонных слоях). Снижение содержания кислорода, а также образование сероводорода могут приводить к замору рыб и других водных организмов; многие сине-зеленые водоросли, активно развивающиеся в эвтрофных водоемах, являются ядовитыми.

Река Мухавец впадает в реку Западный Буг – трансграничную реку бассейна Балтийского моря. Таким образом, сбрасываемые в р. Мухавец загрязнения весьма вероятно вовлекаются в трансграничный перенос вещества. Испытывая значительную антропогенную нагрузку, Балтийское море ежегодно страдает от проблемы эвтрофикации. В 2007 году в ходе внеочередной встречи министров Хельсинкская Комиссия издала План действий по вопросам Балтийского моря, предусматривающий рекомендации по сокращению сброса нутриентов всеми странами бассейна Балтийского моря. Эти рекомендации затрагивают, в частности, сокращение сброса соединений азота и фосфора в р. Мухавец.

Таким образом, для Бреста актуальным является изучение состава поверхностного стока с городской территории, выявление источников загрязнения и степени влияния поверхностного стока на загрязнение вод р. Мухавец в городской среде. По предварительным данным наших исследований, количество взвешенных веществ, неорганического фосфора и азота в поверхностном стоке является достаточно высоким, что может негативно сказываться не только на экологическом состоянии р. Мухавец, но и оказывать влияние на р. Западный Буг. Т.к. сброс поверхностного стока из большинства коллекторов дренажной сети осуществляется без очистки, то может быть нанесен значительный урон экосистеме р. Мухавец, как в краткосрочном плане, так и в долгосрочной перспективе, за счет сложного поведения в водоеме сбрасываемых примесей.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Галанцева, Л.Ф. Современное состояние экологии малых водных объектов низкого Заволжья на примере окрестностей г. Чистополя / Л.Ф. Галанцева // Вестник Казанского технологического университета. – Казань. – 2006. – № 2. – С. 321–327.
2. Saget, A. Urban discharges during wet weather: What volumes have to be treated? / A. Saget et al. // Water Science Technology. – 1995. – Vol. 32, Issue 1 – Pp. 225–232.
3. Singh, G. Evaluating performance and effectiveness of water sensitive urban design / G. Singh, J. Kandasamy // Desalination and Water Treatment. – 2009. – Vol. 11. – Pp. 144–150.
4. Лукашевич, О.Д. Геоэкологическая и экономическая оценка управления ливневыми сточными водами (на примере г. Томска) / О.Д. Лукашевич, Т.П. Хохлова // Инженерная экология. – М.: Инженерная экология. – 2011. – № 3 – С. 54–61.
5. Суйкова, Н.В. Свойства мелкодисперсных техногенных наносов и их влияние на русловый процесс и самоочищение речной воды / Н.В. Суйкова, Ю.В. Брянская, В.С. Боровков // Водные ресурсы. – М.: Наука. – 2012. – Т. 39, № 2. – С. 186–194.
6. Шукин, И.С. Качественный состав поверхностного стока с территории г. Перми / И.С. Шукин, А.Г. Мелехин // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. – 2012. – № 4. – С. 110–118.
7. Яромский, В.Н. О влиянии антропогенных нагрузок на качество воды рек Мухавец и Лесная // В.Н. Яромский [и др.] / Брэсцкі геаграфічны веснік. – Брест. – 2003. – Том 3. Вып. 1. – С. 82–87.
8. Машина, Л.Л. Эколого-экономические аспекты эксплуатации систем дождевой канализации / Л.Л. Машина, Э.И. Горяинов, Г.А. Демёхин // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вып. 251 – С. 196–203. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uhmi.org.ua> – Дата доступа: 11.01.2012.
9. Невзорова, А.Б. Мониторинг техногенной нагрузки от поверхностных сточных вод на городскую дождевую канализацию / А.Б. Невзорова [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2. – С. 61–66.
10. Карпук, В.К. Техногенные источники воздействия на качество природных вод в бассейне реки Ясельда / В.К. Карпук, Ю.С. Галах // Брэсцкі геаграфічны веснік. – Брест. – 2004. – Том 4. Выпуск 1. – С. 51–55.
11. Duda, A.M. Water quality in urban streams: what we can expect? / A.M. Duda, D.R. Jenat, D.N. Penrose // Water Pollution Control Federation Journal. – 1982. – Vol. 54. No. 7. – Pp. 1139–1147.
12. Whipple, W. Unrecognized pollution from urban runoff / W. Whipple, J.V. Hunter, S.L. Yu // Water Pollution Control Federation Journal. – 1974. – Vol. 5. No. 5. – Pp. 873–885.

УДК 628.648

**Р.Н. ВОСТРОВА, Д.В. МАКАРОВ**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБМЫВКИ ВАГОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАВИТАЦИОННОГО НАСАДКА

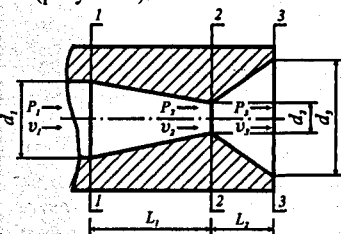
In this article the question of the use of cavitation when washing wagons. Selected form nozzle, been calculated of its dimensions and flow parameters. Determined by water temperature approximate pump characteristics

Применение энергосберегающих технологий актуально для предприятий железнодорожного транспорта. В данной статье предлагается использовать энергию кавитационной струи вместо традиционной обмывки вагонов нагретой водой.

Явление кавитации возникает в напорных трубопроводах, в случае снижения давления в них до давления насыщенных паров рассматриваемой жидкости при данной температуре. Т.к. явление кавитации возникает, как правило, в сужающихся сечениях трубопроводов, то согласно закону сохранения энергии, в расширяющейся части трубопровода давление возрастает, а скорость падает.

В этом случае из жидкости начинают активно выделяться пузырьки растворенных в ней газов. Лопаясь на поверхности трубопровода, они вызывают локальное кратковременное давление, выбивая молекулы металла, что может даже привести к эрозии материала трубопровода. Опытными испытаниями установлено, что кавитационная струя сохраняет свои свойства, попадая в атмосферу на расстоянии пяти сантиметров при выходе из насадка.

В качестве кавитационного насадка предлагается насадок, состоящий из двух частей (рисунок 1):



- конически сходящейся части (конфузорной), которая способствует увеличению скорости движения жидкости и снижению давления до давления насыщенных паров жидкости при данной температуре, что приводит к выделению пузырьков газов;

Рисунок 1 – Схема канала кавитационного насадка

- диффузорной части, в которой происходит снижение скорости и увеличение давления, что приводит к схлопыванию кавитационных пузырьков на поверхности вагонов.

Расчет оптимальных геометрических параметров насадка и расхода протекающей внутри него воды должен обеспечить такой уровень освобождающейся энергии, при котором происходит только удаление жировой пленки без эрозионного разрушения внешней поверхности стенок вагона.

Зададимся некоторыми реальными значениями основных параметров потока воды на входе в насадок (сечение 1-1) и исходными его размерами. Примем, в частности, давление на входе  $P_1 = 2 \cdot 10^5$  Па, скорость движения потока  $v_1 = 3$  м/с, диаметр  $d_1 = 0,1$  м и длину участка сужения  $L_1 = 0,175$  м.

Определим значение этих же параметров в сечении 2-2 при выполнении условия неразрывности потока жидкости и равенства давления  $P_2$  давлению насыщенных паров воды.

Скорость  $v_2$  определим из уравнения неразрывности потока:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2},$$

где  $A_1, A_2$  – площади поперечных сечений канала насадка в сечениях 1-1 и 2-2;

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4},$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 0,00785 \text{ м}^2.$$

Принимаем угол схождения конусной части  $\theta = 11,25^\circ$ . Расчет величины диаметра в сечении 2-2 дает  $d_2 = 0,0395$  м. Тогда

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4},$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot 0,0395^2}{4} = 0,00123 \text{ м}^2.$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot A_1}{A_2},$$

$$v_2 = \frac{3 \cdot 0,0785}{0,000995} = 19,21 \text{ м/с}.$$

Для использования формулы Бернулли определим суммарные потери сопротивления на участке 1-2. Описываются они соотношением:

$$h_m = \frac{\zeta \cdot v_2^2}{2g}.$$

Коэффициент сопротивления  $\zeta$  рассчитывается по формуле Альтшуля:

$$\zeta = \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot k,$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент сужения струи;

$k$  – коэффициент смягчения.

Приближенное значение коэффициента  $\varepsilon$  определяется по формуле:

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{A_1}{A_2}},$$



$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{0,00123}{0,00785}} = 0,616.$$

Значение коэффициента  $k$  берется из таблицы 1 [3], определяющей его зависимость от угла схождения  $\theta$ .

После интерполяционного расчета получаем  $k = 0,25$ .

Следовательно,

$$\zeta = \left( \frac{1}{0,616} - 1 \right)^2 \cdot 0,25 = 0,098 \text{ и } h_m = 0,098 \frac{19,21^2}{2 \cdot 9,81} = 1,83 \text{ м.}$$

Тогда давление  $P_2$  в сечении 2-2 можно рассчитать используя уравнение Бернулли [1], располагая линией сравнения на геометрической оси насадка:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{a_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{a_2 v_2^2}{2g} + h_m.$$

где  $z_1, z_2$  – координаты высот геометрических центров поперечных сечений канала насадка в положениях 1-1 и 2-2;

$\gamma_1, \gamma_2$  – удельные веса жидкости в моменты прохождения сечений 1-1 и 2-2. Принимаем с достаточной степенью точности  $\gamma_1 = \gamma_2 = 9807 \text{ Н/м}^3$  [2];

$a_1, a_2$  – коэффициенты Кориолиса для сечений 1-1 и 2-2. Так как режим движения жидкости турбулентный, то  $a_1 = a_2 = 1$ ;

$g$  – ускорение свободного падения тела равно  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Из последнего соотношения получаем

$$P_2 = \left( \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - h_m \right) \cdot \gamma.$$

$$P_2 = \left( \frac{2 \cdot 10^5}{9807} + \frac{3^2 - 19,21^2}{2 \cdot 9,81} - 1,83 \right) \cdot 9807 = 2134 \text{ Па.}$$

Полученное давление весьма близко подходит к давлению насыщенных паров для воды при температуре  $19^\circ\text{C}$ , которое равно  $2198 \text{ Па}$ . При таких условиях возможно возникновение кавитации.

Параметры потока в сечении 3-3 получены также на основании уравнения Бернулли и уравнения неразрывности движения. Таким образом, скорость на выходе из насадка  $v_3 = 5,35 \text{ м/с}$ , угол конусности равен  $30^\circ$ , длина диффузорной части  $L_2 = 0,025 \text{ м}$ , диаметр  $d_3 = 0,075 \text{ м}$ , напор  $H_3 = 18,9 \text{ м}$ .

Ожидается, что осуществить описанный процесс можно на основе гидронасоса, имеющего давление струи воды в пределах 2–2,5 атмосферы и расход воды до  $85 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Железняков, Г.В. Гидравлика и гидрология. – М.: Транспорт, 1989. – 49 с.

Сборник задач по гидравлике. – К.: Вища школа, 1972. – 9 с.

Богомолов, А.И. Гидравлика / А.И. Богомолов, К.А. Михайлов – М.: Стройиздат, 1972. – 647 с.

УДК 628.316

**Р.Н. ВОСТРОВА, М.В. ТУКАЧ, Т.А. СМАРЧЕНКО**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г. Гомель

### **КОМПОСТИРОВАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕЛЕНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДА**

The results of studying problem utilization sediments flowing waters are stated in the given paper

Вследствие отсутствия в течение длительного времени должного внимания к проблеме переработки ОСВ объемы их утилизации в Республике Беларусь незначительны. Не налажен должный учет, нет полной информации о составе и свойствах осадков, образующихся на очистных сооружениях.

Выбор путей утилизации ОСВ основывается на нормативной документации:

- в Польше разработки и инвестиции в области утилизации ОСВ регулируются польским законодательством по охране окружающей среды;

- в РФ с 2001 действует ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, регламентирующий утилизацию ОСВ [1];

- Украина выпускает удобрения на основе осадков сточных вод, сертифицированные и отвечающие требованиям ТУ 204 Украины 76-93;

- в странах ЕС действует Директива 86/278/ЕЕС от 12 июня 1986 г. по охране окружающей среды и особенно почвы, в связи с использованием осадков в сельском хозяйстве, называемая сокращенно Директивой по осадкам [2];

- в Республике Беларусь нет нормативной базы по использованию ОСВ в зеленом строительстве города.

Вследствие отсутствия в течение длительного времени должного внимания к проблеме переработки и рациональному использованию, ОСВ на очистных сооружениях г. Гомеля хранятся на иловых картах или складируются на полигоне ТБО. Строительство завода по сжиганию ОСВ в г. Гомеле экономически нецелесообразно, так как объем осадков недостаточен для работы его на полную мощность.

На очистных сооружениях (ОС) г. Гомеля расход осадка из первичных отстойников составляет 498 м<sup>3</sup>/сут, расход избыточного ила – 842 м<sup>3</sup>/сут. Общий расход осадков, подлежащих обезвоживанию, составляет 1340 м<sup>3</sup>/сут. В настоящее время на ОС сложилась критическая ситуация с хранением ОСВ (объем 288000 м<sup>3</sup>), который складируется на иловых картах, занимающих площадь свыше 17 га, расположенных в 4 км от городской застройки и в 1 км от д. Уза.

Осадок очистных сооружений г. Гомеля возможно использовать для создания компоста. Готовится такой компост в любое время года. Соотношение торфа и осадка зависит от количества ОСВ и времени закладки компоста.

Осадок, поступающий на иловые карты, имеет влажность 96–98 %. На иловых площадках он подсушивается в среднем до влажности 75 %, вследствие чего, его объем уменьшается в 3–8 раз. Подсушенный осадок имеет структуру влажной земли.

В тех случаях, когда нет специальной техники для механизированного смешивания компостов, компост готовится послойным методом.

Ориентировочное время созревания компоста – 2 месяца в летний период и 3 месяца в зимний. Для улучшения созревания рекомендуется в этот период 2–3 раза перемешать компост погрузчиком непрерывного действия ПНД-250. С его помощью можно не только перемешивать компост, но и грузить его в транспортные средства для транспортировки.

Таким способом можно перерабатывать до 23500 м<sup>3</sup> подсушенного ОСВ в год, то составляет примерно 117500 м<sup>3</sup> в год влажного осадка, поступающего на иловые арты – это около 25% всего осадка, образующегося на гомельских очистных сооружениях. Исходя из этого, в год можно производить около 58800 м<sup>3</sup> компоста.

Первоначальные капитальные затраты включают в себя: затраты на покупку специальной техники  $Z_т$ ; затраты на строительство площадки для компостирования.

$$Z_т = C_{пнд} + C_б;$$

$$Z_т = 12500 + 32000 = 44500 \$,$$

где  $C_{пнд}$  – стоимость погрузчика непрерывного действия ПНД-250,

$$C_{пнд} = 12500 \$;$$

$$C_б – \text{стоимость бульдозера Т - 130, } C_б = 32000 \$.$$

Необходимо оснастить площадку для приготовления компоста дренажной системой. Стоимость насоса GRUNDFOS Unilift KP 250-M1 составляет  $C_н = 400 \$$ . Стоимость труб и фитингов для дренажа  $C_{тр} = 2584 \$$ . Стоимость выполнения строительно-монтажных работ по ресурсно-сметным нормам составит  $C_{смп} = 67200000$  руб. (8200 \$). Стоимость укладки асфальтового покрытия  $C_а = 276000000$  руб. (33660 \$).

Первоначальные капитальные затраты составят:

$$Z_к = Z_т + C_н + C_{тр} + C_{смп} + C_{сгр};$$

$$Z_к = 44500 + 400 + 2584 + 8200 + 33660 = 89334 \$.$$

Ежемесячные затраты на изготовление компоста состоят из стоимости исходных материалов, горюче-смазочных материалов, заработной платы рабочих.

Необходимый объем торфа 35300 м<sup>3</sup> в год. При средней цене 10 \$ за 1 м<sup>3</sup>, затраты на приобретение торфа составят 353000 \$ или 29417 \$ в месяц. Затраты на горюче-смазочные материалы зависят от расхода топлива специальной техники, в месяц составляют:

$$C_{гсм} = C_{дт} \cdot (P_{пнд} + P_б),$$

где  $P_{пнд}$  – расход погрузчика непрерывного действия ПНД-250;

$$P_б – \text{расход бульдозера Т-130;}$$

$$C_{дт} – \text{стоимость 1 литра дизельного топлива, } C_{дт} = 0,83 \$.$$

Расход погрузчика ПНД-250 17 дм<sup>3</sup>/ч дизельного топлива. При 8-часовой рабочей смене за месяц, со средним числом рабочих дней 22, расход составит 2992 дм<sup>3</sup>/мес. Расход бульдозера Д-130 составляет 25 л/ч, или 4400 дм<sup>3</sup>/мес. дизельного топлива.

$$C_{гсм} = 0,83 \cdot (2992 + 4400) = 6135 \$.$$

В год затраты на приобретение ГСМ составят 73620 \$. Общая сумма затрат:

$$M = C_{торфа} + C_{гсм};$$

$$M = 29417 + 6135 = 35552 \$.$$

Амортизационные отчисления от стоимости техники:

$$O_а = (Z_т + C_н) \cdot N_а / 12 / 100;$$

$$O_а = (44500 + 400) \cdot 10 / 12 / 100 = 374 \$,$$

где  $N_а$  – годовой норматив амортизационных отчислений от стоимости техники,  $N_а = 10 \%$ .

Текущие затраты на месячный выпуск компоста:

$$T_{м.з} = (M + P_{з.р} + O_a + O_{з.р}) (1 + П_{пр.з} / 100);$$
$$T_{м.з} = (35552 + 1600 + 374 + 560) (1 + 10 / 100) = 41895 \$,$$

где  $П_{пр.з}$  – процент прочих затрат на выпуск компоста,  $П_{пр.з} = 10 \%$ .

Себестоимость почвоулучшающих композиций:

$$C_{т.б} = T_{м.з} / V_{м.п};$$
$$C_{т.б} = 41895 / 7840 = 5,3 \$,$$

где  $V_{м.п}$  – ежемесячный полезный выпуск компоста  $V_{м.п} = 7840$  т.

Рекомендуемая отпускная цена компоста составит  $Ц_{т.б} = 50$  \$/т. Период возврата капитальных затрат:

$$П_{в.к.з} = 3_k / [(Ц_{т.б} - C_{т.б}) \cdot V_{м.п}],$$
$$П_{в.к.з} = 89334 / [(50 - 5,3) \cdot 7840] = 1 \text{ месяц},$$

где  $3_k$  – единовременные первоначальные затраты,  $3_k = 41\ 584$  \$.

Утилизация осадков сточных вод позволит не только прекратить дальнейшее увеличение занимаемых иловыми картами площадей, но и вернуть ценный, богатый гумусом грунт в народнохозяйственный оборот. ОСВ хранятся на открытых площадках, что вызывает появление неприятного запаха.

Использование ОСВ в качестве почвоулучшающих композиций также позволит сократить использование минеральных удобрений.

Зеленые насаждения не только придают городу красивый вид, один квадратный метр травы в течение года способен скапливать до полукилограммов пыли, которая потом вымывается дождевыми потоками. В последние годы в озеленении и благоустройстве стали популярны рулонные газоны. Эксперименты МГУП «Мосводоканал» показали, что при использовании ОСВ в короткие сроки может быть выращена дернина очень высокого качества.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений: ГОСТ Р 17.4.3.07-2001.
2. Директива Совета от 12 июня 1986 г. о защите окружающей среды и, в частности почвы, при применении шлама сточных вод в сельском хозяйстве: 86/278/ЕЕС.
3. Бенгт Х. Использование осадка в качестве источника сырья и энергии / Х. Бенгт, Л. Пииртола // За рубежом. – 2001.

УДК 502.55

**Л.Н. ГЕРТМАН**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

#### **НОРМИРОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ ОСОБО ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СОСТАВЕ СТОЧНЫХ ВОД**

The article is devoted to the proposals for control of maximum allowable concentration of dangerous substances in waste water.

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) являются высокотоксичными веществами, стойкими к разложению в окружающей среде, обладают способностью биоаккумуляции и даже в чрезвычайно малых концентрациях могут проявлять генотокси-

еский, иммунотоксический и канцерогенный эффекты. Проблема применения таких загрязнителей международным сообществом определена как глобальная экологическая угроза, требующая принятия немедленных мер. В целях реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, предотвращения и минимизации их отрицательного влияния на окружающую среду и здоровье населения Указом Президента Республики Беларусь от 27 июня 2011 г. утвержден Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в 2011–2015 годах [5].

В числе прочих первоочередной задачей Национального плана является формирование и совершенствование законодательства Республики Беларусь в области обращения со стойкими органическими загрязнителями.

Учитывая значительный ущерб, наносимый СОЗ окружающей среде, предлагается установить допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, отводимых в водные объекты, в части особо опасных загрязняющих веществ.

В настоящее время нормирование качества сточных вод производится согласно ТКП 17.06-08-2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод» [4], разработанный с учетом опыта нормирования качества сточных вод в первую очередь Европейского Союза (ЕС). Для установления порядка определения допустимых концентраций и допустимых сбросов особо опасных загрязняющих веществ в сточных водах, отводимых в водные объекты, предлагается внести ряд изменений и дополнений в ТКП 17.06-08-2012 с учетом опыта европейских стран.

Основополагающим стандартом в области охраны водные ресурсы является «Водная рамочная директива» (ВРД) (Директива 2000/60/ЕС), общей целью которой является достижение «хорошего состояния» вод к 2015 году [1]. Содержание приоритетных загрязняющих веществ должно соответствовать стандартам качества окружающей среды.

Директива 2008/105/ЕС «О стандартах качества окружающей среды в области водной политики» устанавливает нормы содержания в воде веществ или групп веществ, борьба с загрязнением которых требует первоочередных мер и включает 41 вещество (33 приоритетных вещества, определенных ВРД, и дополнительно 8 загрязняющих веществ (в частности пестициды, тяжелые металлы, ПАУ и др.) [2]. Нормируются их среднегодовые значения и максимально допустимые значения.

В Республике Беларусь в перечне предельно допустимых концентраций (ПДК) в воде рыбохозяйственных водных объектов около 680 веществ, из перечня [2] нормативы установлены для 13 веществ и их соединений, в ТКП 17.06-08-2012 [2] – только для 5.

Приведенное выше свидетельствует о необходимости принятия ограничений и запретов на сброс стойких органических загрязнителей и других особо опасных загрязняющих веществ в составе производственных и коммунальных сточных вод, с учетом положений ЕС.

В первую очередь предлагается запретить к сбросу в сети канализации и водные объекты СОЗ и ряд особо опасных загрязняющих веществ. Это:

- циклодиеновые пестициды, в том числе: алдрин, дизлдрин, эндрин, изодрин;
- бромдифенилэферы (PBDE);

- бромистый метил;
- гексахлорбензол;
- гептахлор;
- гексахлорциклогексан, смесь изомеров (ГХЦГ, гексахлоран); гексахлорциклогексан (Гамма-изомер, Линдан);
- гексабромдифенил;
- гексабромдифениловый эфир;
- гептабромдифениловый эфир;
- ДДТ общее содержание: ДДТ пара-пара (1,1,1 трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)-этан), ДДТ орто-пара (1,1,1 трихлор-2,4 -бис(4-хлорфенил)-этан, ДДД (1,1,1 трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)-этан, ДДЕ (1,1 трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)-этан;
- мирекс;
- октилфенол ((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол));
- перфтороктановая сульфоновая кислота и ее соли;
- пентахлорбензол;
- пентабромдифениловый эфир;
- полихлорированные бифенилы (ПХБ);
- полициклические ароматические углеводороды: бензо(а)пирен, бензо(б)флюорантен, бензо(г,и,и) пирилен, бензо(к)флюорантен, инден(1,2,3-сд)пирен;
- полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны (ПХДД/ПХДФ);
- хлордекон;
- хлордан.

Для веществ, для которых согласно Директиве 2008/105/ЕС установлены нормативы содержания в поверхностных водах и имеются установленные нормативы в национальном законодательстве, предлагается установить нормативы допустимых концентраций (ДК) в сточных водах не более 1 ПДК в воде рыбохозяйственных водных объектов согласно Постановлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. №43/42 [3]. Для веществ, для которых установлены нормативы содержания в поверхностных водах согласно Директиве 2008/105/ЕС, но не установлены нормативы в национальном законодательстве, предлагается ввести нормативы ДК содержания в сточных водах не более 1 ПДК, включенных в приложение 1 для внутренних поверхностных вод данной директивы [2] (таблица).

Таблица – Сравнение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах согласно законодательству Беларуси (РБ) [3] и Европейского Союза (ЕС) [2]

Вещество	ПДК РБ, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК ЕС мкг/дм <sup>3</sup>
Алахлор		0,7
Антрацен		0,4
Гексахлорбутадиеп (перхлордивинил)		0,6
Ди(2-этилгексил)фталат (Диоктилфталат)		1,3
Дихлорметан Метилеп хлорид (Хлористый метилеп)	9,4	20
Нафталин	0,004	2,4

Нонилфенолы (4-(пара)-нонилфенол)		2,0
Пентахлорфенол		1,0
Трибутилово соединения (Трибутилово-катион)	0,00001	0,0015
Трихлорметан (Хлороформ)	0,005	2,5
Флуорантен		1,0
Хлорсодержащие углеводороды C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub>		1,4
Трихлорбензол (смесь изомеров) (1,2,3-трихлорбензол и 1,2,4-трихлорбензол)	0,001	0,4
2-Хлор-4-этиламино-6-изопропиламино-1,3,5-триазин (Атразин)	0,005	2,0
2-Хлор-4,6-бис-(этиламино)-1,3,5-триазин (Симазин)	0,0024	4
0-(3,5,6-трихлорпиримидил-2)-0,0-диэтилтиофосфат (Хлорпирифос)		0,1
1,4,5,6,7,7-Гексахлор-8,9,10-тринорборн-5-ен-2,3-илен-бис-метилен)сульфит (Тиодан, Эндосульфан)	0,000023	0,01
3-(4-изопропилфенил)-1,1-диметилмочевина (Изопротурон)		1,0
Этилдихлорид (1,2-Дихлорэтан)	0,1	10
2-Хлор-1-(2,4-дихлорфенил) винилдиэтил фосфат (Хлорфенвинфос)		0,3
2,6-Динитро-N,N-дипропил-4-трифторметиланилин (Трифлуралин, Трефлан)	0,0003	0,03
N-(3,4-Дихлорфенил)-N, N'-диметилмочевина (Диурон)	0,0015	1,8

Необходимо отметить, что документ по внесению изменений и дополнений в ТКП 17.06-08-2012 в части нормирования особо опасных загрязняющих веществ находится на стадии разработки. Предполагается нормировать вещества в зависимости от специфики производства, что является одним из принципов, заложенных в ТКП 17.06-08-2012.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy [Electronic resource] / EUR-Lex Access to European Union law. – Mode of acces: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:EN:PDF> – Date of acces: 28.06.2013.
2. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council [Electronic resource] / EUR-Lex Access to European Union law. – Mode of acces: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:EN:PDF> Date of acces: 28.06.2013.
3. О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 8 мая 2007 г., № 43/42 // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, [Электронный ресурс]. – Минск, 2010–2013.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: ТКП 17.06-08-2012 / УП "Центр международных экологических проектов, сертификации и аудита "Экологияинвест" [Электронный ресурс]. – Минск, 2010.
5. Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в 2011–2015 годах: Указ Президента Республики Беларусь, 27 июня 2011г., № 271 / Мин-во сельск.хоз-ва и продовол. [Электронный ресурс]. – Минск, 2007-2013.

УДК 556.536

**С.А. ДУБЕНОК**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

## **ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К УСТАНОВЛЕНИЮ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

The article analyzes the possible changes in the environmental situation in the river basin Svisloch in the transition to a new system of regulation of waste water discharges.

Являясь стороной Конвенции ЕЭК ООН «Об охране и использовании трансграничных водотоков и международных озер» от 17 марта 1992 года [1], Республика Беларусь в последнее десятилетие активно проводит политику гармонизации национального природоохранного законодательства в области управления водными ресурсами, в том числе и трансграничными, с законодательством стран ЕС, Российской Федерации и Украины.

Гармонизация национального законодательства с законодательством стран ЕС подразумевает не только сближение подходов к управлению трансграничными водными ресурсами путём внесения изменений в действующее нормативные правовые акты, но и разработку технических нормативных правовых актов, регламентирующих конкретные направления в области использования и охраны водных ресурсов.

Одним из таких направлений является нормирование отведения сточных вод в окружающую среду. Анализ европейских подходов к нормированию отведения сточных вод показал, что они существенно отличались от подходов, применяемых в Республике Беларусь.

Требования европейского законодательства ориентированы на применение наилучших доступных технических методов (НДТМ), позволяющих минимизировать образование загрязнений, в сочетании с минимальными обязательными требованиями к очистке сточных вод, отводимых в окружающую среду. Например, Директива по очистке городских сточных вод [2] устанавливает требования эффективности биологической очистки сточных вод по показателю БПК<sub>5</sub> на уровне 75–90 %, а по показателю ХПК – не ниже чем на 75 %. В ряде случаев Директива устанавливает требования к степени очистки сточных вод от биогенных элементов в зависимости от мощности очистных сооружения или объема загрязняющих веществ, выраженных в эквивалентах населения.

Требования Директивы являются концептуальными для государств ЕС и более подробно реализуются в национальных законодательствах стран в виде различных нормативных документов.

Аналогичный подход при нормировании отведения сточных вод был позаимствован из европейского законодательства и положен в основу ТКП 17.06-08-2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод» [3], который начал применяться в Республике Беларусь с 1 января 2013 г.



Согласно ТКП 17.06-08-2012 установление допустимых концентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод осуществляется в зависимости от категорий точных вод (хозяйственно-бытовые, производственные, поверхностные или смешанные). Подход также сочетает в себе установление допустимых концентраций исходя из показателей степени удаления веществ из сточных вод в процессе биологической очистки и расчёт допустимых концентраций с учётом ассимилирующей способности водного объекта.

Таким образом, частично сохранены ранее действовавшие в Республике Беларусь подходы к установлению допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах (и действующие в настоящее время в Российской Федерации и в Украине) использованы европейские подходы нормирования водоотведения.

В связи с принятием данного ТКП возникла необходимость пересмотра допустимых концентраций и допустимых сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод предприятий, отводящих загрязнения в водные объекты.

Анализ возможных изменений экологической обстановки на водном объекте при переходе на обновлённую систему нормирования отведения сточных вод на основе КП 17.06-08-2012, был проведен на примере бассейна реки Свислочь.

Для всех водопользователей в пределах бассейна реки Свислочь (14 предприятий тводят сточные воды непосредственно в водные объекты бассейна) изучены условия юрмирования качества сточных вод, проведены расчёты и обоснование допустимых онцентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод.

На балансе указанных предприятий согласно действующим разрешениям на специальное водопользование находится 25 выпусков сточных вод в различные водные бъекты в бассейне р. Свислочь (Лошица, Сенница, Волма и др.) и непосредственно в аму р. Свислочь.

Основной объём сточных вод отводится непосредственно в р. Свислочь в виде озяйственно – бытовых и производственных сточных вод, а также поверхностных точных вод с территории г. Минска.

По структуре водоотведения преобладают хозяйственно – бытовые сточные воды смешанный сток (смесь производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод) т коммунальных предприятий и оздоровительных объектов на территории бассейна.

Отведение производственных сточных вод в водные объекты осуществляют 5 редприятий: ТЭЦ-2 (г. Минск), ТЭЦ-5, ОАО «Рыбхоз «Волма», ОАО «Рыбхоз Свислочь» и ОАО «Белтрансгаз» КС Минская.

Отведение поверхностных сточных вод в водные объекты осуществляют ОАО Камволь» и РЭКД УП «Горремливнесток», которые имеют соответствующие разре- ния на специальное водопользование.

Основная масса предприятий отводит сточные воды в водные объекты бассейна еки Свислочь после проведения мероприятий по очистке сточных вод. Без очистки в одные объекты в бассейне реки Свислочь поступают нормативно-чистые сточные оды от предприятий теплоэнергетики и предприятий рыбного прудового хозяйства.

Перечень загрязняющих веществ, нормируемых в настоящее время в сточных ва- ах предприятий, существенно различается. Наибольшее количество загрязняющих еществ нормируется и контролируется в хозяйственно-бытовых и смешанных сточ-

ных водах, отводимых коммунальными предприятиями. Наименьшее – в поверхностных сточных водах. Количество нормируемых и контролируемых ингредиентов и показателей изменяется от 25 на УП «Минскводоканал» до 4 на ОАО «Камволь» и РЭКД УП «Горремливнесток».

В целом для предприятий, отводящих сточные воды в водные объекты в бассейне р. Свислочь, при переходе на систему нормирования согласно ТКП 17.06-08-2012 перечень показателей, нормируемых в разрешениях на специальное водопользование, сократится.

Допустимые концентрации ряда загрязняющих веществ при использовании новых подходов к установлению нормативов допустимых концентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод оказались несколько выше ранее установленных допустимых концентраций для ряда предприятий. Соответственно, разрешенная масса сброса загрязняющих веществ в водный объект со сточными водами также может возрасти. Однако при соблюдении действующих технологий очистки сточных вод и требований к эффективности очистки сточных вод на предприятиях повышения поступления загрязнений в водные объекты в составе отводимых сточных вод не произойдет. Тем не менее, необходимо, по возможности, снижать объемы водоотведения сточных вод в водные объекты. Одним из решений этой задачи может стать разработка индивидуальных технологических нормативов водопотребления и водоотведения.

Предприятия, отводящие смешанные сточные воды в водные объекты бассейна р. Свислочь, составляют основную массу водопользователей в бассейне реки. Все они характеризуются наличием биологической очистки сточных вод. Для них, в первую очередь, необходимо провести оценку эффективности функционирования биологических очистных сооружений.

В пределах бассейна необходимо также наладить систему мониторинга поступления поверхностных сточных вод в водные объекты с территорий крупных и мелких населенных пунктов: Марьина Горка (Пуховичи), Осиповичи, Червень и др., поскольку, согласно ТКП 17.06-08-2012, поверхностные сточные воды с урбанизированной территории, включая территории промышленных предприятий, должны подвергаться очистке на очистных сооружениях перед их отведением в дождевую канализацию или в окружающую среду. В настоящее время очистке подвергается только поверхностный сток с территории Минска.

Как показал сравнительный анализ ранее действовавшей и новой системы нормирования отведения сточных вод в водные объекты, необходим плановый поэтапный переход предприятий на новую систему нормирования отведения сточных вод в водные объекты.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, 17.03.1992: утверждена Указом Президента Республики Беларусь, 21.04.2003 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2003. – № 49. – 1/4544.
2. Директива Совета ЕЭС 91/271/ЕЕС об очистке городских сточных вод, 21.05.1991.
3. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: ТКП 17.06-08-2012 (02120): утверждён постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 июня 2012 г. – № 14-Т.

УДК 628.162

**Б.Н. ЖИТЕНЬ, О.П. БЕЛОГЛАЗОВА, Л.Е. НАУМЕНКО**

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

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ КОАГУЛИРОВАНИЕМ В ПРИСУТСТВИИ ФОСФАТОВ**

The article presents the calculation of the economic efficiency of the technology of backwash waters treatment by coagulation in the presence of phosphates at iron removal stations.

Расчет экономической эффективности технологии очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов выполнен для Барановичской дистанции водоснабжения и санитарно-технических устройств РПУП «Дорводоканал Белорусской железной дороги», на которой внедрена данная технология (Проект №07.094 «Реконструкция станции обезжелезивания (ст. Брест). Технологическая часть». ПРУП «Белкоммунпроект», дочернее унитарное предприятие «Бресткоммунпроект») [1].

Производительность станции обезжелезивания составляет 10000 м<sup>3</sup>/сут. Подземные воды водозабора по своему качеству не соответствуют требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 по следующим показателям: железо (до 2,4 мг/дм<sup>3</sup>), мутность до 2,3 мг/дм<sup>3</sup>, цветность (до 86 мг/дм<sup>3</sup>). Для улучшения качества воды принят метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием на напорных фильтрах с многослойной фильтрационной загрузкой компании Culligan марки Twin Hi-Flo 9 2100 (компоновка из 2-х рабочих емкостей) в количестве 3 шт. Запроектированные фильтры промываются сырой водой, каждый в среднем 1 раз в 3-е суток.

Количество промывных вод от одной промывки фильтра составляет 77,2 м<sup>3</sup>, от трех фильтров – 232 м<sup>3</sup>, которые сбрасываются в р. Лесная. В промывных водах концентрация загрязняющих веществ (железа общего) составляет 200 мг/л, что в сотни раз превышает их предельнодопустимую концентрацию (0,3 мг/л).

Существующее законодательство лимитирует сброс промывных вод с содержанием железа свыше 0,3 мг/л в водные объекты (Указ Президента Республики Беларусь от 7 мая 2007 г. № 215 «О ставках налога за использование природных ресурсов (экологического налога) и некоторых вопросах его взимания», Указ Президента Республики Беларусь от 2 сентября 2008 г. №492 «О внесении дополнений и изменений в Указ Президента Республики Беларусь от 7 мая 2007 г. N 215», Указ № 348 от 24 июня 2008 г. «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде»).

Применение технологии очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов, разработанной на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» Брестского государственного технического университета, позволит:

- ✓ уменьшить отрицательную нагрузку на окружающую среду;
- ✓ снизить затраты предприятия (отсутствие нарушений законодательства позволит избежать уплаты штрафов).

Проектом предусматривается применение реагента фосфата натрия и коагулянта сульфата алюминия для более эффективного осветления и обезжелезивания промывных вод.

Размер штрафных санкций за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду (по данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды) для Барановичской дистанции водоснабжения и санитарно-технических устройств РПУП «Дорводоканал Белорусской железной дороги» предполагается 724 583.40 тыс.руб/год.

Величина 724 583.40 тыс. руб. в год является внереализационным доходом ( $D_{вн}$ ) и может рассматриваться как экономический эффект от внедрения технологии очистки промывных вод.

В соответствии с «Инструкцией по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок в промышленности» (утверждена Постановлением ГКНТ и НАН Беларуси 22 декабря 2004 г. № 8/3) для проведения прогнозной оценки эффективности разработанной технологии очистки промывных вод коагулированием в присутствии фосфатов необходимо определить величину затрат, связанных с внедрением технологии [2].

Затраты состоят из расходов на приобретение и монтаж оборудования (инвестиционные затраты) и эксплуатационных расходов (текущие затраты).

#### Определение инвестиционных затрат

При расчете стоимости оборудования и материалов в текущих ценах принято:

- курс Евро (EUR), установленный Национальным банком Республики Беларусь по состоянию на 1.06.2013 г. составляет 11 310 БЕЛ. РУБ. за 1 EUR;
- курс российского рубля (RUR), установленный Национальным банком Республики Беларусь по состоянию на 1.06.2013 г. 273,5 БЕЛ. РУБ. за 1 RUR.

Пересчет стоимости оборудования выполняется одновременно с изъятием из отпускной цены налога на добавленную стоимость.

Таблица 1 – Расчет стоимости оборудования

Наименование оборудования	Ед. изм.	Количество	Стоимость	
			единицы измерения	всего, тыс. бел. руб.
1	2	3	4	5
Погружной насос марки "FLUGT" CP 3068.180-251 HT	Шт.	3	7240 eur*	204711,00
Погружной насос марки "FLUGT" CP 3085.183-434 MT	Шт.	3	9230 eur*	260978,25
Растворно-расходные баки (емкости из полиэтилена "ЭЛГАД Полимер", Россия) W=1000 м <sup>3</sup> , D=1060 мм, H=1330 м	Шт.	2	7326 RUR	3339,44
Соленодные клапаны компании Семе, Италия Ø25 мм	Шт.	2	60 eur	1131,00
Кран шаровой муфтовый Ø15 мм	Шт.	2	11,5 eur	216,78
Кран шаровой муфтовый Ø20 мм	Шт.	3	13,4 eur	378,89
Трубы стальные водогазопроводные оцинкованные перфорированные Ø15 мм ГОСТ 3262-75	М.п.	15	44,0 RUR	150,43
Трубы стальные водогазопроводные оцинкованные Ø25 мм, ГОСТ 3262-75	М.п.	2	83,0 RUR	37,83
Трубы стальные водогазопроводные оцинкованные Ø20 мм, ГОСТ 3262-75	М.п.	6	57,0 RUR	77,95
<b>Итого стоимость оборудования:</b>				<b>471021,55</b>
<b>Затраты на монтаж оборудования приняты (15 % от стоимости оборудования)</b>				<b>70653,23</b>
<b>Итого:</b>				<b>541674,78</b>

\*стоимость за комплект насосов (3 шт.), включая стоимость аксессуаров и поставку

Стоимость оборудования определена в таблице 1 и составляет 471021.55 тыс.руб. Затраты на монтаж оборудования приняты ориентировочно в размере 15 % от стоимости оборудования – 70653.23 тыс.руб.

Суммарная величина инвестиционных ресурсов составляет 541674.78 тыс.руб. по состоянию на 1 июня 2013 года.

**Определение текущих затрат.** Текущие затраты связаны с эксплуатацией оборудования в течение года и включают:

- ✓ затраты на реагенты;
- ✓ затраты на электроэнергию;
- ✓ амортизационные отчисления;
- ✓ ремонт.

Таблица 2 – Расчет стоимости реагентов

Наименование	Средняя доза реагента $D_{cp}$ , мг/л	Расход реагента за сутки, кг	Расход реагента за год $D_{год}$ , т	Цена за 1 т реагента, руб.	Годовые затраты, тыс. бел. руб.
$Al_2(SO_4)_3$	70	8,6	3,14	2 700 000	8 478,00
$Na_3PO_4$	50	5,4	1,97	13 350 000	26 299,52
Итого:					34 777,52

Всего затраты составляют 34 777,52 тыс.руб./год.

**Затраты на электроэнергию.** Расход активной электроэнергии составляет 5000 кВт/час в год (из условия эксплуатации насоса откачки осветленной воды из отстойника 2 ч/сут, насоса перекачки осадка на шламовые площадки – 1 ч в сутки), тариф – 1244.1 руб./кВт.ч, тогда затраты на электроэнергию составят 6220.5 тыс.руб. / год.

**Амортизация.** Расчет амортизационных отчислений приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных фондов	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб.
Погружной насос марки "FLUGT" CP 3068.180-251 НТ	204711,00	5,00	10236
Погружной насос марки "FLUGT" CP 3085.183-434 МТ	260978,25	5,00	13049
Растворно-расходные баки $W=1000 м^3$	3339,44	20,00	668
Солёноидные клапаны Ø25 мм	1131,00	20,00	226
Кран шаровой муфтовый Ø15 мм	216,78	33,00	72
Кран шаровой муфтовый Ø20 мм	378,89	33,00	125
Трубы стальные водогазопроводные Ø15 мм	150,43	10,00	15
Трубы стальные водогазопроводные Ø25 мм	37,83	10,00	4
Трубы стальные водогазопроводные Ø20 мм,	77,95	10,00	8
Итого:			24402

Амортизационные отчисления составляют в сумме 24402 тыс.руб./год  
Отчисления на ремонт. Расчет отчислений на ремонт выполняется в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет отчислений на ремонт

Наименование	Стоимость, тыс. руб.	Капитальный ремонт		Текущий ремонт		Всего
		норма, %	тыс. руб.	норма, %	тыс. руб.	
Оборудование	541674.78	8,00	43334	1,00	5417	48751

Затраты на ремонт составляют в сумме 48751 тыс.руб./год.

Текущие затраты составляют 114 150 тыс.руб.

**Определение срока окупаемости затрат**

В результате внедрения технологии очистки промывных вод станции обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов общая экономия текущих затрат возмещает капитальные затраты. Однако полученные при этом суммы результатов (экономии) и затрат (капитальных затрат) по годам приводят к единому времени расчетному году, путем умножения результатов и затрат за каждый год на коэффициент приведения  $K_{пр}$ .

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$K_{прT} = (1 + E_n)^{T-P-T}$$

где  $E_n$  – норматив приведения разновременных затрат и результатов;

$T_p$  – расчетный год (2013 год);

$T$  – номер года, результаты и затраты которого приводятся к расчетному (2013 – 1, 2014 – 2, 2015 – 3).

Норматив приведения разновременных затрат и результатов ( $E_n$ ) для инвестиций, направляемых на внедрение новых технологий в существующей практике, принимается равным 0,15.

Следовательно, при решении данной задачи коэффициентам приведения по годам будут соответствовать следующие значения:

$$K_{пр1} = (1 + 0,15)^{1-1} = 1 - 2013 \text{ (расчетный год);}$$

$$K_{пр2} = (1 + 0,15)^{1-2} = 0,869 - 2014 \text{ год;}$$

$$K_{пр3} = (1 + 0,15)^{1-3} = 0,756 - 2015 \text{ год.}$$

Данные расчета экономического эффекта целесообразно свести в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет экономического эффекта от использования технологии очистки промывных вод коагулированием в присутствии фосфатов

Показатели	Ед. изм.	2013	2014	2015
<b>Результаты:</b>				
$D_{вн}$	тыс. руб.	--	724583.40	724583.40
$D_{вн}$ с учетом фактора времени	тыс. руб.	--	629662.97	547785.1
<b>Затраты:</b>				
Инвестиционные затраты	тыс. руб.	541674.78	-	-
Пополнение оборотных средств	тыс. руб.		114150.49	114150.49
Всего затрат	тыс. руб.	541674.78	114150.49	114150.49
То же с учетом фактора времени	тыс. руб.	541674.78	99196.7	86297.77
<b>Экономический эффект:</b>				
Превышение результата над затратами	тыс. руб.	-541674.78	530466.20	461487.28
То же нарастающим итогом	тыс. руб.	-541674.78	-11208.58	450278.70
Коэффициент приведения		1,0	0.869	0.756

Затраты, связанные с внедрением технологии очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов, полностью окупятся на третьем году использования на предприятии.

Экономическая значимость разработанной технологии очистки промывных вод станций обезжелезивания заключается в уменьшении объемов загрязнений и концентрации вредных веществ в водной среде и почве; в экономии объема чистых подземных вод и, как следствие, снижении себестоимости отпускаемой потребителю воды за счет повторного использования очищенных промывных вод.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Науменко, Л.Е. Технология очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов: дис. ...канд. технич. наук: 05.23.04 / Л.Е. Науменко. – Минск, 2009. – 190 л.

Инструкция по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок промышленности: постановление ГКНТ и НАН Беларуси от 22 декабря 2004 г. – № 8/3.

УДК 628.21

**Б.Н. ЖИТЕНЁВ, А.Г. НОВОСЕЛЬЦЕВА**

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

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФАТОВ**

The article describes the problem of utilization of iron-containing sediments originating from deironing stations and the perspectives of their use for physical-chemical treatment of waste water from phosphates.

#### **Введение**

В настоящее время одной из важнейших проблем в природоохранной деятельности является удаление биогенных элементов из сточных вод. Большинство действующих сооружений запроектировано для удаления из сточных вод взвешенных веществ и снижения БПК, при их строительстве не предусматривались вопросы удаления биогенных элементов азота и фосфора.

Поступление большого количества азота и фосфора в водные объекты приводит к их эвтрофированию. Процесс эвтрофирования характеризуется активным ростом водорослей и высшей водной растительности. В результате эвтрофирования в водоемах происходит нарушение процессов саморегуляции в биоценозах, в них начинают доминировать виды, наиболее приспособленные к изменившимся условиям (хлорококковые водоросли и цианобактерии), вызывая цветение воды. Наиболее интенсивно процессы эвтрофирования развиваются в замкнутых, зарегулированных и малопроточных водных объектах. Общеизвестно, что эвтрофирования водоема не наблюдается при концентрациях фосфора в пересчете на Р менее 0,2 мг/л. Кроме того что азот и фосфор, накапливаясь в водоеме, вызывают его цветение, разнообразные соединения азота и фосфора оказывают вредное воздействие на гидробионтов и здоровье человека.

Для предотвращения дальнейшего развития процессов антропогенного эвтрофирования и восстановления качества воды водоемов разрабатываются комплексные методы, позволяющие извлекать из очищенных стоков остаточные концентрации биогенных элементов, в том числе фосфора.

В сточных водах фосфор присутствует в разных состояниях: в растворенном, коллоидном и взвешенном. В нерастворенном состоянии фосфор находится на взвешенных частицах в виде труднорастворимых фосфатов (например, многообразные соединения кальция и фосфора, как правило, малорастворимые) и белковых органических веществ.

На сегодня известны физические, физико-химические, биологические и комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости.

Физико-химические методы: 1) адсорбционный; 2) электро-коагуляционно-флотационный; 3) биогальванический; 4) кристаллизация; 5) очистка в магнитном поле; 6) реагентный.

#### Реагентный метод удаления фосфора из сточных вод

Химические реагенты могут вводиться в различные точки технологической схемы очистки сточных вод: на I ступени (механическая очистка) – в песколовку или первичный отстойник, на II ступени (биологическая очистка) – перед аэротенками, непосредственно в аэротенк, перед вторичным отстойником, в поток циркулирующего активного ила; на III ступени (собственно доочистка) – после вторичного отстойника. Химическая обработка на I ступени может сочетаться с последующей биологической очисткой (так называемое предварительное осаждение) или быть самостоятельным процессом очистки сточных вод. В этом случае процесс часто называют прямым осаждением. При биологической очистке с введением коагулянтов удаление фосфора происходит в результате образования нерастворимых соединений и микробальной ассимиляции с последующим их соосаждением с активным илом и удалением вместе с избыточным илом. Данный процесс носит название симультанного (одновременного) осаждения.

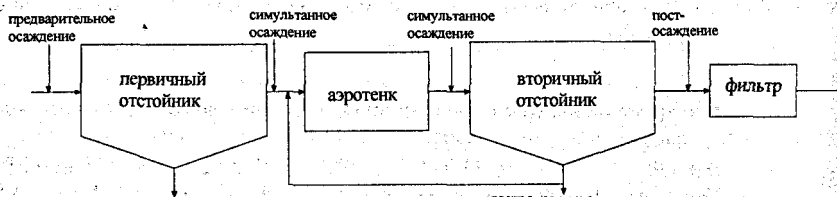
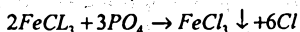
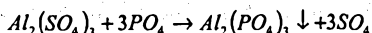
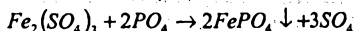


Рисунок 1 – Схема введения коагулянтов

В качестве реагентов используют алюминий- и железосодержащие коагулянты или известь, чтобы сформировать химические флокулы, содержащие фосфор. Эти флокулы затем осаждают, чтобы удалить фосфор из сточных вод.

Механизм химического осаждения фосфатов состоит из образования нерастворимых металлофосфатов при взаимодействии фосфатов с солями металлов (Fe, Al), на пример:





Для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Беларусь в основном используется вода подземных источников, которая обладает стабильным составом, имеет несколько повышенную по сравнению с поверхностными водами минерализацию, высокие бактериологические показатели. Наряду с этим, в подземной воде наблюдается повышенное содержание железа (от 1,0...5,0 мг/л до 15,0 мг/л), марганца и аммиака, которые ухудшают органолептические показатели и потребительские свойства. Всемирная организация здравоохранения, технические нормативно-правовые акты Республики Беларусь регламентируют содержание железа в питьевой воде не более 0,2 мг/л и 0,3 мг/л соответственно.

В системе водопроводно-канализационного хозяйства Беларуси имеется 24 станции обезжелезивания общей мощностью более 1,8 млн. м<sup>3</sup>/сут, в результате их эксплуатации ежегодно безвозвратно теряется около 20 млн. м<sup>3</sup> воды и выбрасывается около 4000 тонн загрязнений в виде соединений железа. Ликвидация осадков станций обезжелезивания связана с определенными трудностями технического и организационного характера.

Одной из проблем связанных с образованием железосодержащих осадков, является их утилизация (сброс в окружающую среду, реки, каналы, складки рельефа и др.), что приводит к накоплению неорганического шлама и загрязнению окружающей среды.

Перспективным методом утилизации осадков станций обезжелезивания является получение из него конечного продукта в виде коагулянта.

Использование железосодержащих осадков, образующихся в процессе работы станций обезжелезивания в качестве коагулянта, позволит решить ряд проблем. Это:

1) экологическая (утилизация);

2) экономическая

нет необходимости использовать дорогостоящие коагулянты: 1 тонна  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O \approx 20$  млн.бел.руб.,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O \approx 13$  млн.бел.руб.);

3) отсутствие увеличения содержания сульфатов и хлоридов, как при введении  $Al_2(SO_4)_3, FeSO_4, Fe(SO_4)_3, FeCl_3$ ;

4) высокая степень защиты водоемов, приемников сточных вод от биогенных элементов (фосфора, азота).

#### Заключение

В работе описана проблема утилизации железосодержащих осадков поступающих со станций обезжелезивания и рассмотрена перспектива использования их для физико-химической очистки сточных вод от фосфатов.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Под ред. Ю.М. Мешенгиссера – Минск: Издательский Дом «Вокруг цвета», 2012. – 208 с.

2. Технология очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.04 / Л.Е. Науменко; Белор. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – 24 с.

УДК 628.1

**Л.Г. ЗАЙЧЕНКО, Д.В. ЗАВОРОТНЫЙ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка,  
Украина

## **ОБОСНОВАНИЕ НОРМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЧАСТНОМ СЕКТОРЕ**

The problems of the real water consumption in the private sector are considered. The estimated quantities of water consumption for irrigation of farmlands depending on their size and climatic conditions are defined.

В условиях проводимой в стране жилищно-коммунальной реформы большое значение приобретает вопрос обоснования нормативов стоимости услуг, предоставляемых предприятиям ЖКХ, в частности водопроводно-канализационными организациями. Достоверным показателем для взаиморасчетов между производителем и потребителем становится обоснованная норма потребления воды.

Определение объемов потребленной на различные нужды воды может осуществляться согласно показаниям счетчиков или в соответствии с нормами, позволяющими рассчитать приблизительное ее количество в зависимости от числа и категории водопотребителей [2, 3].

Коллективом сотрудников кафедры "Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры ведутся работы по разработке нормативов водопотребления населением городов. Выявлены факторы, влияющие на формирование водопотребления в жилых домах: степень благоустройства жилища, индивидуальные особенности человека, традиции и культура водопользования [4, 6].

Выполнен анализ существующего водопотребления для населения города Макеевки. Нормативы питьевого водоснабжения для всех домов разного вида благоустройства определялись при помощи водосчетчиков, поверенных в установленном порядке. Измерением были охвачены наиболее характерные дома в разных районах города с различной их удаленностью от насосных станций. Обработка полученного массива данных для каждого вида благоустройства жилья осуществлялась с помощью методов математической статистики [5].

Анализ данных динамики водопотребления населением для разного вида благоустройства показывает, что при норме 225 л/чел. сут. наблюдается более равномерное потребление воды в течение года. При норме водопотребления 150 л/чел. сут. значения расхода воды достигают максимальных величин в летние месяцы, что связано с поливом приусадебных участков (рис. 1, 2).

Для определения норм потребления воды на полив приусадебных участков было собрано большое количество выписок со счетов абонентов, имеющих приусадебные участки различной площади, расположенные в различных точках населенного пункта. Для определения количества воды, расходуемой на полив, а не на хозяйственно-питьевые нужды, необходимо было сравнить объемы потребленной воды в летние и зимние месяцы, для чего по каждому абоненту был составлен график помесечного потребления воды согласно показаниям счетчиков.

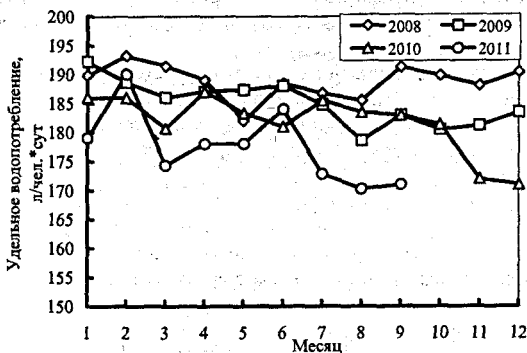


Рисунок 1 – Динамика изменения водопотребления населением (вид благоустройства – централизованное холодное и горячее водоснабжение, городская канализация, норма 225 л/сут. чел.)

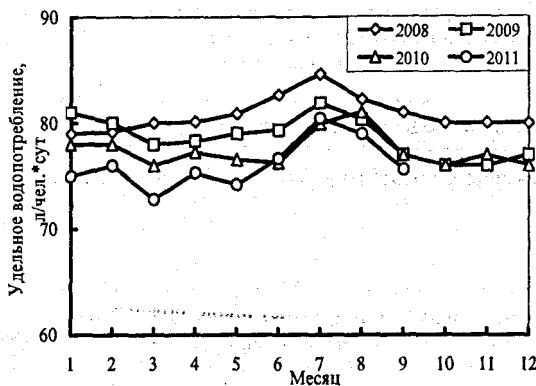


Рисунок 2 – Динамика изменения водопотребления населением (вид благоустройства – дворовая водоразборная колонка: норма 150 л/сут. чел.)

Нельзя считать, что потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды может быть равномерным в течение года. Методика расчета должна учитывать возможность изменения количества потребляемой на хозяйственно-питьевые нужды воды в разное время года.

Предположительно, максимальное месячное потребление воды должно осуществляться с мая по сентябрь и, в особенности, в течение июля и августа, когда наблюдается наибольшая температура окружающего воздуха и малое количество выпадающих осадков. В то же время анализ данных различных графиков помесечного водопотребления показывает, что его пик может приходиться на любой месяц с мая по сентябрь, а заметное превышение над среднемесячным потреблением воды длится 4-6 месяцев. Ввиду непредсказуемости использования отдельными абонентами больших количеств

воды не на хозяйственно-питьевые цели было принято решение учитывать избыточные расходы в расчете, как используемые для полива, независимо от месяцев, в которые они наблюдаются.

С целью учета возможной неравномерности хозяйственно-питьевого потребления воды и возможности использования воды в любое время и, соответственно, сведения результатов расчета к постоянной суточной норме в течение регламентируемого периода года для определения норм на полив разработана и принята к использованию следующая методика.

Согласно СНиП 2.04.02-84 [1] коэффициенты суточной неравномерности принимаются:  $K_{сут.макс} = 1,1-1,3$ ,  $K_{сут.мин} = 0,7-0,9$ . На основании этого для каждого абонента, исходя из его минимального месячного водопотребления, рассчитывается средний и максимальный расход воды, который может быть использован на хозяйственно-питьевые нужды:

$$Q_{х/п ср} = \frac{Q_{мин}}{K_{сут.мин}} = \frac{Q_{мин}}{0,7}, \quad (1)$$

$$Q_{х/п макс} = K_{сут макс} \cdot Q_{х/п ср} = 1,3 \cdot Q_{х/п ср}, \quad (2)$$

где  $Q_{мин}$  – минимальный месячный расход воды конкретным абонентом, определенный по выпискам из лицевых счетов.

Месячные расходы воды, потребленные свыше полученного значения, учитываются в расчете как расходы на полив приусадебных участков. Таким образом, годовое количество потребленной на полив воды составляет:

$$Q_{пол год} = \sum (Q_{мес изб} - Q_{х/п макс}), \text{ м}^3/\text{мес.}, \quad (3)$$

где  $Q_{мес изб}$  – потребление воды абонентом за месяц, превышающее расчетное значение  $Q_{х/п макс}$ .

Среднесуточная норма потребления воды на полив для каждого абонента вычисляется по формуле:

$$q_{пол} = \frac{Q_{пол год} \cdot 1000}{S \cdot 100 \cdot T}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь полива у абонента, сот.;  $T$  – расчетное время полива.

На рисунке 3 представлен пример распределения потребленной отдельным абонентом воды для хозяйственно-питьевых целей и для полива приусадебных участков.

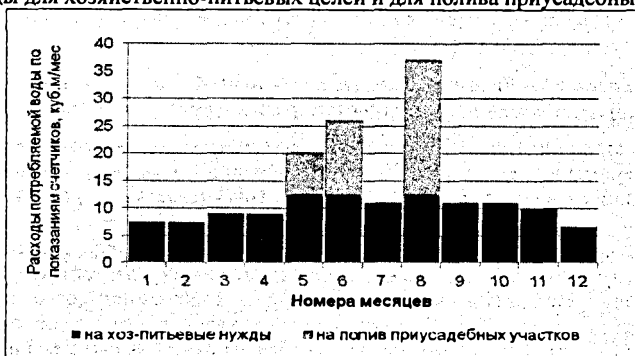


Рисунок 3 – Пример распределения потребленной отдельным абонентом воды для хозяйственно-питьевых целей и полива приусадебных участков

Полученные благодаря этому методу расчета результаты позволили получить обоснованные нормы: 7 л/сут. на одну сотку из расчета ежедневного полива в течение 20 дней. Расчетные годовые расходы воды на полив оказались близкими к принятым ранее в том же регионе без проведения исследований.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84. – М: Стройиздат, 1984.
- Кравченко, В.А. Основные подходы в решении проблем реформирования и развития предприятий водопроводно-канализационного хозяйства Украины // Водопостачання та водовідведення. – 2008. – №1. – С. 25–39.
- Лернер, А.Д. Неучтенные расходы в системах коммунального водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 4. – С. 9–12.
- Гутарова, М.Ю. Факторы, влияющие на формирование норм водопотребления // Вісник Дон-АБА: інженерні системи та технічна безпека у будівництві. – Вип. 2007-2(64). – С. 115–117.
- Зайченко, Л.Г. Анализ реального водопотребления в жилищном фонде / Л.Г. Зайченко, И.Б. Снежук // MOTROL. – 2012. – Vol. 14, No 1. – P. 55–60.
- Зайченко, Л.Г. Сокращение потерь питьевой воды в жилищном фонде / Л.Г. Зайченко, И.Ю. Гутарова // Науковий вісник будівництва ХНУБА ХОТВ АБУ: Харків., – 2012. – Вип. № 70. – С. 298–301.

УДК 504.062

**М.Н. КАРТУЗОВА**

ООО Штайнбахер-Консалтинг и Ко.КГ, г. Аугсбург, Германия

#### **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIOCOS**

Environment protection is one of the most important issues among many problems facing humanity. Water quality degradation is caused by contamination with artificial substances; due to not deep enough waste water treatment. One of the advanced waste water biological treatment technology is BIOCOS-process. BIOCOS wastewater treatment process is more energy effective (till 30%) in comparison with old conventional waste water treatment process.

Охрана окружающей среды в современном мире занимает одно из ведущих мест среди множества проблем, стоящих перед человечеством. Ухудшение качества воды в поверхностных источниках происходит, главным образом, из-за их постоянного загрязнения веществами антропогенного происхождения, что связано с недостаточной глубиной очистки сточных вод. Полное прекращение антропогенного загрязнения среды нерационально, поэтому следует применять разумные меры ограничения поступления в водоемы токсикантов и загрязнителей, применять эффективную очистку сточных вод.

Выбор технологии современной очистки сточных вод напрямую зависит от исходного качества воды, условий, в которых будет осуществляться современная очистка сточных вод, целей очистки и требований, предъявляемых к конечному качеству воды (таблица 1).

Одним из современных методов биологической очистки сточных вод, хорошо зарекомендовавшим себя как в Германии, так и в других странах, является метод «BIOCOS». Метод «BIOCOS» (англ. biologicalcombinedsystem) является комбинированным процессом очистки сточных вод активным илом с общей аэробной стабилизацией осадка в соответствии с нормами DWA-131 [1], а также с требованиями, предъявляемыми к SBR-реакторам [2].

Применение эффективного аэрационного оборудования, отсутствие гидравлического насоса для перекачки ила, илоскребов вторичных отстойников, мешалок аэротенков, наличие минимального количества составных и трубопроводных элементов приводит к снижению энергопотребления до 30% по сравнению со старыми очистными сооружениями с традиционной системой биологической очистки.

Таблица 1—Предельно допустимые концентрации вредных веществ в водах водных объектов [5] и значение концентраций загрязняющих веществ после очистки сточных вод [6,7] действующими очистными сооружениями г.Ширлинг (Германия) по технологии BIOCOS

Параметры	Беларусь ДК мг/л > 10 000 ЭН	Россия ПДК мг/л	Германия ПДК мг/л > 10 000 ЭН	Очистные сооружения BIOCOS, 16 500 ЭН	
				Сзв до очистки, мг/л*	Сзв после очистки, мг/л*
БПК <sub>5</sub>	15	2,1	20	288	1,9 (99,3%)
ХПК	80	15	90	452	15,6 (96,5%)
Взвешенные вещества	20	7	-	207	2,3 (98,9%)
NH <sub>4</sub> -N	-	0,4	10	40	0,1 (99,8%)
NO <sub>2</sub> -N	-	0,02	-	-	0,06
NO <sub>3</sub> -N	-	9,1	-	-	2,9
Нобщ	15	-	18	80	3,1 (96,1%)
Робщ	2,0	0,2	2	11	1,3(88,2%)**

\* - среднегодовая величина

\*\* - значение предельнодопустимой концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения, установленных на территории Российской Федерации, возможно достигнуть при введении коагулянта;

- показатель не нормируется.

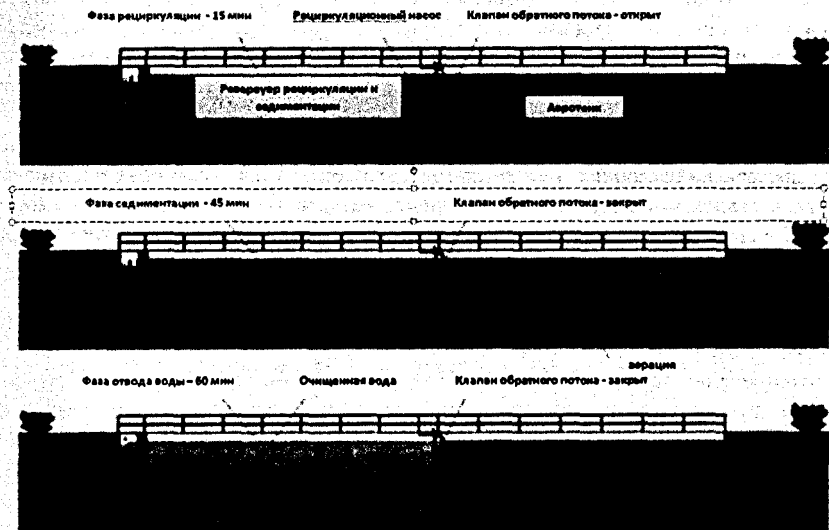
Преимущества таких очистных систем проявляются при недостатке площади для размещения сооружений, простых в эксплуатации приборах управления и измерительной техники, высокой надежности при больших нагрузках.

Метод «BIOCOS» может быть 3-ступенчатый (до 10 000 эквивалент населения) и 4-ступенчатый (более 10 000 эквивалент населения). В данной статье более детально будет рассмотрен 3-ступенчатый метод «BIOCOS».

Очистные сооружения биологической очистки по методу «BIOCOS» оборудованы следующими устройствами и системами:

- система мелкопузырчатой аэрации
- рециркуляционный насос для подачи избыточного ила в аэротенк;
- перепускные клапаны;
- насос удаления избыточного ила;
- сливное устройство с электрическим приводом дроссельной заслонки.

Работа очистных сооружений биологической очистки: аэротенка периодического действия и резервуаров седиментации и перемешивания осуществляется в циклах, каждый из которых включает следующие фазы: фаза перемешивания / рециркуляции – 15 минут, фаза осаждения / седиментации – 45 минут; фаза отвода очищенной воды – 60 минут. Время работы одного цикла 120 минут (или 2 часа) [3].



**Рисунок 1 - Цикл работы аэротенка периодического действия и резервуаров седиментации и перемешивания [3]**

Биологическая очистка сточных вод с помощью активированного ила происходит в аэротенке (В) и в двух последующих резервуарах рециркуляции и седиментации (SU). Подача достаточного количества кислорода для создания аэробных условий в аэротенке осуществляется в интервалах. В аэротенке (В) проходят все основные биохимические процессы традиционной биологической очистки активизации ила сточных вод (нитрификация, денитрификации, удаление фосфора и углерода). Когда система аэрации выключена, создаются условия для денитрификации. При включенной системе аэрации происходит основная фаза реакции, предназначенная для удаления органических загрязнений и процесса нитрификации.

Аэраторы устанавливаются на дне резервуара-аэротенка. Необходимый для процесса биологической очистки кислород подается путём нагнетания мелкопузырчатого воздуха в смесь активного ила/сточной воды. Аэраторы распределены над всей плоскостью аэротенка. Благодаря этому и правильно выбранному режиму, ил поддерживается во взвешенном состоянии.

Каждый аэротенк (В) соединен гидравлически с двумя параллельно расположенными резервуарами седиментации и рециркуляции (SU). Пока очищенная вода из одного SU-резервуара отводится для последующей доочистки, в другом резервуаре начинается фаза перемешивания.

С фазы перемешивания начинается трехфазный процесс по технологии BIOCOS. Рециркуляционный насос создает поток, который инициирует возвращение ила через перепускные клапаны одного из резервуаров седиментации и перемешивания в аэротенк – фаза перемешивания/рециркуляции. После выключения рециркуляционного насоса клапаны обратного потока закрываются, и начинается фаза отстаивания/седиментации, в процессе которой ил образует хлопьевой фильтр, медленно оседающий на дно. В то время как в одном резервуаре (SU2) происходит фаза перемешивания, в другой резервуар (SU1) поступает поток сточных вод из аэротенка (B) посредством открывающегося перепускного клапана между аэротенком и резервуаром SU, в результате чего происходит вытеснение очищенной воды. Очищенная вода из SU-резервуаров отводится при помощи сливного устройства с электрическим приводом дроссельной заслонки. Для каждого SU-резервуара предусмотрена конструкция слива, встраиваемая в торцовую стенку SU-резервуара. Перед каждой сливной конструкцией внутри SU-резервуара для обеспечения непрерывного отвода чистой воды размещаются по несколько отдельных отводов из специальной стали [3, 4].

Для поддержания постоянного количества ила в конце каждого цикла (в фазу отведения воды) погружным насосом в течение 5 мин. из SU-резервуара избыточный ил откачивается.

Применение технологии BIOCOS для очистки коммунально-бытовых сточных вод обеспечивает достижение предельно-допустимых концентраций, предъявляемых к качеству очистки воды, за счет простого технического оборудования снижает затраты на электроэнергию до 30% (в зависимости от мощности очистного сооружения) и обладает простыми в эксплуатации приборами управления и измерительной техникой.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеративная республика Германия. A131 «Расчет сооружений биологической очистки» / Союз немецких инженеров водного хозяйства, 2000. – 69 с. – ISBN-3-933707-41-2.
2. Федеративная республика Германия. ATV-DVWK M210 «Расчет сооружений с биореакторами периодического действия» / Союз немецких инженеров водного хозяйства, 2009. – 40 с. – ISBN 978-3-941089-72-3.
3. Ingerle, K. Das Biocos-Verfahren (7224.1) In W.Wagner, Abwassertechnik und Gewässerschutz. Heidelberg: CF. Müller-Verlag, 2001. – Band 2.
4. Ingerle, K. Biocos-Anlagen, Beschreibung und Bemessung // KA-Korrespondenz Abwasser. – 1999. – (46) Nr. 8.
5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Росрыболовства № 20 от 18 января 2010г.: зарегистрировано в Минюсте РФ 09.02.2010г. – № 16326.
6. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: ТКП 17.06-08-2012 (02120): утверждён постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №14-Т от 29 июня 2012 г.
7. Директива Совета ЕС от 21 мая 1991 г. об очистке городских сточных вод (91/271/ЕЕС).



УДК 628.29 + 626.16

**А.Н. КОЛОБАЕВ, Е.О. МИНИНА**

Учреждение образования «Белорусский национальный технический  
университет», г. Минск

## **ОБОСНОВАНИЕ СТАВОК НАЛОГА ЗА ОТВЕДЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД С ПРЕВЫШЕНИЕМ ДОПУСТИМЫХ ОБЪЕМОВ ИХ СБРОСА**

*Considering a question in ecological and economic aspects of the tax for waste water  
ischarges. The recommendations for improvement of the norms are given.*

Согласно актуализированной версии Налогового кодекса Республики Беларусь [1] при отведении сточных вод в природные водные объекты с превышением допустимых объемов сточных вод (т.е. лимитов, установленных в разрешениях на специальное водопользование), но без превышения допустимых концентраций загрязняющих веществ в этих водах, предусматривается повышение базового тарифа в 15 раз. Это положение противоречит экономическому стимулированию охраны вод, так как увеличенный объем сброса сточных вод на водохозяйственный баланс реки оказывает положительное влияние, а качество речной воды может и не ухудшиться, если фактические концентрации загрязняющих веществ в сточных водах будут существенно ниже допустимых. Кроме того, сама величина повышающего коэффициента не обоснована.

Повышенная плата за сверхлимитный объем сброса сточных вод вполне оправдана при превышении установленного в разрешении на специальное водопользование допустимого сброса (ДС) загрязняющих веществ в составе сточных вод. Эти величины (по каждому из нормируемых загрязняющих веществ) определяются специальным расчетом [2] для каждого выпуска сточных вод совместно с определением допустимых концентраций (ДК). При превышении ДК водопользователь обязан возместить вред, причиненный сбросом загрязняющих веществ с нарушением требований в области окружающей среды», величина которого вычисляется согласно [3]. При отведении сточных вод с превышением их объема, но с фактической концентрацией (ФК), равной допустимой (ФК = ДК), требования в области охраны водной среды также не нарушаются, так как превышает установленная водопользователю величина допустимого сброса (в тоннах или кг). В этом случае правомерность повышающего коэффициента к ставке налога за 1 м<sup>3</sup> сточных вод очевидна. Вопрос только в количественном значении коэффициента. Решение этого сложного вопроса пока остается за рамками настоящего доклада. Однако обосновать максимальное значение повышающего коэффициента вполне возможно. Его значение должно быть таким, чтобы сумма налога за отведение сточных вод была равна максимальному значению размера вреда, причиненного водной среде «сверхлимитным загрязнением» вследствие превышения допустимого сброса (по всем нормируемым загрязняющим веществам). В соответствии с введенным в действие с 1 января 2013 года нормативом [2] в обязательный перечень включено 15 нормируемых показателей, причем 6 из них определяются не в абсолютном, а принимаются по таблице 5.1 [2] в зависимости от эквивалентного числа показателей для хозяйственно-бытовых и городских сточных вод. Для производственных сточных вод приводятся конкретные значения ДК в зависимости от специфики производства. Наибольшие из содержащихся в [2] значения допустимых концентраций по шести нормируемым показателям использованы авторами доклада для расчета

максимальных повышающих коэффициентов к базовой ставке налога за 1 м<sup>3</sup> сточных вод в случае превышения лимитов объемов их сброса. Кроме того, по 30 крупнейшим предприятиям республики использованы данные о содержащихся в разрешениях на специальное водопользование допустимых концентрациях загрязняющих веществ на выпусках сточных вод (база данных ЦНИИКИВР). Расчеты сведены в таблицу. Из данных таблицы следует, что даже в случае отведения сточных вод с фактическими концентрациями загрязняющих веществ, равными допустимым по *всем шести* нормируемым показателям, максимальное значение повышающего коэффициента находится в пределах 8,6–11,1. Следовательно, регламентированное Налоговым кодексом увеличение ставки платы в 15 раз представляется завышенным.

Дополнительная плата за сверхлимитный объем сброса сточных вод вообще не должна взиматься, если по всем загрязняющим веществам нет превышения допустимого сброса (не превышено установленное водопользователю количество загрязняющих веществ в составе сбрасываемых сточных вод).

Таблица 1 – Расчет максимальных повышающих коэффициентов к ставке платы за отведение производственных сточных вод

Загрязняющие вещества	Максимальная допустимая концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Такса за 1 т загрязн., базовых величин	Плата за загрязн. в 1 м <sup>3</sup> (сверх лимита), руб./м <sup>3</sup>	Максимальный повышающий коэффициент к ставке платы без превышения лимита
БПК <sub>5</sub>	30 / 35*	340	1020	3,65 / 4,0*
ХПК	150 / 125*	78	1170	4,04 / 4,5*
Взвешенные вещества	35 / 40*	98	343	1,90 / 2,0*
Аммоний-ион,	100 / 20*	78	780	3,03 / 1,4*
Азот общий	72 / 20*	78	561,6	2,46 / 1,4*
Фосфор общий	3,0 / 4,5*	78	23,4	1,06 / 1,35*
	Σ=		3898	11,1 / 8,65*

Примечание: знаком \* отмечены данные для хозяйственно-бытовых и городских сточных вод

По результатам проведенных исследований рекомендуется:

1. Принять равным 1 повышающий коэффициент ставке платы за единицу объема сточных вод в случае выполнения соотношения:

$$\text{макс. } (ФК_i / ДК_i) \leq W_d / W_\phi,$$

где  $W_d$  и  $W_\phi$  – соответственно допустимый и фактический объем сброшенных сточных вод за расчетный период.

2. Для производственных сточных вод установить повышающий коэффициент, равный 10. Этот же коэффициент предлагается использовать и для хозяйственно-бытовых и городских сточных вод в случае отмены льгот при взимании платы за сверхнормативный объем сброса.

3. Оставить в силе применяемый в настоящее время повышающий коэффициент, равный 15 для хозяйственно-бытовых и городских сточных вод в случае действия льгот при взимании платы за сверхнормативный объем сброса.

Как уже отмечалось выше, более подробная дифференциация повышенного налога за отведение сточных вод – предмет дальнейших исследований с привлечением более подробных исходных данных.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Налоговый кодекс Республики Беларусь. Основная часть. Особенная часть. – Минск: Белорусский налоговый кодекс, 2010. – 640 с.

Охрана окружающей среды. Гидросфера. Порядок установления нормативов допустимых выбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: ТКП 17.06.-08-2012(02120).

О внесении дополнений и изменений в Указ Президента от 24. 06. 2008 г. «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде: указ Президента Республики Беларусь от 03.12. 2011 г.

УДК 677.027:628.3

**Е.В. ЛЕСОВИЧ**

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Textile industry is the major source of water consumption and wastewater pollution. Research on the effectiveness of the wastewater treatment plant of textile enterprises have shown that it can not provide the required degree of purification. This problem must be solved by improving the existing wastewater treatment technologies.

Охрана окружающей среды от загрязнения сточными водами текстильных предприятий является актуальной проблемой, которой в Республике Беларусь уделяется большое внимание. Одним из важнейших направлений современного этапа развития производства является необходимость создания надежных технологий, исключающих проникновение промышленных сточных вод в водные объекты. При отделке текстильных материалов образуются сточные воды, которые содержат широкий спектр загрязнений. Наибольшая проблема очистки сточных вод текстильных предприятий возникает после процессов крашения и печатания тканей [1].

Проведены исследования эффективности работы очистных сооружений сточных вод текстильного предприятия. Сооружения построены по опытно-производственному проекту (1982 г.), введены в эксплуатацию в 1986 г. и включают следующие элементы:

- сборная емкость для сточных вод активного крашения объемом 120 м<sup>3</sup>;
- электрокоагуляторы с пластинчатыми стальными электродами (5 шт.) для очистки сточных вод активного крашения;
- четырехсекционный усреднитель полезной емкостью 1400 м<sup>3</sup>;
- 2 двухсекционные флотаторы с пневматической флотацией;
- электрофлотаторы (9 шт.);
- вихревой смеситель;
- емкости для осадков и пены;
- сгуститель осадка;
- узел обезвоживания осадков (2 вакуум-фильтра со вспомогательным оборудованием).

Концентрированные производственные сточные воды от цеха крашения расходом порядка 300 м<sup>3</sup>/сут обрабатываются в электрокоагуляторах и направляются в усред-

нитель, где смешиваются со сточными водами, имеющими значительно меньшее содержание загрязняющих веществ, а также сточной водой от подготовки полотна к крашению, промывки оборудования, расходом порядка 2700 м<sup>3</sup>/сут. Далее сточная вода поступает на флотаторы с пневматической флотацией, а затем на электрофлотаторы. Очищенные таким образом промышленные сточные воды сбрасываются в городскую канализационную сеть.

По данным эксплуатации, режим отведения сточных вод характеризуется смешанным графиком. При этом поступление концентрированных сточных вод на очистные сооружения начинается в 11.00 с перерывом с 14.30 до 15.00, а заканчивается в 18.30. Поступление остальных сточных вод на очистные сооружения начинается в 11.30 и заканчивается в 19.30. В первую и вторую смену поступает одинаковое количество сточных вод: 150 м<sup>3</sup> – после активного крашения и 1350 м<sup>3</sup> – от подготовки полотна к крашению, промывки оборудования и др. Указанный график составлен с определенной долей приближения, поскольку инструментально расходы сточных вод не измеряются. В связи с чем более вероятно наличие неравномерности притока в течение указанных периодов.

В последнее время в технологии красильно-отделочного производства существенно изменился состав используемых красителей и химикатов, а как следствие состав сточных вод. Существующие очистные сооружения не обеспечивают достаточно глубокой очистки сточных вод, что видно из таблицы 1, где приведены данные об эффективности работы очистных сооружений предприятия.

Таблица 1 – Эффективность работы очистных сооружений сточных вод текстильного предприятия

Показатели			Сооружения			
			Электро-коагулятор	Усреднитель	Пневмофлотатор	Электрофлотатор
рН (нефильтрованная проба)	Концентрация	до сооружения	9,58	9,39	6,95	6,03
		после сооружения	9,39	6,95	6,03	6,32
	% очистки		1,98	25,99	13,24	-4,81
Сухой остаток всего, г/л	Концентрация	до сооружения	34,84	27,11	5,85	4,83
		после сооружения	27,11	5,85	4,83	3,98
	% очистки		22,19	78,42	17,44	17,60
Взвешенные вещества всего, г/л	Концентрация	до сооружения	7,77	7,69	1,71	1,27
		после сооружения	7,69	1,71	1,27	1,03
	% очистки		1,03	77,76	25,73	18,90
Хлориды, г/л	Концентрация	до сооружения	9,94	7,87	2,12	1,53
		после сооружения	7,87	2,12	1,53	1,21
	% очистки		20,82	73,06	27,83	20,92
ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	Концентрация	до сооружения	1820,00	1800,00	1430,00	1270,00
		после сооружения	1800,00	1430,00	1270,00	400,00
	% очистки		1,10	20,56	11,19	68,50
СПАВ	Концентрация	до сооружения	14,20	12,30	-	-
		после сооружения	12,30	-	-	0,90
	% очистки		13,38	-	-	92,68
Содержание красителей (в единицах оптической плотности)	Концентрация	до сооружения	0,350	0,320	0,150	0,099
		после сооружения	0,320	0,150	0,099	0,082
	% очистки		8,57	53,13	34,00	17,17

Из таблицы видно, что не по всем загрязнениям действующие очистные сооружения обеспечивают требуемую степень очистки. Особенно неудовлетворительна работа очистных сооружений по хлоридам и содержанию красителей. Используемые в настоящее время на очистных сооружениях способы обработки сточных вод основаны на электрокоагуляции и применении химических реагентов (коагулянтов и флокулянтов). При этом эффективность применения полиакриламида, используемого в качестве флокулянта, является крайне низкой. При существующем режиме очистки сточных вод во флотаторах отделение взвешенных веществ малоэффективно, а их осаждению технологических емкостях препятствуют высокие скорости движения сточной вод.

Проведенные исследования эффективности работы очистных сооружений сточных вод текстильного предприятия показали, что они не позволяют обеспечить требуемую степень очистки. Данная проблема должна решаться путем совершенствования существующих технологий очистки сточных вод с применением более эффективных реагентов, фильтрующих материалов для доочистки и оптимизации режима работы очистных сооружений [2].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Лесович, Е.В. Эффективность очистки сточных вод текстильного производства / Е.В. Лесович // Стратегические проблемы охраны и использования водных ресурсов: материалы IV Международного водного форума, Минск, 12–13 окт. 2010 г. / Минсктиппроект. – Минск, 2011. – С. 297–299.

Лесович, Е.В. Анализ методов очистки сточных вод предприятий текстильной промышленности / Е.В. Лесович // Сб. науч. Тр. / Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси – Брест, 2010 – Вып. 3: природная среда Полесья: особенности и перспективы развития. – С. 98–100.

УДК 628.33

MAŽEIKIENĖ A. <sup>1</sup>, ŠVEDIENĖ S. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vilnius Gediminas Technical University, Department of Water Management, Saulėtekio ave. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania

<sup>2</sup> Vilniaus kolegija/University of Applied Sciences, Faculty of Agrotechnologies, Buivydiskiu str. 1, Buivydiskes, LT-14160 Vilnius area, Lithuania

#### EXPERIMENTAL RESEARCH ON SORPTION OF PETROLEUM PRODUCTS FROM STORM WATER BY FILTRATION

**Abstract.** This article describes the analyses, which were accomplished with the help of the device of experimental filtration, when pollutants from wastewater were being removed by filtration wastewater through sorbents FIBROIL<sup>R</sup> filler in filtering rate 30 m/h. The results showed how efficiently and how much time, under described conditions, it can be cleaned by filtrating wastewater which is variously contaminated (based on the concentrations of petroleum products and suspended solids), until the concentration of petroleum products in filtrate will be  $\leq 5$  mg/L.

Lately in Lithuania and other countries, one of the most polluting substances in the depths of the earth, are petroleum products [1, 2, 3,]. This runoff must be cleaned. Filters reduce the separation time of petroleum products, which may lead to reduced capacity and runoff contamination by petroleum products length of stay in it. For this purpose, the petro-

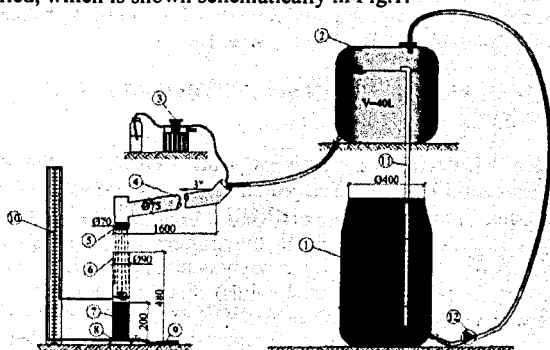
leum trap design included one more stage – i.e. final disposal of petroleum products with sorption filter, which can be used with different sorbents. Application of sorption processes in removing various pollutants from storm water is now the subject of environmental science [2, 4-6]. Also it is important to examine, how much contaminated (based on turbidity and SS) storm water is appropriate to clean by sorbent filtration. The scientific literature contains a lot of information about the application of various sorbents to remove petroleum from the waters surface or aqueous solutions in a static way (collecting petroleum spills, when the concentration of petroleum products is high enough) [2, 7-9]. Scientific experiments are also underway, when the sorbents are used as filter filler, but the filtration rate is low: 0.3-0.4 m/h; [10]; 0.5-1.5 m/h [12].

In reality, the flow of storm water is uneven, constantly changing the concentration of runoff pollutants. To ensure efficient use of absorptive materials, it is necessary to evaluate storm water contamination by suspended solids or turbidity [11, 12] by adjusting filtered runoff content properly, otherwise sorbent acts as a mechanical filter [1, 4].

The purpose of the experiments that have been described in this article – to find out how effective absorption fibrous material FIBROIL<sup>R</sup> removes petroleum products from various pollution levels storm water (according to turbidity, SS and concentration of petroleum products), when runoff is filtered through FIBROIL filler in selected rates.

The object of the researches that have been described in this article – absorption fibrous material FIBROIL<sup>R</sup> and its application possibilities to petroleum products removal from aqueous solutions (compounds) by filtering. It is stated that the FIBROIL<sup>R</sup> is a material which does not get wet and it doesn't absorb water that is why it can be used for filter fillers, when water and petroleum products' compounds are filtered. The scientific literature does not indicate what would be the settings of filtering through fibroil fillers. At the same time FIBROIL<sup>R</sup> is quite expensive material (20 Lt/kg) that is why it is important to explore how storm water characteristics affects the efficiency of petroleum products absorption.

This article describes the smooth way of insertion of petroleum products in filtering runoff or water, when in the filtering device with help of pumps in constant rates (yields) runoff (or water) and petroleum products are supplied. Thus it was possible to prepare compounds with high concentrations of petroleum products (~50, ~100, ~150 mg/L). To achieve above-described objectives, in Vilnius Gediminas Technical University laboratory filtration device was installed, which is shown schematically in Fig.1.



*Fig.1 – Filtering device: 1 - 100 liters receptacle for storm water pouring; 2 - 50 liters tank; 3 - vessel filled with diesel; 4 - pipe, through which run-off with inserted petroleum products are delivered to the filter; 5 - percolator; 6 - filtering cylinder; 7 - fibroil filler; 8 - chip layer which maintain filler; 9 - flexible hose for taking filtrate's samples; 10 - piezometer; 11 - overflow pipe; 12 - pump*

Storm water was poured into the receptacle (1), pump (12) delivers to the tank (2), in which a constant volume of liquid was kept to ensure steady speed of pipe (4) flow with incline ( $3^\circ$ ). The rate of filtration was regulated by opening bolt more or less and yield of the filtrate was measured every 10 minutes. Petroleum products (diesel) were inserted from the vessel (3) to the flowing liquid by peristaltic pump, at such speed that initial  $C_0$  petroleum products' concentration would form at the end of the pipe (there have been sampled). Further, runoff or tap water was delivered to the cross-sectional area ( $0,005 \text{ m}^2$ ) of filtering cylinder with an initial concentration of petroleum products and with support of percolator and even load. It was filtered through a 20 cm height and 70 grams ( $70 \text{ kg/m}^3$  filling weight) FIBROIL<sup>®</sup> layer. For these analysis 20, 25 and 30 m/h filtering rate was chosen. Filtrates (of 1 DV) samples and compounds' A and B samples (before filtering cylinder) were collected in jars (0.5 L) every 10 minutes; these samples' contamination was measured by concentrations and turbidity of petroleum products and suspended solids. In filtering cylinder comprising pressure losses was measured with assistance of piezometer (10). Each separate filtering experiment was done with new fibroil filler, weighting and filling density in the cylinder were the same. Measurements of parameter were repeated 3-4 times. Errors of sampling and accuracy of devices measuring constituted errors. Samples were analyzed using standards methods: suspended solids (SS) (LST EN 872:2000), turbidity (LST EN ISO 027:2002) and total petroleum hydrocarbons (TPH) (ISO 9377-2:2000).

During the hydraulic test of experimental stand, pressure losses in fibroil filler, filtering

tap water in filtration rate of 20, 25, 30 m/h was measured. Pressure losses' dependence on filtration speed after 10 minutes (filtering tap water with a turbidity of 1 DV) is shown in Fig. 2.

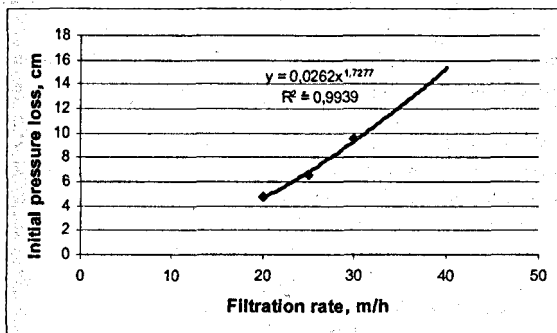


Fig.2 - Dependence on filtering rate in pressure losses filler

As it can be seen from the figure, the pressure losses directly depended on the filtration rate: when the filtration rate was equal to 20 m/h, the pressure losses were up to 5.2 cm; when the filtration rate was equal to 30 m/h, the pressure losses were up to 10.5 cm. In longer filtration of tap water, the pressure losses increased: one hour of filtration on the average increases 0.5 cm.

The filtration of tap water and diesel compound ( $SS \sim 0.5 \text{ mg/L}$ ,  $C_0 \sim 50 \text{ mg/L}$ ) in a constant rate of 30 m/h, through 76 g fibroil filler lasted 6 hours. During that time, the concentration of petroleum products in filtrate samples  $C_f$ , varied from 0.5 to 4.5 mg/L and did not exceed the regulated ( $5 \text{ mg/L}$ ) concentration. In filtration of storm water and diesel compound ( $SS \sim 10 \text{ mg/L}$ ), the rate of filtration (the lower, the higher the efficiency) and the ini-

tial petroleum products' concentration (the higher in the limits of analysis, the higher the efficiency) of runoff influenced the efficiency of absorption of fibroil filler. The pollution of runoff by turbidity and suspended solids influenced the term of filtration. Runoff, which has the lower contamination before filter (SS~10 mg/L,  $C_0$  ~50 mg/L), was filtered 80 minutes longer in rate of 30 m/h, than the more polluted runoff (SS~25 mg/L,  $C_0$  ~150 mg/L). In filtration of runoff (SS~25 mg/L,  $C_0$  ~150 mg/L) in the rate of 30 m/h, after 100 minutes, in the samples of filtrate, petroleum products' concentration of 5 mg/L was exceeded, meanwhile, the efficiency of absorption was up to 96.6 %. In decrease of filtration rate of runoff (SS~40 mg/L,  $C_0$  ~100 mg/L) from 30 to 15 m/h, the efficiency of absorption increased from 98.6 to 99.5 %, although the initial concentration of petroleum products increased from 100 to 158.27 mg/L. To filtrate more polluted storm water (such as SS~40 mg/L,  $C_0$  ~100 mg/L) is beside the purpose, because of the rapid filter and the obstruction of the grid. The derived sorption and hydraulic properties of the fibroil can be used to evaluate the efficiency of operative existing storm water treatment plants as well as to design new facilities.

#### REFERENCES

1. Pitt, M.; Brown, A.; Smith, A. 2002. Waste management at airports, *Facilities* 20(5/6): 198-207.
2. Deschamps, G.; Caruel, H.; Borredon, M.; Albasi, C.; Riba, J.; Bonnin, C.; Vignoles, C. 2003. Oil removal from water by sorption on hydrophobic cotton fibers. 2. Study of sorption properties in dynamic mode, *Environmental Science Technology* 37: 5034-5039.
3. Ke, L.; Yu, K.; Wong, Y.; Tam, N. 2005. Spatial and vertical distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in mangrove sediments, *Science of the Total Environment* 340: 177-187.
4. Garg, V.; Amit, M.; Gupta, R. 2004. Basic dye (methyl blue) removal from simulated wastewater by adsorption using Indian Rosewood sawdust a timber industry waste, *ScienceDirect. Dyes and Pigments* 63: 243-250.
5. Mažeikienė, A.; Rimeika, M.; Valentukevičienė, M.; Oškinis, V.; Paškauskaitė, N.; Brannvall, E. 2005. Removal of petroleum products from water using natural sorbent zeolite, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 13(4): 187-192.
6. Brannvall, E.; Mažeikienė, A.; Valentukevičienė, M. 2006. Experimental research on sorption of petroleum products from water by natural clinoptilolite and vermiculite, *Geologija* 56: 5-12.
7. Wei, Q.; Mather, R.; Fotheringham, A.; Yang, R. 2003. Evaluation of non woven polypropylene oil sorbents in marine oilspill recovery, *Marine Pollution Bulletin* 46 (6): 780-783.
8. Annunciado, T.; Sydenstricker, T.; Amico, S. 2005. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills, *Marine Pollution Bulletin* 50 (11): 1340-1346.
9. Husein, M.; Amer, A.; Sawsan, I. 2008. Oil spill sorption using carbonized pith bagasse: trial for practical application, *Journal of Environmental Science and Technology* 5 (2): 233-242.
10. Rajakovic, V.; Aleksic, G.; Radetic, M.; Rajakovic, L. 2006. Efficiency of oil removal from real wastewater with different sorbent materials, *Journal of Hazardous Materials* 143: 494-499.
11. Davies-Colley, R.; Smith, D. 2001. Turbidity, suspended sediment, and water clarity: a review. *Journal of the American water resources association* 37(5): 1085-1101.
12. Rahmah, A.; Abdullah, M. 2010. Evaluation of Malaysian *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. for oily water filtration using factorial design, *Desalination*. doi: 10.1016/j.desal.2010.08.001.



УДК 628. 316

**В.В. МОРОЗ**

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

## **ОЧИСТКА КРАСКОСодЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД «ПОПУТНОЙ» ТЕХНОЛОГИЕЙ**

The analysis of an existing problem of clearing of sewages, containing colour, with piping and intrusion of the given know-how in production is held.

### **Введение**

Большинство предприятий приборо- и машиностроительного профиля имеют ца- или отдельные участки покрасочного производства. На этих производствах имеются отделения подготовки (обезжиривание, травление, фосфатирование и т.д.) деталей од покрытие и как завершающая стадия – покраска.

Кислые загрязнения и соли, образующиеся в стоке ванн травления, фосфатирования и промывки, перед сбросом в канализацию должны быть подвергнуты очистке до опустимых норм.

Известно, что более 80 % действующих очистных сооружений предприятий приборо- и машиностроительного профиля имеют очистные сооружения реагентного типа. Следует добавить, что в технологических процессах нанесения защитных покрытий используется широкий спектр веществ, которые превращаются в отходы, сходные по составу с реагентами, применяемыми при очистке органозагрязнённых сточных вод. Это имеет место предпосылки для многократного снижения объема используемых окислительных реагентов, а значит, и неизбежного вторичного загрязнения сточных вод.

Известные методы очистки такого вида сточных вод (ультрафильтрация, сжигание, ионный обмен и др.) энергоёмки, для их реализации требуется использование дорогостоящего оборудования, дефицитных материалов и значительных производственных площадей. В связи с тем, что промышленные предприятия находятся в затруднительном финансовом положении, как правило, стоки сбрасываются в канализацию без какой-либо предварительной очистки. Опыт, накопленный по использованию "попутных" технологий в процессах очистки сточных вод, позволяет с высокой степенью вероятности предположить возможность эффективной совместной обработки и указанных стоков в рамках очистных сооружений гальванического производства. При этом под «попутной» технологией обработки лакокрасочных загрязнений понимается её реализация в рамках традиционных очистных сооружений стоков гальванических покрытий реагентного типа с использованием ранее смонтированного оборудования, применением тех же реагентов при сохранении основных параметров технологических процессов, а также систем автоматического регулирования (САР).

### **1. Исследование возможности создания «попутной» технологии обработки точных вод окрасочного производства**

Возможность и целесообразность объединения хромсодержащих стоков и «попутного» обезжиривания органосодержащих стоков в кислой среде в присутствии

хроматов, а также использование механизма окисления легкоокисляемых органических соединений кислородом воздуха и использование сорбционной способности оксигитратных коллекторов образующихся в процессах нейтрализации всех видов стоков с последующей их осаднением в осветлителе была реализована на Брестском электромеханическом заводе (БЭМЗ), где впервые технология была внедрена в производство [1]. Данная технология проста, экономична, малоотходна. Реконструкция действующих очистных сооружений и переход на усовершенствование выгодно предприятию, так как используется ранее смонтированное оборудование, те же реагенты при сохранении основных параметров технологических процессов, а также системы автоматического регулирования (САР).

Эта технология не требует дополнительных площадей и оборудования, сопоставимых по стоимости с традиционными очистными сооружениями гальваностоков. Принцип реализации данной технологии осуществлен с использованием имеющегося оборудования и коммуникаций.

Для подтверждения возможности создания «попутной» технологии были проведены соответствующие исследования. Цель проводимых исследований заключалась в установлении возможности и целесообразности объединения потоков, содержащих хромосодержащие и лакокрасочные загрязнения, с последующей их обработкой по традиционно принятой реагентной схеме очистки стоков гальванического производства.

Для отработки режимов технологического процесса очистки исследования были условно разбиты на три этапа.

*– На первом этапе выяснялся эффект окисления органических веществ хромосодержащим стоком и кислородом воздуха.*

Краскосодержащий сток смешивался с хромосодержащим стоком. В хромосодержащий сток предварительно вводилось рассчитанное количество травильного раствора; при необходимости смесь подкисляли серной кислотой до  $pH=1,5+2,0$ . Далее смесь стоков подвергалась продувке воздухом. При продувке смеси воздухом кроме окисления органических примесей происходит выделение из воды избыточного количества углекислого газа, образование на поверхности газовых пузырьков зародышей твердой фазы продуктов гидролиза, а также специфическое механическое перемешивание воды пузырьками воздуха. Кроме того, при продувке образуется устойчивый слой пены. Способностью создавать пену обладают различные ПАВ, находящиеся в краскосодержащем стоке (спирты, моющие средства и т.д.). Из этого следует, что часть органических примесей, СПАВ, уносится в пенный продукт для удаления на обезвоживание.

*– На втором этапе – эффективность адсорбции органических веществ на образовавшихся гидроокисях металлов.*

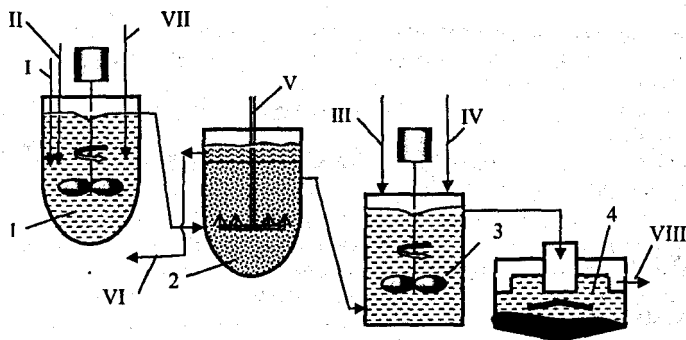
После продувки смесь стоков подщелачивают раствором известкового молока и тщательно перемешивают. При величине  $pH=3,5+4,0$  образуются крупные хлопья гидроокиси железа (III), на которых происходит сорбция трудно окисляемых ароматических углеводородов (ксилол, толуол), недоокисленных органических примесей (фенол, ацетон) и промежуточных органических веществ (органических кислот), получившихся в процессе окисления.

*– На третьем этапе – процессы коагуляции и соосаждения совместно со стоками гальванического производства.*

После подщелачивания и перемешивания смесь краско- и хромосодержащих стоков смешивают с кислотнощелочным стоком, подщелачивают известковым молоком и тщательно перемешивают в реакторе-нейтрализаторе всех видов стоков для обеспе-

ения благоприятных условий коагуляции. Последний этап нейтрализации краскосодержащего стока – осветлитель. После перемешивания смесь стоков отстаивалась в течение 1,5 часа.

По результатам исследований была разработана технологическая схема, представленная на рис. 1.



- 1 – реактор обработки хромосодержащих сточных вод; 2 – ёмкость для продувки стоков сжатым воздухом; 3 – реактор-нейтрализатор всех видов стоков; 4 – осветлитель;  
I – краскосодержащие сточные воды; II – хромосодержащие сточные воды;  
III – кислотно-щелочные стоки; IV – нейтрализующий раствор; V – сжатый воздух;  
VI – пенный продукт на обезжелезивание; VII – растворы кислых реагентов (товарная кислота и отработанные травильные растворы, содержащие  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ );  
VIII – обработанный сток

Рисунок 1 – Способ «попутной» обработки краскосодержащих сточных вод

## 2. Итоговый вывод

Возможность «попутной» обработки лакокрасочных стоков в линии восстановления хрома (VI) до хрома (III) предопределяет тот факт, что большинство органических загрязнений окисляется на 95÷98% бихроматами до  $CO_2$  и  $H_2O$  [7]. Деструкции органических загрязнений способствует и окисление их кислородом воздуха [4, 5, 6]. Дальнейшее снижение содержания органических загрязнителей можно ожидать при сорбции их на оксигидратном коллекторе, образующемся в процессе нейтрализации гальванических стоков [2, 3]. Важным является и тот факт, что «попутной» обработкой стоков можно решить проблему удаления тяжелых металлов (ТМ), вносимых в стоки в процессе нанесения лакокрасочных покрытий. Как правило, в известных технологиях очистки лакокрасочных стоков проблема тяжелых металлов вообще не рассматривалась, т.к. наличие в подобных стоках тяжелых металлов не предполагалось.

Учёт перечисленных доводов при выборе «попутной» технологии очистки стоков лакокрасочного производства сулит серьезные экономические выгоды и ряд практических преимуществ, связанных с резким сокращением потребности в энерго- и материалоёмком технологическом оборудовании и соответственно снижением потребности в производственных площадях.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Урецкий, Е.А. Исследование возможности создания «попутной» технологии обработки сточных вод, загрязнённых лакокрасочными ингредиентами / Е.А. Урецкий, В.В. Мороз // Вестник БГТУ. – 2007.
2. Бабенков, Е.Д. Очистка вод коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – С. 94, 140.
3. Краюхина, Т.А. Химия и микробиология / Т.А. Краюхина, И.Н. Чурбанова – М.: Стройиздат, 1974.
4. Коренман, М. Методы определения органических веществ. – М.: Химия, 1975.
5. Лейте, В. Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод; перевод с нем. – М.: Химия, 1975.
6. Петров, А.А. Органическая химия / А.А. Петров, Х.В. Бальян, А.Т. Трошенко – М.: Высшая школа, 1973.
7. Проскуряков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В.А. Проскуряков, Л.И. Шмидт – Л.: Химия, 1997.

УДК 628. 316

**В.В. МОРОЗ, А.Д. ГУРИНОВИЧ**

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

### **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Clearing of sewages containing colour by «way» know-how. The analysis of an existing problem of clearing of sewages, containing colour, with mining and intrusion of the given know-how in production is held.

Предприятия машиностроения, как правило, помимо гальванических производств имеют и окрасочное производство. Крайне опасными загрязнителями сточных вод промышленных предприятий являются разнообразные органические вещества окрасочных производств. Эти вещества характеризуются сложным и переменным составом, высокой токсичностью, преимущественным содержанием растворенных, а не взвешенных веществ. Поэтому их выделение представляет задачу чрезвычайной сложности. Известные методы очистки такого вида сточных вод (ультрафильтрация, сжигание, ионный обмен и др.) связаны с очень большими энергетическими затратами, высокой стоимостью технологического оборудования, дефицитностью реагентов и потребностью в значительных производственных площадях.

Помимо этого, на стадиях подготовки изделий под покраску (обезжиривание, фосфатирование, травление и т.п.) образуются сточные воды, загрязненные веществами минерального происхождения и соединениями тяжелых металлов (цинк, хром, титан и.п.).

Из-за отсутствия эффективных методов обезвреживания этого вида стоков проектный институт рекомендовал базовому предприятию (БЭМЗ) разбавление свежей водой загрязненного стока до допустимых норм. Подсчеты показали, что на разбавление потребовалось бы дополнительно более 10 млн. м<sup>3</sup> воды в год. Осуществление этого решения повлекло бы за собой существенное расширение технического водопровода и отводя-

их трубопроводов хозяйственной канализации. Подобное «предложение» привело к ежегодным затратам не менее 2 млн. рублей (в масштабе цен 1985 г.).

Обследование систем водопотребления и водоотведения покрасочного производства, выявило два основных источника сброса сточных вод:

- линия подготовки поверхности перед покраской (где производится обезжиривание и фосфатирование поверхностей изделий перед покраской и соответственно после каждой из операций производится отмывка);

- гидрофильтры покрасочных камер (они предназначены для предотвращения сброса токсичных веществ, содержащихся в воздухе, проходящем через двойную весу воды, где происходит освобождение его от лакокрасочных материалов и влаги. Очищенный воздух выводится в атмосферу.

Окраска изделий, связанная со сбросом сточных вод, в основном, осуществляется методом пневматического распыления, используя лишь от 45 до 75% краски. Причем при контакте краски с водой происходит частичное растворение химических, входящих в состав. В воде, сбрасываемой из гидрофильтров, могут содержаться различные химикаты, в т.ч. тяжелые металлы. Это так называемый мокрый способ очистки воздуха.

Загрязненная вода поступает в ванну, расположенную в нижней части гидрофильтра. После достижения в воде максимально допустимых концентраций загрязнителей она должна сливаться, донные отложения краски удаляться, а затем заливаться свежая вода. В случае нарушения сроков сменяемости воды в гидрофильтрах они перестают выполнять свою функцию - предотвращение выброса крайне токсичных химикатов в атмосферу (ксилол, бензол, толуол и др.).

Зачастую обезвреживание промывных вод и отработанных технологических растворов (ОТР) не предусматривается. Стоки без очистки сбрасываются в городскую канализацию.

Степень очистки краскосодержащего стока определялась косвенным путем - методом окисления, в основном по химическому потреблению кислорода (ХПК).

Разработана технология обезвреживания краскосодержащих сточных вод, достигаемая реализацией метода в рамках традиционных очистных сооружений стоков гальванического производства. Эта «попутная» технология позволяет использовать технологические свойства промывных хромосодержащих стоков и ОТР гальванического производства. При этом отпадает необходимость в дополнительных энерго- и материалоёмких технологических линиях, требующих значительных производственных площадей для их размещения, приобретения новых дорогостоящих реагентов.

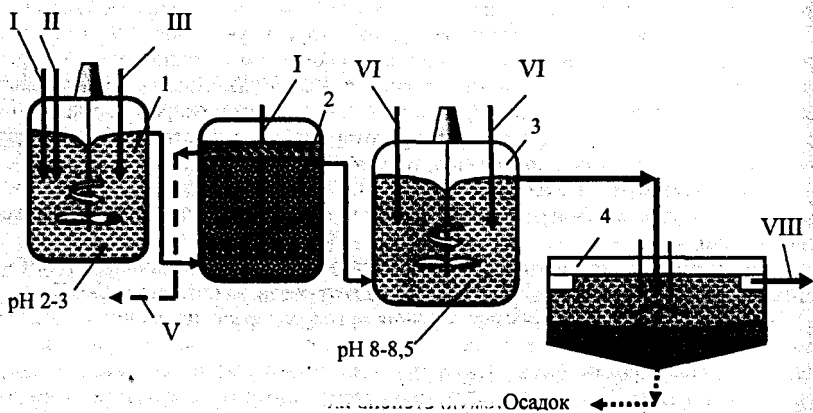
При этом снижение содержания органических веществ в 10-15 раз, оценивавшееся по ХПК, позволяет считать глубину обработки достаточной для условий сброса стоков в хозяйственную канализацию.

Положительный эффект реализованной технологии по очистке сточных вод, содержащих лакокрасочные загрязнения, достигнут тем, что эти сточные воды, обрабатываясь совместно с хромосодержащими стоками. Такой подход позволил осуществить деградацию части органических соединений бихроматами при низкой величине pH=2-3. (дальнейшая «продувка» смеси воздухом обеспечила окисление легкоокисляемых органических соединений кислородом воздуха, выделение пенного продукта с последующим использованием сорбционной способности оксигидратных коллекторов образующихся в процессах нейтрализации всех видов стоков и осаждения в осветлителе.

Это решение реализуется следующим образом. Сточная жидкость, содержащая лакокрасочные загрязнения (I), подается в реактор обработки хромосодержащих стоков и перемешивается механической мешалкой совместно с хромосодержащими сточ-

ными водами (II). Поддержание  $\text{pH}=2-3$  осуществляется кислыми отработанными технологическими растворами (ОТР) травления черных металлов, содержащими железо (II и III). При этом происходит деструкция органических загрязнений бихроматами. Затем обработанный сток направляется в емкость 2, где осуществляется продувка смеси сжатым воздухом (IV). При этом происходит окисление легкоокисляемых органических примесей и выделение из воды пенного продукта (V), удаляемого на обезвреживание. Далее обработанная смесь направляется на совместную нейтрализацию с другими видами сточных вод в реактор – нейтрализатор всех видов стоков 3. В этом реакторе с помощью нейтрализующих растворов (VI) поддерживается  $\text{pH}=8,0-8,5$ . При этом происходит сорбция органических загрязнений на образующемся оксигидратном коллекторе. Дальнейшее снижение концентрации лакокрасочных соединений происходит в осветлителе 4, за счёт эффекта соосаждения взвесей.

Техническое решение по «попутной» обработке краскосодержащих стоков, приведено на рис. 1.



- 1 – реактор обработки хромсодержащих сточных вод; 2 – ёмкость для продувки сжатым воздухом; 3 – реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод; 4 – осветлитель;  
I – стоки, содержащие лакокрасочные загрязнения; II – хромсодержащие сточные воды;  
III – ОТР, содержащие железо (II и III); IV – сжатый воздух; V – пенный продукт;  
VI – нейтрализующие растворы; VII – кислотно-щелочные сточные воды;  
VIII – осветлённые сточные воды

**Рисунок 1 – «Попутная» технология обработки краскосодержащих сточных вод**

Внедрение «попутной» технологии обработки краскосодержащих сточных вод осуществлено на очистных сооружениях Брестского электромеханического завода на базе двух реакторов из числа высвобожденного оборудования после реконструкции технологических линий обработки стоков гальванического производства.

#### **Итоговые выводы**

Эксплуатация узла обезвреживания краскосодержащих стоков показала, что глубина очистки по ХПК повышается ощутимо. При исходном ХПК до 2500 мг/л на выходе очистных сооружений эта величина не превышает значения 10–12 мг/л.

УДК 628.31

**А.Б. НЕВЗОРОВА, А.О. ЖУРБЕНКОВ, М.А. КАЗАНЦЕВ**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г. Гомель

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБРОСА ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ХОРОПУТЬ И ИПУТЬ В РАЙОНЕ ГОРОДА ДОБРУШ**

The results of the analysis of the current status of wastewater treatment Dobrush and determined the degree of cleaning required for discharge to the river Horoput.

В соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь, основными целями государственного управления водными ресурсами являются: обеспечение прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержание оптимальных условий водопользования; сохранение качества природных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям; защита водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; предотвращение или ликвидация вредного воздействия вод; сохранение биологического разнообразия водных экосистем.

Основной способ, обеспечивающий достижение указанных выше целей, – нормирование допустимых воздействий хозяйственной деятельности на поверхностные водные объекты. Практическая реализация этого способа возможна лишь при качественной очистке сточных вод, поступающих от ЖКХ и промышленных предприятий на локальные очистные сооружения.

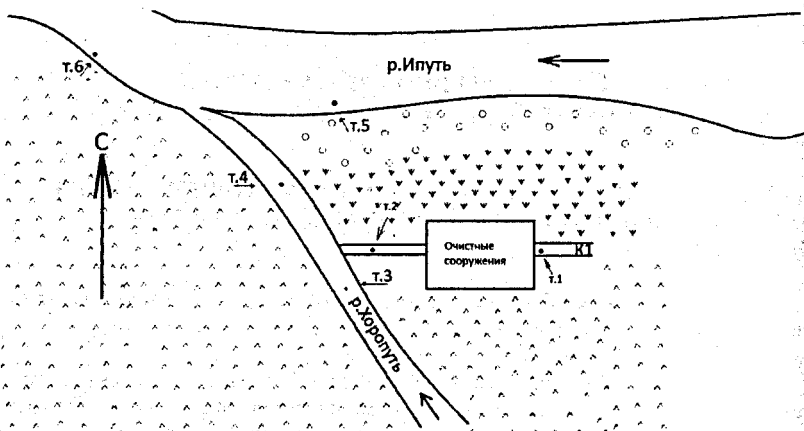
Для сохранения экологически чистого состояния малых рек необходимо учитывать ассимилирующую способность водных объектов и оптимальное распределение сбрасываемых веществ.

*Цель работы* – на основе анализа существующего положения очистки сточных вод г. Добруша определить требуемую степень их очистки для сброса в р. Хоропуть.

*Результаты исследований.*

Город Добруш находится на расстоянии 25 км от Гомеля. Население составляет 18 330 жителей (2009). В городе находятся бумажная фабрика (с 1870 года), фарфоровый завод (градообразующие), молокозавод, предприятия пищевой промышленности. Единой централизованной системы канализации нет. Для очистки сточных вод имеются ведомственные локальные очистные сооружения предприятий в виде полей фильтрации в пойме рек Ипуть и Хоропуть (рисунком 1) общей производительностью около 8 тыс. м<sup>3</sup>/сут. В районах усадебной застройки население пользуется выгребями, сточные воды из которых вывозятся на эти же поля фильтрации.

Сброс очищенных сточных вод предусмотрен в р. Хоропуть, которая является водоемом рыбохозяйственного водопользования III категории. Поэтому очищенные сточные воды в зависимости от эквивалентного числа жителей (ЭН=28627 чел.) на выпуске в водоем должны иметь следующие показатели: БПК<sub>5</sub> – 20 мг/дм<sup>3</sup>; взвешенные вещества – 25; азот общий – 15; фосфор общий – 3.



**Рисунок 1 – Расположение существующих очистных сооружений и точки отбора проб**

Оценку влияния сброса очищенных сточных вод на качество воды малых рек Хоропуть и Ипуть в районе города Добруш проводили по контрольным точкам, указанным на рисунке 1, и используя данные протоколов испытаний сточных и поверхностных вод, полученные Гомельской областной лабораторией аналитического контроля (таблица 1).

**Таблица 1 – Результаты испытаний**

Показатель	По расчету мг/дм <sup>3</sup>	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6	ПДК для т.т. 3,4,5,6
БПК <sub>5</sub>	20	157,2	64,2	3,69	4,55	3	4,42	2,25
Взвешенные вещества	25	200,2	24,1	3,0	5,2	2,7	5,3	24,1
Нефтепродукты	0,5	1,82	0,9	0,028	0,11	0,023	0,093	0,05
Железо общее	0,3	3,3	2,8	0,35	0,84	0,35	0,86	0,1

Как видно из таблицы 1, имеет место превышение концентраций загрязняющих веществ в воде водотока даже с учетом разбавления и смешения с водой водоёма.

Сравнение полученных результатов по другим показателям также показало превышение ПДК (например, по «Фосфор фосфатный» в 4,2 раза (т.4) и т.д.).

В то же время результаты гидрохимических анализов по множеству показателей дают возможность определить класс качества воды в виде интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод, которая определяется по индексу загрязненности воды (ИЗВ) и рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений 6-ти основных показателей качества воды.

Согласно полученным значениям ИЗВ, можно сделать заключение, что в районе города Добруш вода реки Хоропуть на момент исследования соответствовала 3-му классу качества и характеризовалась как «умеренно загрязненная».

По приведенным данным видно, что состояние очистных сооружений неудовлетворительное и недоочищенные стоки приводят к загрязнению окружающей водной



реды, что может пагубно сказаться и на речном биоразнообразии. Поэтому предлага-  
ется также осуществлять и биологический надзор над реками Хоропуть и Ипуть, т.к.  
это единственное средство, позволяющее обнаружить изменения экологии рек и  
сформировать существенное дополнение к ранее установленному физико-  
химическому мониторингу качества воды. В широком смысле можно сказать, что фи-  
зико-химический мониторинг измеряет количество загрязняющих агентов, а биологи-  
ческий надзор измеряет эффекты загрязнения.

Поэтому надеемся, что в бюджете города и предприятий найдутся средства для  
строительства общих городских очистных сооружений, которые обеспечат требуемую  
степень очистки сточных вод по всем показателям загрязнений.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Водный кодекс Республики Беларусь. 15 июля 1998 г. № 191-3.  
Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-  
02-2010. – Минск, 2010.  
Алексеев, Л.С. Контроль качества воды. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 159 с.  
Очистные сооружения канализации в г. Добруш. Архитектурный проект. – Минск: ПРУП  
«Белкоммунпроект», 2011 – 390 с.  
Водные ресурсы Республики Беларусь: состояние и использование. [Электронный ресурс]  
Режим доступа: <http://voda.na.by/index.files/96.htm>. – Дата доступа: 03.06.2013.  
Щербakov, Г.А. Состояние загрязнения поверхностных и подземных вод в Республике Бе-  
ларусь. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.nestor.minsk.by/sn/2000/49/  
04913.html](http://www.nestor.minsk.by/sn/2000/49/04913.html). – Дата доступа: 10.06.2013.  
Рекомендации по оценке и контролю за загрязнением малых рек биогенными веществами  
212.18-99: рекомендации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды  
Республики Беларусь от 19.11.1999 N 331. Дата доступа: 11.06.2013:  
Измерение качества речной воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.enfo.ie/  
aflets/bs12.htm](http://www.enfo.ie/aflets/bs12.htm). – Дата доступа: 11.06.2013.

УДК 628.31

**О.К. НОВИКОВА, М.А. БИНДЮК**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г. Гомель

#### **БИОЛОГИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Considered technological schemes of reconstruction aeration tank with the technology  
of deep nutrient removal. Shows the dynamics of nitrogen and phosphorus. The final choice  
of the scheme and the establishment of the residence time in each zone may be only after the  
pilot studies.

Актуальность проблемы удаления из сточных вод соединений азота и фосфора  
обусловлена все более возрастающей степенью эвтрофикации поверхностных  
водоемов, которая в значительной мере определяет экологическую ситуацию, как в  
Республике Беларусь, так и за рубежом.

При проектировании новых очистных сооружений и реконструкции существующих  
всегда ставится задача выбора технологической схемы очистки сточных вод.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что для решения проблемы удаления биогенных элементов из сточных вод (преимущественно соединений азота и фосфора) биологическим методом существует множество модификаций чередования анаэробно-аноксидно-аэробных условий обработки смеси сточной воды и активного ила. Большинство известных технологических схем были разработаны в странах Западной Европы и США.

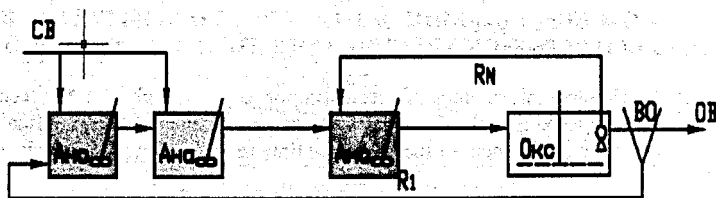
На выбор технологической схемы влияют требования к качеству очищенных сточных вод, расход сточных вод, состав поступающих сточных вод по основным загрязнителям (в т.ч. температура сточных вод).

Существенное значение в расчете биоблоков с удалением азота и фосфора биологическим путем имеют соотношения показателей БПК<sub>5</sub>/N и БПК<sub>5</sub>/P оптимальными значениями которых являются 3,5–8/1 и 25–40/1 соответственно [1]. В большинстве сточных вод, поступающих на очистные сооружения Беларуси, из-за низкого содержания органических соединений данные соотношения чаще всего не выполняются [2].

С целью определения оптимального режима совместного удаления соединений азота и фосфора биологическим методом без применения реагентов для химического осаждения фосфора при реконструкции блока биологической очистки очистных сооружений Гомельской области, на основании анализа современных технических решений, было выбрано две технологические схемы реконструкции аэротенка *JHB modification* и схема Людчака-Этингера, которые приведены на рисунках 1 и 2.

Первая схема *JHB modification*. Включает в себя выделение в аэротенке первой аноксидной, анаэробной, второй аноксидной и аэробной (оксидной) зон организацией 2-х рециркуляционных потоков: нитратного с конца оксидной зоны начало второй аноксидной и циркуляционного активного ила из вторичных отстойников в начало первой аноксидной зоны. Причем СВ при поступлении в очистку делится на 2 потока: половина расхода поступает в первую аноксидную зону, вторая половина в начало анаэробной зоны.

Вторая схема Людчака-Этингера предусматривает выделение аноксидной и оксидной зон. В начало аноксидной зоны поступает вся СВ пришедшая на биологическую очистку, а также рециркуляционный активный ил из вторичных отстойников нитратосодержащая циркулирующая иловая смесь с конца оксидной зоны.



Ана – анаэробная зона; Ано – аноксидная зона; Окс – оксидная зона; ВО – вторичный отстойник; СВ – подача сточной воды; ОВ – очищенная вода; R<sub>1</sub> – рециркуляция активного ила; R<sub>N</sub> – рециркуляция нитратосодержащей иловой смеси

**Рисунок 1 – Технологическая схема биологического удаления соединений азота и фосфора из сточных вод *JHB modification***

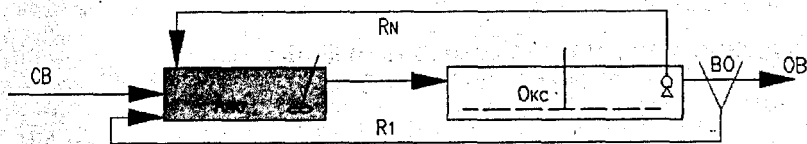


Рисунок 2 – Технологическая схема биологического удаления соединений азота и фосфора из сточных вод Людчака-Этингера

На существующих очистных сооружениях биологическая очистка осуществляется в трёхкоридорных аэротенках (3 секции, ширина коридора  $B = 4,5$  м, рабочая глубина  $H = 24$  м, длина  $L = 60$  м, полезный объем одной секции  $W_{\text{полес}} = 4450$  м<sup>3</sup>).

В результате произведенных расчетов реконструкции аэротенка определена оптимальная доза активного ила, которая составляет  $a = 3$  г/дм<sup>3</sup>, время нахождения сточной жидкости в каждой зоне, в соответствии с которым определены оптимальные размеры зон. Так, для схемы *JNB modification* объем первой аноксидной зоны составляет 480 м<sup>3</sup>, анаэробной – 420 м<sup>3</sup>, второй аноксидной – 630 м<sup>3</sup> и аэробной зоны – 2920 м<sup>3</sup>. При реконструкции по схеме Людчака-Этингера размеры зон распределились следующим образом: аноксидная – 2045 м<sup>3</sup>, оксидная – 2405 м<sup>3</sup>.

Изменение расчетных концентраций азота и фосфора в каждой зоне от времени приведено на рисунках 3 и 4 соответственно.

Рисунок 3 – Динамика азота аммонийного и нитратов по схеме *JNB modification*

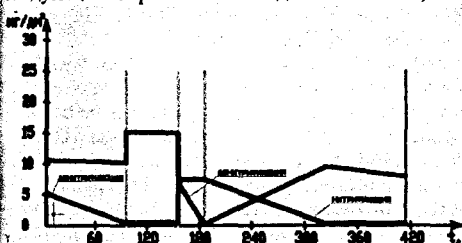
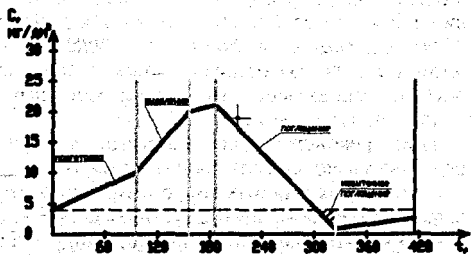


Рисунок 4 – Динамика фосфора по схеме *JNB modification*



Оптимизировать время пребывания ила в той или иной зоне и установить фактические объемы каждой зоны можно только после экспериментальных исследований, на что планируется направить дальнейшую работу.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Седлухо, Ю.П. Сб. научн. гр. 1-й Восточноевроп. регион. конф. IWA 21–22 мая 2009 / Ю.П. Седлухо, Т.С. Куприянич – Мн., 2009. – С. 155–161.

УДК 628.29

**О.К. НОВИКОВА, Н.Г. ГРИБОВА, Т.Н. ПРЕЗОВА**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г. Гомель

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

The aim of this work is the reconstruction of the surface treatment of waste water from the territory of the enterprise of agricultural machinery. The urgency is to solve the problem of water pollution by sewage and water management in the industry. The proposed design solutions to meet modern reconstruction of the achievements in the field of surface waste water treatment.

Одной из актуальных проблем на сегодняшний день является проблема загрязнения большинства водных объектов хозяйственно-бытовыми, промышленными и поверхностными сточными водами, однако степень загрязнения от них различна. В настоящее время поверхностные сточные воды с площадок промышленных предприятий остаются одним из существенных источников загрязнения принимающих водных объектов, несмотря на то, что на них 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.

На большинстве промышленных предприятий если и есть очистные сооружения поверхностных сточных вод, то они были построены в прошлом веке одновременно с комплексом самого предприятия и в настоящее время, либо разрушены и не работают, либо находятся в аварийном состоянии, а концентрации загрязняющих веществ превышают нормативы допустимых концентраций на выпуске очистных сооружений.

Целью работы является реконструкция очистных сооружений поверхностных сточных вод предприятия сельскохозяйственного машиностроения. Очистные сооружения включают аккумулирующую емкость с разделительной камерой, горизонтальную нефтеловушку и фильтры с коксовой загрузкой, однако их работа неэффективна, они находятся в аварийном состоянии и требуют реконструкции.

На основании выполненного анализа показателей качества поверхностных сточных вод, поступающих с площадки предприятия на очистные сооружения и после очистки, установлено, что основными загрязнителями являются взвешенные вещества, нефтепродукты, БПК<sub>5</sub>.

При реконструкции очистных сооружений поверхностных сточных вод предлагается подвергать очистке весь объем талого стока и наиболее загрязненную часть дождевых сточных вод, образованную от расчетного слоя осадков. Сток от слоя осадков выше расчетного слоя относится к категории условно-чистого и отводится в сеть городской дождевой канализации. Очищенные сточные воды предлагается направлять на подпитку системы водоснабжения котельной предприятия.

Величина расчетного слоя осадков определяется согласно рекомендациям НИИВОДГЕО путем построения графика функции распределения вероятности сутокных слоев осадков на основании статистических данных о количестве дождей с различными слоями осадков для города Гомеля, где находится предприятие. Для периода однократного превышения интенсивности  $P = 0,05$  года суточный слой осадков составляет 3,5 мм; для  $P = 0,075$  года – 6,2 мм; для  $P = 0,1$  года – 8,3 мм [2].

К расчету при реконструкции очистных сооружений принят период однократного превышения расчетной интенсивности  $P = 0,075$  года с величиной слоя осадков равной 6,2 мм, сток от которого подвергается очистке в полном объеме.

Поверхностные сточные воды с площадки предприятия поступают в аккумулирующий резервуар, где происходит регулирование расхода поверхностного стока, а также его предварительная механическая очистка [1].

Из аккумулирующего резервуара сточные воды поступают в горизонтальную нефтеловушку, где происходит очистка от взвешенных веществ и всплывающих нефтепродуктов. Поскольку механизм по сбору нефтепродуктов с поверхности воды в нефтеловушке не работает, то предлагается его заменить на современные сорбирующие подушки. После нефтеловушки сточные воды поступают в фильтры. Поскольку старая оксидная загрузка фильтров не позволяет очистить сточные воды до нормативных значений для подачи воды на подпитку котельной, то предлагается замена загрузки материала на сорбент пенополиуретан. Перед подачей в систему водоснабжения предприятия очищенные сточные воды накапливаются в аккумулирующем резервуаре, в качестве которого предложено использовать вторую секцию существующей нефтеловушки.

Проект реконструкции очистных сооружений предусматривает экологически безопасное обращение с осадками, образующимися при очистке поверхностных сточных вод. Осадок из аккумулирующего резервуара и нефтеловушки отводится в шламоотстойник, где накапливается, а затем вывозится спецавтотранспортом на полигон нетоксичных промышленных отходов. Всплывающие нефтепродукты удаляются с помощью сорбирующих подушек.

В результате реализации проекта реконструкции очистных сооружений сточных вод и внедрения проектных предложений по повторному использованию очищенных ливневых и талых сточных вод на подпитку системы водоснабжения котельной может быть достигнут годовой экономический эффект в размере 70 млн.руб.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Алексеев, М.И. Организация отведения поверхностного стока с урбанизированных территорий: учеб. пособие / М.И. Алексеев, А.М. Курганов. – М.: АСВ, 2000. – 352 с.  
Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с сельских территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты: утверждено ФГУП «НИИ ВОДГЕО» 2005–12–28. – Москва, 2006. – 58 с.

УДК 628.543; 502.5

**Л.І. ЧЕЛЯДИН, М.С. ПОЛУТРЕНКО, С.В. ДІДИК**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ

The paper presents the research to reduce pollution from wastewater sludge method, electrochemical treatment and adsorption on ugliedmineralnih materials (TIM). On the basis of experimental data the revealed that the method of separation of solid contaminants in the sump and process tonkosharovom electric treatment, filtration through TIM wastewater ISC index decreased by 200 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Розвиток суспільства веде до промислового виробництва та урбанізації, що спричиняє утворення великої кількості стічних вод, а тому важливою проблемою сьогодні є очищення стічних вод [1], оскільки їх скид без належного очищення приведе до глобального забруднення усіх водних ресурсів нашої планети.

Згідно даних [2], в Україні у 2005 р. кількість «недостатньо» очищених вод, які були скинуті у водні об'єкти, склала 2555 млн. м<sup>3</sup>, що підтверджує недостатню потужність існуючих очисних споруд та їх не ефективність.

Загальна кількість стічних вод, які щорічно скидаються у водойми Івано-Франківської області, становить 89,11 млн.м<sup>3</sup> [3], які містять шкідливі інгредієнти - завислі, нафтопродукти, органічні сполуки та солі хрому. Основну частину стічних вод складають комунальні стоки водоочисних споруд великих міст, що утворюються внаслідок змішування стоків великих промислових і малих об'єктів.

Отже, комунальні стоки є значною проблемою і технології їх очищення дуже ретельно досліджуються вченими протягом багатьох років. Серед найважливіших напрямків цих досліджень можна відзначити впровадження очищення іонним обміном та використання біологічного процесу анаеробного вилучення амонію (Aerobic Ammonium Oxidation - Anammox) [4]. Однак такі технології є складними в експлуатації та обмежені за вмістом концентрацій забруднень, а значить їх ефективність низька. Крім цього, мікробактерії потребують певних біологічних добавок, які є необхідними для їх розвитку та життєдіяльності, і також вони інколи не закріплюються на поверхні решіток, а виносяться з біотенків, що не забезпечує необхідного ступеня очищення стічних вод.

Для сумісного очищення стічних вод великих промислових підприємств та побутових стічних вод міст, що характерно для більшості міст України з населенням від 100 до 500 тис. жителів, використовуються комбіновані схеми очищення [5], які включають локальні установки на підприємствах та загальні міські очисні споруди. На локальних установках використовуються процеси, які дозволяють зменшити вміст найбільш шкідливого компонента [6], а на загальних очисних міських спорудах існують технологічні схеми, що включають такі три основні стадії очищення: механічну, фізико-хімічну та біологічну [7].

Ефективність очищення стічних вод на різних установках різна і середньому вона складає 55-75 %.

Отже, важливою проблемою сьогодення є очистка стічних вод, яка впливає на екологічну безпеку об'єктів.

Загальна кількість стічних вод, які щорічно скидаються у водойми Івано-Франківської області, становить 89,11 млн.м<sup>3</sup>, які містять шкідливі інгредієнти - завислі, нафтопродукти, органічні сполуки та солі хрому. Основну частину стічних вод складають комунальні стоки великих міст, що утворюються внаслідок змішування стоків великих промислових і малих об'єктів. Ефективність очищення стічних вод на таких об'єктах не достатньо висока (65-75%) при використанні біологічного методу.

Для очищення стічних вод великих промислових підприємств та побутових стічних вод міст, що характерно для більшості міст України з населенням від 100 до 500 тис. жителів, використовуються комбіновані схеми очищення, які включають локальні установки на підприємствах та загальні міські очисні споруди. На локальних установках використовуються процеси [8], які дозволяють зменшити вміст найбільш шкідливого компонента. Ефективність очищення стічних вод на різних установках різна і середньому вона складає 55-75%. Вище приведені технології очищення стічних вод показують, що вони не забезпечують достатнього ступеня очищення стічних вод, а тому виникає необхідність розробляти нові процеси очищення стічних вод для зменшення кількості шкідливих компонентів, які надходять у гідросферу.

Таким чином, ефективність очищення стічних вод різними методами в середньому складає 55-93%, а тому дослідники удосконалюють процеси водоочислення у напрямку розробки та реконструкції устаткування і водоочисних споруд.

Метою досліджень є встановлення впливу фізико-хімічного методу очищення на зменшення забруднень у комунальних стоках.

Для очищення стічних вод запропонували технологію фізико-хімічного очищення з електрохімічною обробкою та фільтрацією через ВММ, яку проводили на установці, яка складається з ємності (1) для стічної води, бюретки для коагулянта (2), змішувача в вигляді колби з пропелерною мішалкою (3), горизонтального відстійника з можливістю встановлення похилих площин (4), камери збору шламу водоочищення (5), електрокоагулятора (6), фільтра-адсорбера (7), ємності для збору очищеної води (8) та ємності збору очищеної води (9). Розміри лабораторного відстійника 75x270x180 мм.

Методика досліджень з очищення була наступною. Для очищення використовували 5дм<sup>3</sup> реальної стічної води ВАТ «Водотехпром» типу 1, 2, яка з ємності (1) поступала в відстійник (4) протягом 1 години через змішувач (3). На виході з відстійника потік води направляли в електрокоагулятор та в подальшому на фільтри адсорбери і в ємність очищеної води. Аналогічно проводили дослідження при переобладнанні горизонтального відстійника в відстійник з похилими площинами (в. п. п.). Для контролю якості води (кількості забруднень) використовують такий загальний показник – хімічне споживання кисню (ХСК) [9].

Фізико-хімічне очищення стічної води полягає в наступному. Стоки у електрокоагуляторі під дією електричного струму за рахунок електрохімічних процесів очищаються від шкідливих інгредієнтів, а також у процесі фільтрації через ВММ, що приводить до зменшення забруднень, вміст яких показує такий загальний показник як ХСК. Показник ХСК пов'язаний з окисненням сполук хрому, амонію та інших важких металів і забруднень.

Результати досліджень з очищення комунальних стоків приведені в таблиці 1 та на рис. 1, де показана кінетика процесу очищення стічних вод різного складу та рН середовища.

Таблиця 1 – Показники стічної води I і II типу до очищення (проба 0) та після (проби 1, 2, 3)

Показники	Проба №0	Проба №1	Проба №2	Проба №3
pH (I типу)	5,52	5,31	5,42	5,78
pH(II типу)	7.4	7.0	7.1	7.4
ХСК, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> (I типу)	990	900	834	762
ХСК мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> (II типу)	450	297	209	169

ХСК

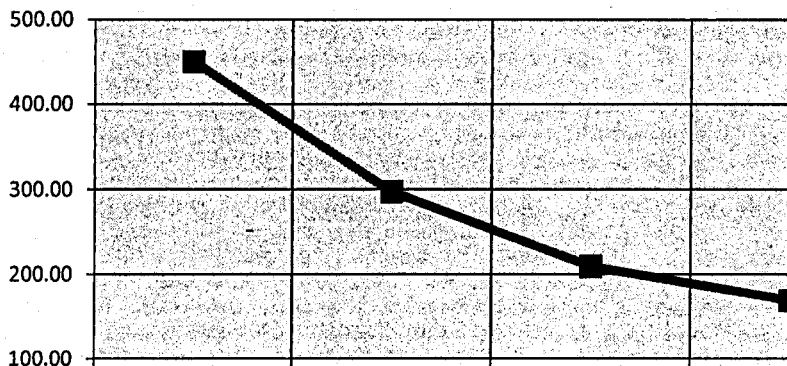


Рисунок 1 – Залежність зміни ХСК та амонійного азоту у стічній воді від часу

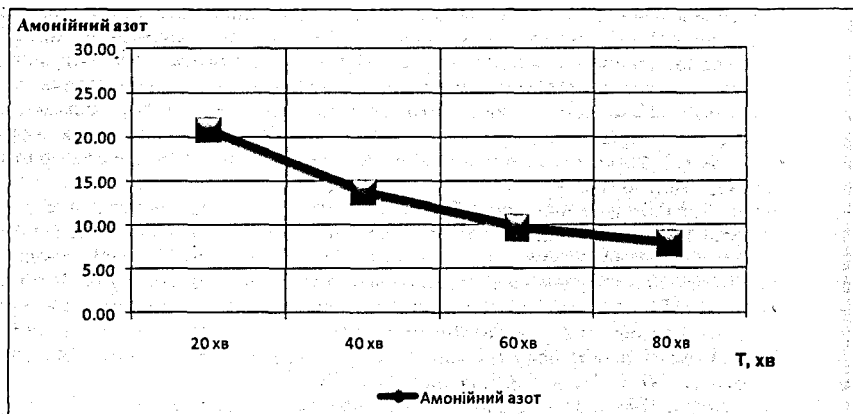


Рисунок 1 – Залежність зміни ХСК та амонійного азоту у стічній воді від часу (продолжение)

Таким чином, в процесі експериментальних досліджень, які включали відділення завислих частинок стічної води у відстійнику, електрообробку в коагуляторі та фільтрації через ВММ спостерігається прямопропорційна залежність між часом і значеннями ХСК та рН, а це підтверджує, що вміст забруднень у воді після експерименту зменшився, оскільки різниця між початковим і кінцевим значенням ХСК складає більше 200 одиниць.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Затвержені Постановою Кабінету Міністрів № 465 від 25.03.1999 р.
3. Савчук, Л.Я. Екологічні дослідження рівня захворюваності населення Калузького промислового району // Науковий вісник ІФДтунг. – №1(13). – 2012 р.
4. Кримець, Г.В. Ефективний реагент для очищення стічних вод // Г.В. Кримець, І.М. Астрелін, Н.М. Товстопалова, О.Ю. Сазонова // Наук. вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 2. – С.149–152.
5. Мальований, А.М. Екологічно безпечні технологічні процеси іонообмінно-біологічного очищення стічних вод від амонійного азоту: автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю «Екологічна безпека» – Івано-Франківськ, 2013 – 24 с.
6. Гаркавий, С.І. Очистка стічних вод у малогабаритних каналізаційних установках конструкції НДКТИ МГ / С.І. Гаркавий // Довкілля та здоров'я. – 2002. – № 3. – С. 20–23.
7. Мельник, Е.С. Оптимизация процессов электрокоагуляции сточных вод / Е.С. Мельник, Л.Д. Плячук // Вісник СумДУ. – 2009. – №1. – С. 200–204.
8. Челябин, Л.І. Техногенне забруднення водних ресурсів та фізико-хімічне очищення стічних вод забруднених нафтопродуктами з вмістом вуглецевомінеральних матеріалів / В.Р. Хомин, М.Р. Скробач, М.М. Богославец, П.П. Неміш. // Науковий вісник Львівського національного лісотехнічного університету України: збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2012. – № 22.12 – С. 91–95.
9. Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. – М. 1984. – 448 с.



УДК 628.3

В.Д. ЮЩЕНКО<sup>1</sup>, Т.С. КУПРИЯНЧИК<sup>1</sup>, А.В. ГАЛУЗО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,  
Новополоцк

<sup>2</sup> Унитарное предприятие «Витебскводоканал», г. Витебск

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ Г. ВИТЕБСКА

The analysis concentration and quantity of waste water of the city of Vitebsk. Changes in the concentration of pollution and quantity of wastewater, requires correct operation treatment plant.

Для действующих очистных сооружений крупных населенных пунктов Республики Беларусь за последние двадцать лет произошли изменения по поступлению количества и состава сточных вод, что влияет на технологические процессы их обработки.

В данной статье приводятся результаты по изменению количества и состава сточных вод, поступающих в городские очистные сооружения г. Витебска, которые учитываются при работе отдельных сооружений и прежде всего при биологической очистке.

Городские канализационные очистные сооружения г. Витебска функционируют с 1968 года.

Ввиду того, что поступление сточных вод постоянно увеличивалось, очистные сооружения неоднократно реконструировались, перестраивались и расширялись, последнее изменение произошло в 2008 г. Проектная производительность станции аэрации в целом составляет 120 тыс. м<sup>3</sup>/сут, но отдельные сооружения могут обработать до 160 тыс. м<sup>3</sup>/сут. сточных вод.

На станцию аэрации поступает смесь хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, их количество и состав подвергается постоянному изменению в соответствии с экономической ситуацией в республике. Так, повсеместная установка вольтметров и приборов для измерения расхода воды и принятие удельной нормы 140 л/сут. на 1 чел. привело к снижению общего водопотребления на 15...20%. Соответственно выросли концентрации загрязнений. Учитывая развитие и расширение таких городских предприятий, как ОАО «Витебскдрев», ОАО «Витебский мясокомбинат» и др., изменился состав городского стока по некоторым специфическим загрязнениям, которые отрицательно влияют на биологическую очистку.

В настоящее время очистные сооружения состоят из узлов механической очистки сточных вод (решетки, песколовки и первичные отстойники), биологической очистки (коридорные аэротенки, биоблоки и вторичные отстойники) и обеззараживания воды (сооружения для приготовления дезинфицирующих растворов и контактные резервуары). Выпуск очищенных сточных вод осуществляется в р. Западная Двина.

Биоблоки (4 шт.) представляют собой сооружения с совмещенной системой биологической очистки, в котором протекают процессы окисления растворенных органических загрязнений, трансформация соединений азота и частичное удаление соединений фосфора. Конструктивной особенностью биоблока является то, что в одном сооружении вмещаются аэротенк с разными зонами аэробности и вторичные отстойники. Данные сооружения разработаны и предложены компанией НПОП «Белэкполь».

Для изучения изменения количества сточных вод, поступающих на станцию аэрации, были обработаны статистические данные за период 1986–2011 гг., а также за 10 месяцев 2012 г. (по данным журнала притока сточных вод от ГКНС и самотечного коллектора). Расход фиксировался ультразвуковым расходомером Днепр-7.

Данные по поступлению сточных вод на очистные сооружения за период 1985–2011 гг. представлены на рис. 1.

Полученные результаты показывают, что за период 1985–1991 гг. происходило увеличение притока сточных вод (последние годы БССР) с 35 до 40 млн. м<sup>3</sup>/год, а затем до 2006 г. – постепенное снижение с колебаниями 15–20% до 36 млн. м<sup>3</sup>/год. За период 2006–2009 гг. наблюдалось более резкое снижение поступления сточных вод – на 20% (до 28 млн. м<sup>3</sup>/год) по сравнению с 2006 г. и на 30 % – с 1987 г. В период 2009–2011 гг. снижение притока сточных вод практически прекратилось.

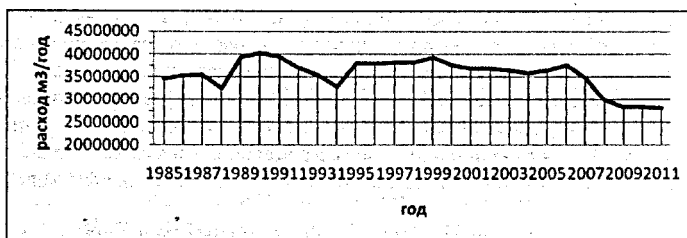


Рисунок 1 – Среднегодовые значения притока сточных вод на очистные сооружения г. Витебска (период 1985–2012 гг.)

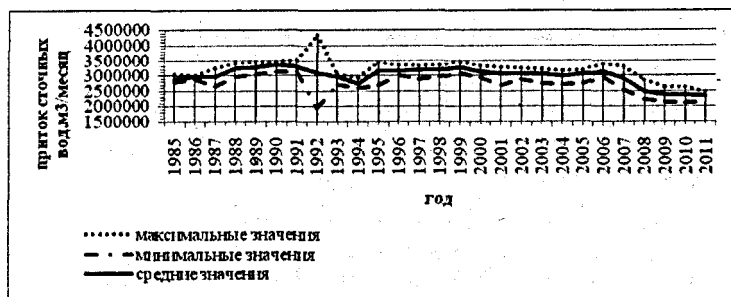
Снижение притока сточных вод в 2006–2009 гг. связано прежде всего с ужесточением энергосберегающей составляющей водного хозяйства и установкой водосчетчиков в организациях и жилых домах. При этом, по нашему предположению, произошло еще более резкое снижение поступления сточных вод от жилого фонда, но, с другой стороны, увеличение, и прежде всего от предприятий.

Предполагается, что в течение 2–3-х лет произойдет стабилизация поступления по количеству сточных вод ~ 26–28 млн. м<sup>3</sup>/год с дальнейшим незначительным увеличением (на 2–3% в год, при отсутствии строительства и ввода в эксплуатацию в городе новых мощных предприятий).

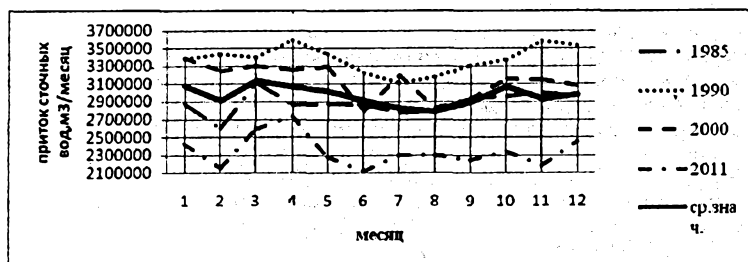
Значения поступления сточных вод за месяц (выбраны максимальные, средние и минимальные значения за отдельный год) в рассматриваемые годы (1985–2011) приведены на рис. 2.

Для сравнения притока сточных вод непосредственно по месяцам приняты характерные годы – 1985, 1990, 2000 и 2011 гг. Средние значения притока сточных вод за месяц за отдельные годы и весь период представлены на рис. 3.

Практически для всех лет рассматриваемого периода происходит увеличение притока сточных вод в 3–5-м месяце, что указывает на поступление в городскую канализацию талых и дождевых вод, также в 9–11-м месяце это же повторяется, но более слабо (весенние и осенние паводковые периоды). Коэффициент неравномерности поступления сточных вод по средним значениям за месяц составляет: для максимальных показателей – 1,26 и минимальных – 0,83.



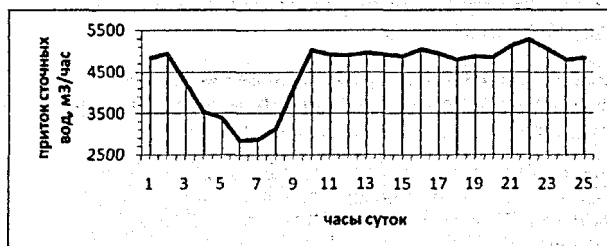
**Рисунок 2 – Приток сточных вод на очистные сооружения за месяц (период 1985–2011гг.)**



**Рисунок 3 – Значения средних за месяц притока сточных вод в течение характерного года (период 1985–2011 гг.)**

На рис. 3.4. приведена кривая распределения по часам суток, как средняя величина за 2011 г. Полученные значения расходов сточных вод показывают, что в ночные и утренние часы (2–10 ч.) приток стоков значительно уменьшается (почти в 2 раза). Минимальная точка поступления сточных вод приходится на 6–7 ч. утра. В дневные часы наблюдается более равномерный характер притока сточных вод.

За составом и концентрациям загрязнений исходных и обрабатываемых сточных вод в городских очистных сооружениях ведется постоянный контроль аккредитованной испытательной лабораторией по контролю качества поверхностных и сточных вод.



**Рисунок 4 – Суточный график притока (средняя величина) за 2011 г.**

Концентрации основных загрязнений (взвешенные вещества, БПК<sub>5</sub>, ХПК и аммонийный азот) представлены на рис. 5 за период 1986–2011 гг.

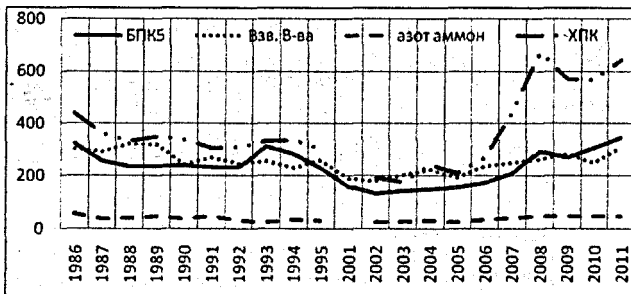


Рисунок 5 – Концентрации основных загрязнений (взвешенные вещества, БПК<sub>5</sub>, ХПК и аммонийный азот) средние в год за период 1986–2011 гг.

### Выводы

Величины изменения расходов притока сточных вод за месяц, как максимальные, минимальные, так и средние, на очистные сооружения подтверждают, что, начиная с 2006 г. до 2009 г., происходит значительное снижение объемов водоотведения, а затем выравнивание с небольшим понижением.

Характерные значения суточных поступлений сточных вод на очистные сооружения можно принять: минимальное – 60, среднее – 80 и максимальное – 120 тыс. м<sup>3</sup>.

Показатели состава сточных вод свидетельствуют (что ожидаемо), что со снижением объемов водоотведения произошло увеличение концентраций по взвешенным веществам с 270 до 300 мг/л и БПК<sub>5</sub> – с 220 до 320 мгО<sub>2</sub>/л.

Значительное увеличение величины ХПК с 350 до 600 мгО<sub>2</sub>/л можно связать со снижением доли сточных вод хозяйственно-бытового назначения и, наоборот, увеличением поступления производственных стоков.

Таким образом, эксплуатацию очистных сооружений необходимо корректировать с учетом полученных результатов по изменению количества и состава сточных вод.

УДК 628.161.2:546.72 (043.3)

В.Д. ЮШЕНКО, Т.А. ПОДСАДНИК, Е.С. ВЕЛЮГО

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»  
г. Новополоцк

### АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Technological plans of iron's removal in small establishments and settlements. Using of simplified aeration method in sand filters. Application of rapid filters with activated carbon for iron's removal from water.

Обеспечение населения качественной питьевой водой является приоритетной социальной проблемой Республики Беларусь, выполнение которой направлено на достижение главной цели – улучшение и сохранение здоровья населения и в целом – безопасности нации.

Водоснабжение населенных мест в Республике Беларусь осуществляется из подземных источников, санитарно-гигиеническое состояние которых на действующих водозаборах в основном отвечает нормативным требованиям [1], но на более 80 % из

их наблюдается прежде всего повышенное содержание в воде железа, которое оказывает негативное влияние на организм человека.

Системы водоподготовки, принимаемые для городов, являются безнапорными (за исключением) и включают, кроме станций обезжелезивания, еще и сборные резервуары, промывные устройства, насосную станцию второго подъема и т. д., что требует их квалифицированной эксплуатации и обслуживания.

Но, если вопросы снабжения водой в крупных и средних населенных пунктах Республики во многом решены, то для малых населенных пунктов они находятся далеко не в лучшем состоянии и обостряются с каждым годом.

Для малых автономных систем, забирающих воду из одиночных скважин, как правило, используется напорная схема подачи воды к потребителю, состоящая из скважин, установок (узлов) обезжелезивания воды, напорно-регулирующие емкости одонапорные баки или башни) и водопроводная сеть. Отсутствие резервуаров чистой воды, насосных станций второго подъема значительно упрощает общую систему водоснабжения.

Для удаления железа из подземных вод в Республике Беларусь наибольшее распространение получили аэрационные методы. Практически повсеместно применяется этот упрощенный аэрации с последующим фильтрованием в напорном или безнапорном вариантах [2]. Он является наиболее изученным и рекомендуется для применения при содержании железа в исходной воде до 10 мг/л (в том числе двухвалентного железа — не менее 70 %), pH — не менее 6,8, окислительно-восстановительный потенциал — более 100 мВ, щелочность — более 2 моль/л; содержание сероводорода — не более 0,5 мг/л.

Если в воде присутствует железо в органических формах, а также совместно с углеродом и растворенными газами, то применение аэрации отдельно или совместно сильными окислителями, коагулянтами может быть неэффективным, вследствие низкого значения величины pH артезианских вод и трудно окисляемым кислородом воздуха, веществ.

В этом случае одним из современных направлений, повышающих эффективность урбизации железа в системе фильтров очистных сооружений, является применение биохимических способов очистки питьевых подземных вод с использованием железобактерий, иммобилизованных в непрерывном режиме. При прохождении воды через слой носителя содержащееся в ней двухвалентное железо под воздействием железобактерий превращается в нерастворимые соединения трехвалентного железа, которые выносятся наружу. Данный способ позволяет в непрерывном режиме и с высокой эффективностью обрабатывать большие объемы воды [2].

Анализируя работу существующих систем водоснабжения в малых населенных пунктах, можно выделить две наиболее встречающиеся системы водоснабжения.

Первая система: артскважины (как правило, 1 рабочая и 1 резервная), установка безжелезивания, водонапорная башня и водопроводная сеть. Эта система является наиболее характерной и простой.

Установка обезжелезивания расположена после скважины. Фильтры загружены кварцевым песком. Аэрация воды производится с помощью эжекторов (общий на установку или каждый на отдельный фильтр), если общий напор подачи воды в башню не превышает 0,6 МПа. В противном случае используются компрессорная установка смешительная вставка. Обогащенная кислородом воздуха вода поступает в фильтрующую загрузку, зерна которой покрыты ранее образовавшейся каталитической пленкой, состоящей из окислов железа. В результате сложных автокаталитических физико-химических процессов в толще фильтрующего материала происходит обезжелезивание воды — окисление растворенного двухвалентного железа и выделение

его гидроокиси на поверхности зерен и в поровом пространстве загрузки. При этом потери напора в фильтре возрастают и достигают предельных величин, принятых 0,08 МПа, которые и определяют продолжительность фильтроцикла в целом. При условии расположения водонапорной башни около установки обезжелезивания, промывка фильтров производится водой из бака башни, в котором, в данном случае, кроме регулирующего объема хранится и запас промывной воды.

Вторая характерная система включает несколько отдельно стоящих артскважин, работающих напрямую в разводящую сеть с использованием общей водонапорной башни или с отдельными водонапорными баками, установленными в павильоне скважин. Эта система является наиболее сложной при удалении из воды железа. Для каждой артскважины необходимо предусмотреть свою локальную установку обезжелезивания, подающей воду в общую систему водоснабжения, что часто является невозможным. Как правило, решают следующим образом: определяют основные скважины, расположенные рядом, производят их переключение на общий трубопровод и располагают единую установку обезжелезивания, оставляя остальные скважины в резервном состоянии. Для промывки фильтров в одном здании с фильтрами предусматривают сборный резервуар и установку промывных насосов.

Как показывает практика использования напорных установок обезжелезивания малой производительности, эффективность удаления железа в них часто является неудовлетворительной.

Причина может заключаться в эксплуатации самих установок и многообразии форм железа, содержащихся в воде. Кроме этого, вода может содержать большой спектр веществ и соединений, установить влияние которых на процесс обезжелезивания достаточно сложно, а иногда и невозможно, особенно в условиях принятой действующей конструкции установки.

Но наиболее часто низкая эффективность установок обезжелезивания обусловлена их эксплуатацией без учета особенностей режима малых объемов водопотребления.

При малом водопотреблении (от нескольких сотен до 1000 м<sup>3</sup>/сут.) трудно обеспечить постоянную и равномерную подачу воды на фильтры из скважин. Перерыв в подаче воды из скважин на фильтры может составлять порядка нескольких часов (особенно в ночное время), в результате чего происходит нарушение самого процесса обезжелезивания по методу упрощенной азрации. То есть при длительном контакте с воздухом вода обогащается кислородом с повышением окислительного потенциала дисперсной системы, что приводит к образованию значительной части минерализованной формы гидрооксида железа, которая отступает в фильтрат, т.к. песчаная загрузка ее не задерживает. В результате этого остаточная концентрация общего железа в фильтрате может превышать нормативное значение (0,3 мг/л). Также возникают постоянные проблемы с удалением избыточного воздуха из фильтров с песчаной загрузкой, и вполне вероятно, что фильтрация воды происходит в полузаполненной загрузке, а это также снижает эффективность их работы.

Очевидно, в таких случаях нужно использовать активные фильтрующие материалы. Например кокс или активированные угли типа АГ-3, БАУ или СК (сульфоуголь), которые задерживают железо в различных формах [3].

По сравнению с кварцевым песком обезжелезивание в фильтрах с угольной загрузкой более эффективно из-за наличия значительной активной поверхности зерен частиц и особенности механизма воздействия этих частиц с гидрооксидом железа полученного после его окисления кислородом воздуха. Еще одним отличием от процессов, происходящих в песчаной загрузке, является то, что углем могут задерживаться не только гелевидные, но и минерализованные формы гидрооксида железа, при этом продолжительность контакта воды с воздухом не ограничивается и образованы

каких-либо относительно прочных структур является маловероятным. Это происходит вследствие того, что уголь не обладает полярностью, как песок, поэтому задержание железистых соединений на его поверхности происходит прежде всего за счет дисперсных сил межмолекулярного притяжения. Нельзя исключать и донорно-акцепторное взаимодействие, вследствие чего происходит взаимодействие кулоновских сил. Кроме этого, угли являются отличными сорбентами.

Данные материалы не получили широкого применения для обезжелезивания воды при большом водопотреблении из-за высокой стоимости по сравнению с кварцевым песком. Однако при малых мощностях происходит нивелирование их стоимости и применение угольных материалов, ввиду их большого технологического преимущества по сравнению с кварцевым песком, уже вполне оправдано.

Обезжелезивание воды на активированных углях, как и при обычном фильтровании, следует рассматривать в виде суммарного результата двух процессов: адгезии (прилипания) и суффозии (отрыва), что характеризует автомодельную область работы фильтра. Тот факт, что при окончании защитного действия фильтров и ухудшении качества фильтрата предельные значения напора еще не наступили, свидетельствует о том, что зерна угольной загрузки обладают более развитой структурной поверхностью, чем песок. Загрязнения распределяются более равномерно по всей высоте этого материала, в то время как при песчаной загрузке они накапливаются только в верхних слоях, что приводит к быстрому росту потерь.

Способ обезжелезивания подземных вод фильтрованием с использованием активированных углей доказал высокую эффективность очистки и внедрен более чем на 30 объектах.

Одновременно с более полным удалением железа при промывке фильтров уменьшается ее интенсивность, и, следовательно, объем промывной воды, а за счет отличных сорбционных свойств угля, при необходимости, происходит также улучшение органолептических свойств обрабатываемой воды.

Таким образом, в условиях периодичной работы скважин и резкого режима при малом водопотреблении обезжелезивание воды более эффективно происходит на фильтрах с угольной загрузкой, чем на песчаной. При этом более эффективен вариант установки фильтров после водонапорной башни и их работа в условиях задержания любых форм железа после длительного контакта воды с воздухом.

На основании исследований рекомендуются следующие данные для расчета и проектирования угольных фильтров: скорость фильтрования до 20 м/ч (при форсированном режиме до 25 м/ч); интенсивность промывки 6–10 л/с м<sup>2</sup>, продолжительность промывки 7–10 мин, продолжительность фильтроцикла – не менее 7 суток. То есть, продолжительность фильтроцикла и скорость фильтрования в фильтрах с угольной загрузкой по сравнению с песком увеличивается в 2–3 раза.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы: СанПиН 10-124 РБ 99 // Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению / Минздрав РБ. – Минск, 2003. – 112 с.
2. Седлухо, Ю.П. Роль биологических процессов в технологиях очистки подземных вод / Ю.П. Седлухо, М.И. Лемеш // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2008. – № 1. – С. 5–9.
3. Ющенко, В.Д. К вопросу обезжелезивания воды для малых населенных пунктов / В.Д. Ющенко, Т.А. Подсадник // Труды БГТУ. – 2010. – № 7. – С. 244–249.

**Секция**

***«Мелиорация, водохозяйственное  
строительство, рациональное  
природопользование»***



УДК 556.531, 504.064:001.8

**Е.П. БОГОДЯЖ**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА ОЦЕНКИ ИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ РЕК ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В БЕЛАРУСИ**

Article presents description of procedure to organize and realize survey on hydromorphology features of rivers, to assess hydromorphological modifications of rivers in Europe, so gives information about adaptation this approach into practice of surface water monitoring in Belarus.

В настоящее время в Беларуси мониторинг поверхностных вод проводится по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям состояния водных экосистем. В европейских странах наблюдения и последующая оценка состояния водных объектов проводятся по трем группам показателей: гидробиологические, гидрохимические и гидроморфологические. При оценке гидроморфологических показателей состояния рек в европейских странах применяются различные подходы, поскольку законодательно в стандартах установлены лишь руководящие принципы организации и проведения мониторинга, процедуры описания и оценки показателей, перечень самих показателей, оставляя при этом свободу выбора методов в зависимости от типа реки и целей проведения наблюдений и последующей оценки. В качестве методов, используемых при наблюдениях и описании гидроморфологических показателей состояния рек, предложен перечень технических документов, а также научной литературы, анализ которой проведен в настоящей статье. Оценку степени изменения гидроморфологических показателей состояния рек в результате воздействия антропогенной деятельности предлагается проводить по специальной системе балльных оценок. В рамках Государственной программы обеспечения функционирования и развития НСМОС в Республике Беларусь на 2011–2015 годы (ГП) намечено развертывание сети наблюдений на водотоках в районах размещения крупных гидротехнических сооружений для наблюдений за их воздействием на гидроморфологию реки.

Первым этапом при организации наблюдений является выбор участков водотоков, подверженных изменениям в результате физических преобразований в русле либо в пойме (строительство гидротехнических сооружений, набережных, дамб, плотин, условий водохранилищ и т.д., изъятие или отведение воды в больших количествах, усурегулирование, берегоукрепление, спрямление русла, зарастание русла водной растительностью и др. факторы, препятствующие функционированию реки или изменяющие ее биологические, физические и гидрологические характеристики).

Участок является первичной основой как для проведения наблюдений, так и для оценки изменения гидроморфологических показателей. Длина участка наблюдений зависит от цели оценки гидроморфологических показателей и размера реки. Участки наблюдений могут иметь постоянную длину (100, 500 м, 1 км) или переменную в соответствии со степенью морфологической однородности реки. Боковые границы участка наблюдений необходимы, чтобы охватить как особенности реки, так и особенности поймы. Для широких рек в их нижнем течении такие участки могут распростра-

ниться на несколько километров от русла. Если ширина речной долины составляет менее 100 м, то возможно включить в наблюдения реку и ее пойму. Для всех других водотоков для проведения наблюдений рекомендуется стандартное расстояние в 50 м по обе стороны реки.

Затем на выбранных участках располагают пункты наблюдений: один (единичное наблюдение) или несколько (смежные наблюдения). Местоположение пунктов наблюдений выбирается либо произвольно вдоль участка реки, либо с использованием других статистически значимых подходов, например, случайная выборка. Плотность сети наблюдений должна быть адекватной для полного представления о гидроморфологической характеристике всей оцениваемой реки [1].

В рамках ГП определены 39 участков рек, подверженных антропогенной нагрузке, из них 11 – для организации наблюдений в 2013–2015 гг. Следующим этапом является определение перечня наблюдаемых гидроморфологических показателей и периодичности проведения наблюдений (то есть составление программы наблюдений). Программа наблюдений должна составляться с учетом цели работ, показатели должны позволить определить наиболее чувствительные к доминирующему воздействию на гидроморфологию реки характеристики. Перечень показателей состоит из 16 позиций (1а. Плановая конфигурация реки; 1б. Профиль русла (продольный и поперечный); 2а. Распространенность искусственных донных отложений; 2б. «Естественные», смешанные или характерные измененные, донные отложения; 3а. Управление водной растительностью; 3б. Размер и количество древесных остатков; 4. Характер эрозии, отложений; 5а. Воздействие внутрирусловых искусственных сооружений в пределах участка реки; 5б. Воздействие изменений на водосборе на характер естественного течения; 5в. Последствия изменений суточного расхода (например, попуск воды); 6. Продольная непрерывность под воздействием искусственных сооружений; 7. Структура берега и его изменения; 8. Вид растительности/структура растительности на берегу и прилегающих землях; 9. Прилегающие земли и связанные с ними особенности; 10а. Степень взаимосвязи реки и поймы; 10б. Интенсивность смещения русла реки), охватывающих 3 зоны: русло, берега и пойму. Для всестороннего представления о гидроморфологической характеристике реки рекомендуется включать в наблюдения все категории и показатели.

Для выявления створов и участков рек, которые должны быть классифицированы как «отличное состояние», необходимо сосредоточить внимание на показателях категорий 1, 2, 5–8 и некоторых аспектах категорий 3, 9 и 10.

На данном этапе реализации ГП перечень показателей определен предварительно по результатам камеральных работ, он подлежит уточнению при проведении маршрутных обследований. Наблюдения по гидроморфологическим показателям производят в те периоды года, когда все показатели могут быть описаны достоверно. Чаще всего это периоды межени и период бурного роста растительности в пределах русла берега. Периодичность проведения маршрутных наблюдений (исследований) связана со скоростью гидроморфологических изменений, что в свою очередь частично связано со скоростью изменения воздействия на землепользование. Как правило, интервал между наблюдениями составляет не более 10 лет.

Важным этапом проведения оценки гидроморфологических показателей является определение «эталонных условий», так как они являются «отправной точкой» и отражают полностью или почти полностью ненарушенные условия. Примером эталонных условий для русла является отсутствие любых искусственных сооружений в русле, которые явно нарушают естественные русловые процессы.

При проведении оценки определяется степень отклонения от эталонных условий при присвоении баллов от 1 (наименьшая степень изменений) до 5 (наибольшая степень изменений). Вначале производится присвоение баллов каждому показателю, включенному в программу наблюдений. Оценку можно производить 2 способами:

- группа А – по количественным данным (оценивается процент длины наблюдаемого участка);
- группа Б – по качественным данным.

Оценка по группе А представляет собой пятибалльную шкалу (баллы 1, 2, 3, 4, 5), а оценка по группе Б – трехбалльную шкалу (баллы 1, 3, 5). Балльная оценка 1 представляет собой низкую степень изменений гидроморфологических показателей состояния рек, но она представляет собой значительно большие отличия от состояния, близкого к природному, которое можно приравнивать к описанию «эталонных условий». Таким образом, те показатели, для которых балл 1 = от 0 % до 5 % (показатели 1, 7, 8, 9, 10), должны быть отмечены звездочкой (то есть 1\*), если изменения составляют только от 0 % до 1 %. Это делается с целью выделения участков рек с экстремально низкой степенью изменений [2].

Введение в практику мониторинга поверхностных вод наблюдений по гидроморфологическим параметрам позволит усовершенствовать систему наблюдений за состоянием водных экосистем по различным компонентам и, таким образом, гармонизироваться с подходами, применяемыми в Европейском Союзе, при оценке экологического состояния водных объектов.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

EN 14614:2004 Water quality - Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers (СТБ 17.13.04-01-2012/EN 14614:2004 «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Руководство по оценке гидроморфологических показателей состояния рек»).

EN 15843:2010 Water quality - Guidance standard on determining the degree of modification of hydromorphology.

УДК 556.512

**В.Е. ВАЛУЕВ, О.П. МЕШИК**

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

#### РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕЗЕНТАТИВНЫХ МЕТЕОДАНЫХ И МАТЕРИАЛОВ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В ОЦЕНКАХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПЛОДОВОДОСНАБЛЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬ

The purpose of the operation – the working out and the improvement of computation methods of the characteristics of natural warmth and moisture resources used in designing networks on the territory of Belarus.

В Беларуси в настоящее время на стабильной основе действует 50 метеостанций. Геоинформация априори используется при разработке мелиоративных, водохозяйственных, природоохранных и других мероприятий, которые реализуются на различных удалениях от пунктов наблюдений за характеристиками естественной тепловодоснабленности (до 100 и более км). Поэтому весьма актуальной является проблема репрезентативности используемой в проектах опытной информации для наиболее

удаленных от метеопунктов водохозяйственных объектов. Наблюдения за солнечной радиацией ведутся лишь в нескольких актинометрических пунктах, т. е. большая часть территории Беларуси не освещена экспериментальными данными по составляющему радиационного баланса. Определение оптимального количества равномерно распределенных в пространстве метеостанций позволяет решить задачу повышения точности исходных данных. Площадь обслуживания одной метеостанций в Республике Беларусь составляет 4152 км<sup>2</sup>, что значительно больше, чем в Латвии, Литве, Германии и др. странах Европы. По рекомендациям Всемирной метеорологической организации оптимальное расстояние между действующими метеостанциями 60 км. Прикладной анализ качества метеоинформации в современных условиях развития метеосети позволил выделить на территории Беларуси районы, наиболее удаленные от действующих метеостанций и отличающиеся спецификой местных климатообразующих факторов. Проблемы в ходе проектирования водохозяйственных, эколого-мелиоративных и других мероприятий могут возникнуть в 6 установленных районах, где расстояние до ближайших метеостанций может составлять 50 – 70 и более (до 75) километров.

Таблица 1 – Избытки и дефициты почвенных влагозапасов 75 %-й обеспеченности, полученные по данным различных метеостанций, мм

Метеостанция	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
<b>I район</b>							
Брест	-5	-36	-65	-99	-112	-115	-92
Пинск	2	-22	-68	-87	-101	-101	-71
Пружаны	3	-20	-39	-71	-76	-73	-44
Максимальная разность, мм	8	16	29	28	36	42	48
<b>II район</b>							
Житковичи	-3	-43	-84	-110	-118	-105	-78
Пинск	-2	-30	-81	-104	-122	-127	-100
Лельчицы	-15	-49	-92	-125	-129	-132	-109
Максимальная разность, мм	12	19	11	21	11	27	31
<b>III район</b>							
Василевичи	4	-32	-68	-85	-99	-92	-60
Жлобин	2	-31	-72	-98	-103	-94	-60
Марына Горка	6	-24	-59	-74	-82	-73	-43
Максимальная разность, мм	4	8	13	24	21	21	17

На основе метода гидролого-климатических расчетов В.С. Мезенцева [1] нами выполнены комплексные тепловоднобалансовые исследования для среднезасушливого года (75%-й обеспеченности дефицитов почвенных влагозапасов) с использованием метеоданных ближайших действующих метеостанций для районов I, II, III Белорусского Полесья. В таблице 1 представлены данные, указывающие на значительные внутригодовые расхождения величин избытков и дефицитов почвенных влагозапасов полученных на основе единого метода. Для некоторых периодов максимальные разности соизмеримы с количеством атмосферных осадков, выпадающих в эти периоды. Полученные расхождения имеют статистическую значимость, что, в итоге, определяет необходимость: оптимизации сети мониторинга, обслуживающей водохозяйственный комплекс Беларуси; разработки методов аналитической оценки инженерно-

ологических, мелиоративных, водохозяйственных характеристик и показателей при  
сутствии, недостаточности или нерепрезентативности экспериментальных метеоро-  
логических; разработки методов картографирования и построения специальных карт, со-  
держащих гидрометеорологическую информацию с целью дальнейшей интерполяции  
получения репрезентативных данных, приведенных к геометрическому центру про-  
ецируемого объекта.

В научной литературе дискутируется большой круг вопросов, связанных с коле-  
баниями/изменениями климата. В этой связи большую актуальность приобрели ис-  
следования пространственно-временных трансформаций воднобалансовых характе-  
стик (атмосферных осадков, суммарного испарения, почвенных влагозапасов, их  
избытков/недостатков с точки зрения землепользователей и др.). Нами воднобалансо-  
вые характеристики исследованы по семи репрезентативным пунктам Белорусского  
Полесья: Брест, Пинск, Полесская, Гомель, Василевичи, Житковичи, Лельчицы. Ис-  
ходные данные приняты за 60-летний период наблюдений с 1945 по 2004 гг. Ряды  
данных на 2 периода: с 1945 по 1974 гг. и с 1975 по 2004 гг. Это сделано с учетом то-  
го, что до 1974 года на территории Белорусского Полесья осуществлялось крупно-  
маштабное мелиоративное строительство, а в период с 1975 по 2004 гг. проводилась  
интенсивная эксплуатация построенных гидромелиоративных систем. Таким образом,  
период с 1975 по 2004 гг. может содержать в себе антропогенную составляющую  
воздействия на региональный климат Беларуси [2].

Результаты исследований по средним многолетним суммам атмосферных осадков и  
разностям на исследуемой территории позволяют говорить о том, что годовые суммы  
осадков повсеместно увеличились, за исключением пункта Лельчицы (незначительно, от  
1,5 % в районе Бреста до 14,2 % в районе Житковичей). Для теплого периода увеличение  
атмосферных осадков более значимо – 2,2 и 16,3 %, соответственно. Формирование  
зимы атмосферных осадков происходило под влиянием антропогенного фактора, т. е.  
под влиянием крупномаштабных мелиораций в Полесье. Необходимо отметить, что  
увеличение атмосферных осадков заметно с начала вегетационного периода, когда на  
мелиорируемых землях возрастает суммарное испарение и адекватно его росту, в  
процессе водооборота, увеличиваются атмосферные осадки. Полученные результаты  
полностью согласуются с выводами В.Ф. Шебеко [3] о влиянии мелиоративных  
мероприятий на климатические характеристики, в частности, на водный режим  
территорий. В июле осадки увеличились везде, от незначительных величин в Бресте  
(15,3 %), до 44,5 % – в районе Житковичей. В августе, после уборки урожая, с  
уменьшением суммарного испарения, осадки снизились (совсем незначительно в  
Бресте, на 2,8 % и на 37,7 % в районе станции Полесской). В окрестностях Бреста  
фактор мелиорированности земельных угодий не имеет большой значимости. В то же  
время, площадь мелиорированных земель Брестского района составляет 15,8 % от  
общей площади, что значительно ниже среднего показателя по области (22,7 %). Можно  
говорить о том, что общепланетарные процессы, связанные с потеплением климата,  
вызывают существенное влияние на режимы формирования атмосферных осадков в  
пределах всего Белорусского Полесья. Происходящие изменения носят сложный  
структурный характер и имеют статистическую значимость, что необходимо учитывать  
в практических расчетах, например, при планировании мероприятий по реконструкции  
мелиоративных систем и других водохозяйственных объектов. Установлены общие  
закономерности трансформации режима выпадения атмосферных осадков в обще-  
областных регионах, что позволяет отметить значимость в них антропогенного фактора –  
крупномаштабных мелиораций, повлиявших, в совокупности с общепланетарными  
факторами, на изменение регионального климата.

Суммарное испарение возросло за последнее тридцатилетие во все месяцы теплого  
года. Наибольший прирост составил в первой половине лета (июнь, июль), за

исключением Бреста (здесь испарение за июнь уменьшилось на 0,3 %), около 20 % районе Житковичей, что хорошо увязывается с режимом выпадения атмосферных осадков, формирующихся и увеличивающихся за счет местного испарения, а также температурным режимом воздуха. Температуры воздуха на исследуемой территории в первую половину лета несколько снизились в результате увеличившихся затрат тепла на процесс суммарного испарения. Исследуя продуктивные почвенные влагозапасы, как составляющую водного баланса почвогрунтов, можно заметить, что они повсеместно увеличились, за исключением пункта Полесская (произошло их уменьшение на 0,5 % от 1,7 % в районе Бреста до 13,8 % в районе Житковичей. Для теплого периода увеличение еще более значимо – 2,1 и 14,8 %, соответственно. Увеличение продуктивных почвенных влагозапасов отражает установленную ранее общую тенденцию увеличения теплового обеспечения исследуемой территории [4]. В ходе водно-балансовых расчетов исследованы дефициты влагозапасов дерново-подзолистых супесчаных почв 75 %-й обеспеченности, при уровне оптимальности  $V_0=1,0$  (при наименьшей влагоемкости расчетного 50 см почвенного слоя) на предмет необходимости проведения оросительных мелиораций. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что за последнее тридцатилетие произошло уменьшение дефицита почвенных влагозапасов в среднем на 7 % (минимум – 1,1 % в Пинске, максимум – 17,4 % в Житковичах). Наибольшую значимость представляет их снижение в активной фазе вегетации сельхозкультур (май-июль). В сумме за этот период дефицит почвенных влагозапасов уменьшился в среднем на исследуемой территории на 5 мм (от 11 мм – в Бресте до 72 мм – в Житковичах), что свидетельствует о сокращении оросительных (сезонных) норм, примерно на 11 %. Уменьшение влагозапасов почвы соизмеримо в сумме с нормами одного-двух разовых поливов, соответствующими условиям естественного увлажнения земель Белорусского Полесья.

Происходящие изменения воднобалансовых характеристик, в частности почвенных влагозапасов, на территории Белорусского Полесья имеют статистическую значимость. Влажность почв, как интегральная характеристика естественной увлажненности суши, возрастает, а теплообеспеченность увеличивается, что позитивно сказывается на развитии сельхозпроизводства (увеличение продолжительности вегетационного периода сельхозкультур, введение в оборот более продуктивных их сортов, снижение потребности в оросительной воде и др.). В современных условиях не снижается актуальность осушительных мероприятий при увеличении естественной увлажненности исследуемой территории. Актуальным является проектирование мероприятий по реконструкции мелиоративных систем на основе репрезентативных прогнозных оценок тепловодно-балансовых характеристик. Такой подход сведет к минимуму риски от подтопления сельскохозяйственных земель, так как будет обеспечена эффективность работы осушительной регулирующей сети и обоснованная расчетами пропускная способность проводящей мелиоративной сети.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцев, В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях: учеб. пособие / В.С. Мезенцев [и др.]; под ред. В.С. Мезенцева. – Омск: ОмСХИ, 1980. – 83 с.
2. Логинов, В.Ф. Влияние мелиорации на региональный климат Беларуси / В.Ф. Логинов // Природные ресурсы. – 1997. – № 1. – С. 24–28.
3. Шебеко, В.Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий / В.Ф. Шебеко. – Минск: Ураджай, 1983. – 200 с.
4. Валуев, В.Е. Климатические изменения и их последствия в режимах гидромелиораций на территории Брестской области / В.Е. Валуев, О.П. Мешик // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы: мат. Межд. науч.-практ. конф., Минск, 20-22 марта 2007 г. / НАН Беларуси. – Минск: Институт мелиорации, 2007. – С. 60–64.

УДК 556.13 (476.1)

А.А. ВОЛЧЕК, Т.Е. ЗУБРИЦКАЯ

Учреждение образования «Брестский государственный технический  
иверситет», г. Брест

## ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК БАСЕЙНА ЕЛЬДА

In the study estimation of current condition and future runoff alteration of Jaselda river  
re made. Prognosis assessments are obtained on the basis of standard climate scenarios of  
ergovernmental group of experts.

Прогнозируемое изменение климата уже сейчас проявляется в совокупности ре-  
нальных его изменений различных временных и пространственных масштабов.  
и изучении водного баланса территорий и атмосферного водооборота, а также при  
лизе возможных антропогенных влияний и изменений климата надо иметь пред-  
вление о водном режиме рек. Воздействия антропогенных факторов на формиро-  
ния стока малых рек, имеют как размытый разнонаправленный характер, так и од-  
направленный, приводящий к усилению трансформации водного режима.

В настоящее время все практические методы гидрологических и водохозяйствен-  
расчетов базируются на принятии гипотезы стационарности естественного про-  
сса многолетних колебаний природных процессов, т. е. возможности переноса ре-  
мных характеристик определенных в прошлом в будущее в их неизменном виде.  
я оценки сверхдолгосрочных изменений климата использовались сценарии, пока-  
вающие реакцию основных климатических характеристик на антропогенные изме-  
ния подстилающей поверхности и концентрации парниковых газов и аэрозолей в  
осфере: сценарии А1В и В1.

**Исходные данные и методика исследований.** В качестве исходных данных ис-  
льзованы материалы наблюдений Департамента гидрометеорологии Министерства  
иродных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по действующим  
гидрологическим постам за период инструментальных наблюдений. Оценка водных  
сурсов бассейна р. Ясельда осуществлялась с использованием данных по 6 метеоро-  
гическим постам: Береза, Пружаны, Ивацевичи, Дрогичин, Пинск, Ганцевичи.

Для прогнозных оценок изменения водности рек бассейна Ясельда адаптирован  
од гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенный В.С. Мезенцевым,  
нованный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического ба-  
нсов [1]. Положив в основу гидролого-климатическую гипотезу В.С. Мезенцева [1],  
ми разработана многофакторная модель, включающая стандартное уравнение водо-  
го баланса участка суши с независимой оценкой основных элементов баланса в го-  
вом разрезе. Разработанная модель использована для оценки возможных изменений  
дных ресурсов рек в зависимости от тех или иных гипотез климатических колеба-  
ий и антропогенных воздействий на характеристики водосборов [2, 3].

Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток време-  
и имеет вид:

$$H(I) = E(I) + Y_k(I) \pm \Delta W(I), \quad (1)$$

е  $H(I)$  – суммарные ресурсы увлажнения, мм;  $E(I)$  – суммарное испарение, мм;  
( $I$ ) – суммарный климатический сток, мм;  $\Delta W(I)$  – изменение влагозапасов деятель-  
го слоя почвогрунтов, мм;  $I$  – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

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

где  $E_m(I)$  – максимально возможное суммарное испарение, мм;  $W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость почвы, мм;  $V(I) = W(I)/W_{HB}$  – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода;  $KX(I)$  – сумма измеренных 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.

Относительная влажность почвы на конец расчетного периода определяется из соотношений

$$V(I+1) = V(I) \cdot \left( \frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)}; \quad (3)$$

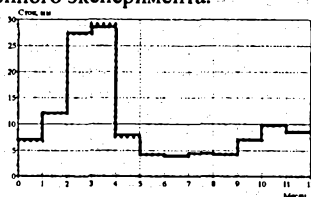
$$V_{cp}(I) = \left( \frac{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)}{\frac{E_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}} \right)^{\frac{1}{r(I)}}. \quad (4)$$

Полученные значения  $V_{cp}(I)$  сравнивают с относительной величиной полной влагоемкости  $V_{HB}$ . Если  $V_{cp}(I) \leq V_{HB}$ , то принимается расчетное значение относительной средней влажности, в противном случае, когда  $V_{cp}(I) \geq V_{HB}$  к расчету принимается  $V_{cp}(I) = V_{HB}$ , разница  $(V_{cp}(I) - V_{HB}) \cdot W_{HB}$  относится к поверхностному стоку.

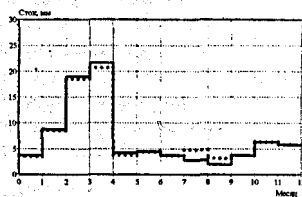
Метод ГКР реализован с помощью компьютерной программы «Баланс». Моделирование водного баланса исследуемой реки осуществляется в два этапа: настройка модели и собственно моделирование.

Первый этап заканчивается построением графиков климатического и руслового стока и выводом ошибки моделирования в створе Пинск и Береза. Пример калировки модели среднегодового стока и внутригодового распределения представлен на рисунке 1.

Хорошее совпадение измеренного и рассчитанного стока свидетельствует о корректности модели. Полученные параметры модели использованы при проведении численного эксперимента.



— измеренный сток,  
.... рассчитанный сток



— измеренный сток,  
.... рассчитанный сток

Рисунок 1 – Измеренный и рассчитанный сток р. Ясельда в створе г. Пинск, г. Береза



Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса искомой реки, используя параметры, полученные при калибровке модели.

Результаты моделирования свидетельствуют о достаточной точности расчета водного баланса как для практического применения. Таким образом, программа «Бая» при наличии данных об атмосферных осадках, температуре воздуха, дефицитах влажности воздуха на расчетный период и современные значения стока воды реки, а также гидрографических характеристиках водосбора позволяет получить прогнозные оценки водного баланса малых рек на расчетную перспективу.

Прогнозные оценки изменения стока р. Ясельда осуществлялись по следующей схеме. Настраивалась модель по средним многолетним данным по речному стоку, атмосферным осадкам, температуре воздуха и дефицитам влажности воздуха, полученные параметры использовались для прогнозных моделей. Затем вводились прогнозные величины для соответствующей перспективы по тем метеостанциям, которые были использованы при настройке модели. Считывались параметры настройки модели и осуществлялась прогнозная оценка. Полученные значения климатического стока сравнивались между собой по соотношению  $\Delta_{\text{кл}} = Y_{\text{кл}}^{\text{пр}} / Y_{\text{кл}}^{\text{сов}} \cdot 100\%$ . Непосредственная прогнозная оценка руслового стока находилась из соотношения  $Q^{\text{пр}} = Q^{\text{сов}} \cdot \Delta_{\text{кл}} / 100, \text{ м}^3 / \text{с}$ .

По рассмотренной методике нами выполнены прогнозные оценки по 2 створам реки Ясельда для двух сценариев развития климата В1 (прогноз на 2035 г.) и А1В (прогноз на 2050 г.). Результаты расчетов приведены на рисунке 2 и в таблице.

Основой для долгосрочного прогноза являются сценарии изменения климата. Однако результаты расчетов на основе разных сценариев противоречивы. Получается, что в будущем сток реки Ясельда-Береза, для сценария В1, может уменьшиться на 10%, а для сценария А1В – на 15%, сток реки Ясельда-Пинск, для сценария В1, может уменьшиться на 40%, а для сценария А1В – на 35%.

Приведенные данные могут послужить основой для планирования развития хозяйства региона, как на ближайшие годы, так и на перспективу. Они позволят разработать систему мер адаптации для смягчения возможных негативных последствий, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами.

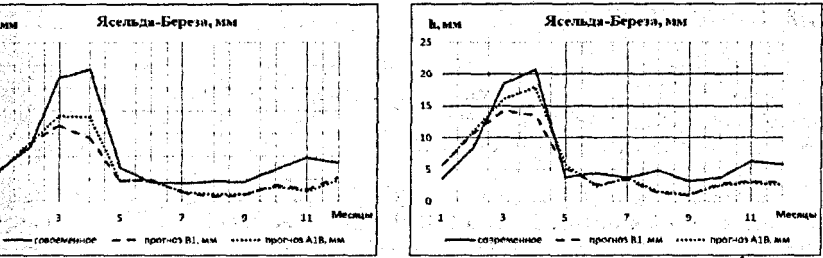


Рисунок 2 – Современные и прогнозные значения речного стока, в мм слоя

Таблица – Прогнозные значения стока (в % к современному периоду)

Параметр	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
<b>Ясельда-Берега</b>													
Современный период мм	3,5	8,4	18,5	20,7	3,8	4,4	3,7	4,8	3,2	3,7	6,3	5,9	86,9
прогноз В1, %	165,2	126,8	77,3	65,2	138,5	59,3	91,2	25,8	29,9	74,3	50,2	51,4	76,6
прогноз А1В, %	162,9	130,3	87,0	86,5	152,8	54,5	98,7	31,5	35,3	68,4	46,1	44,4	84,2
<b>Ясельда-Пинск</b>													
Современный период мм	6,9	12	27,2	29,1	7,6	4,2	4,0	4,4	4,3	7,0	9,8	8,6	125
прогноз В1, %	100,3	106,7	61,4	48,5	58,9	114,4	51,3	26,4	35,0	52,6	27,8	61,8	61,0
прогноз А1В, %	97,1	108,3	69,1	63,9	62,3	106,9	54,8	34,7	38,7	47,0	24,1	54,2	65,6

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцев, В.С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования / В.С. Мезенцев // Водные ресурсы, 1995. – Том 22, №3. – С. 299–301.
2. Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.
3. 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 621.9.08

**А.А. ВОЛЧЕК, Д.А. КОСТЮК, Д.О. ПЕТРОВ, Н.Н. ШЕШКО**

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

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СНЕГОТАЯНИЯ ПО ТЕРРИТОРИИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОСБОРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПАССИВНОГО МИКРОВОЛНОВОГО СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

The approach to estimate snow-melting coefficients on the basis of combined analysis of snow water equivalent values and average daily temperature is presented. Low resolution data maps of snow water equivalent distribution received through microwave radiometry data are used to obtain practical estimations for the territory of Belarussian transboundary rivers.

В ходе решения задачи оценки вклада снеготаяния в развитие весеннего половодья, поставленной в рамках задания ГПНИ «Снижение рисков ЧС» [1], нами выполнено определение коэффициентов таяния снега на основе совместного анализа распределения значений водного эквивалента и среднесуточной температуры воздуха по территории водосборных площадей трансграничных рек РБ (Зап. Буг, Зап. Двина, Неман, Припять, Днепр).

Сложность в оценке запасов снега и количества воды в снеге заключается в не-  
вномерности его распределения по водосбору. Наблюдаемые значения толщины  
снежного покрова и его плотности соответствуют расположению снегомерных ходов.  
Однако на территории водосбора условия формирования снега не однотипны. Кроме  
того различия типов ландшафтов (болото, лес, пашня) на накопления снега ока-  
зывает значительное влияние антропогенная деятельность. В этих условиях видится  
целесообразным переносить или даже интерполировать измеренные таким спосо-  
бом значения толщины снежного покрова и его мощности в целом на весь водосбор.  
В настоящее время широкое распространение нашла альтернатива в виде дистанци-  
онного сканирования и зондирования поверхности Земли как в оптическом и инфра-  
красном, так и в микроволновом диапазоне.

Очевидные достоинства микроволнового зондирования — возможность получе-  
ния информации в любое время суток, широкий погодный диапазон, независимость  
от солнечного освещения — привлекли к ним внимание большого числа исследовате-  
лей [2]. Длительное время оценку состояния снеготолщин осуществляют посредством  
спутниковых наблюдений, в частности на основе измерения пассивного микроволново-  
го излучения с помощью платформ MODIS SSMR и MODIS SSM/I [3, 4]. Данный  
подход позволяет обобщенно оценить распределение снеготолщин по территории водо-  
сбора. Существует публично-доступный архив наблюдений динамики изменения  
водного эквивалента на площади северного полушария Земли за период с 1979 г. по  
2011 г., созданный в рамках проекта GlobSnow (<http://www.globsnow.info>). Данные ар-  
хива получены объединением результатов наблюдений наземных метеорологических  
станций с измерениями орбитальных пассивных сенсоров микроволнового излучения  
MMR и SSM/I. Сам архив представляет собой набор матриц размерностью 721x721,  
элементы которых содержат значения усредненной толщины водного эквивалента  
снежного покрова в миллиметрах. Площадь каждой ячейки матрицы равна 625 км<sup>2</sup>, и  
таким образом архив представляет интерес для практического использования только в  
лучше больших водосборов.

При определении коэффициентов стаивания снега данные по распределению вод-  
ного эквивалента были взяты нами из проекта GlobSnow, а в качестве источника ин-  
формации по среднесуточной температуре воздуха использован ежедневно попол-  
няемый архив наблюдений метеорологических станций, расположенных на террито-  
рии Европы, доступный в рамках проекта European Climate Assessment & Dataset  
(<http://eca.knmi.nl>).

Исследование проведено по следующей методике. Из элементов данных архива  
GlobSnow были отобраны 703 ячейки, в совокупности покрывающие указанную пло-  
щадь. Для определения среднесуточной температуры в ячейках были отобраны дан-  
ные наблюдений 230 метеорологических станций, расположенных на территории как  
России, так и сопредельных государств. Значения среднесуточной температуры в каждой  
ячейке вычислялись путем интерполяции величин наблюдавшихся среднесуточных  
температур. Для вычисления температурных коэффициентов стаивания снежного по-  
крова в каждой из исследуемых ячеек проводилась оценка градиента зарегистриро-  
ванной величины водного эквивалента по двум соседним дням, характеризующимся  
положительной среднесуточной температурой воздуха. Для случаев уменьшения ве-  
личины водного эквивалента вычислялся температурный коэффициент стаивания,  
выраженный в миллиметрах водного эквивалента на градус положительной среднесу-  
точной температуры.

Можно заметить, что описанная методика требует наличия пар значений водного  
эквивалента, полученных с интервалом в один день. В связи с этим были исключены

из рассмотрения годы с 1979 по 1986, представленные в архиве GlobSnow значениями с двухдневным интервалом. В результате накоплены значения температурного коэффициента стаивания снега для ячеек охваченных исследованием территорий за период с 1987–2011 гг.

Средние значения температурного коэффициента стаивания за указанный период лежат в пределах от 0.0008 до 597.461 мм водного эквивалента на градус положительной среднесуточной температуры воздуха.

Для оценки достоверности наблюдаемой картины распределения величины коэффициента стаивания снега была вычислена максимально возможная теоретически интенсивность снеготаяния. Для проведения вычислений использовалась предложенная Е.Г. Поповым упрощенная формула снеготаяния для дневных часов [5].

$$h_d = 7,1[(1-\beta)(\theta_{\max}-\theta_{\text{сут}}-0,2) - 0,2(\theta_{\text{сут}}-\theta_{\min}) + 0,1\omega_d(\theta_d-0,5)] \text{ мм}, \quad (1)$$

где  $\beta$  – альbedo снега в долях единицы,  $\theta_{\max}$  – максимальная температура воздуха,  $\theta_{\min}$  – минимальная температура воздуха,  $\theta_d$  – средняя температура воздуха за дневные часы,  $\theta_{\text{сут}}$  – среднесуточная температура воздуха,  $\omega_d$  – средняя скорость ветра на высоте флюгера за дневные часы.

Величина  $\beta$  была принята равной 0,1 (0,2 – 0,1 – смесь снега с водой и снег, покрытый тонким слоем воды),  $\theta_d$  была принята равной  $\theta_{\text{сут}}$ , а в качестве  $\omega_d$  принята среднесуточная скорость ветра.

Коррекция наблюдаемых коэффициентов стаивания снега согласно вычисленному максимальному значению интенсивности снеготаяния потребовалась только для трех точек. Итоговое распределение средней величины коэффициентов таяния снега показано на рисунке.

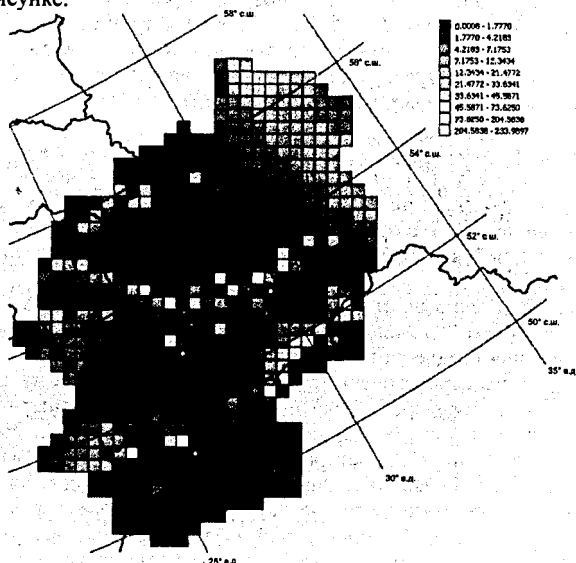


Рисунок 1 – Распределение средней величины коэффициента стаивания снега (отмечены участки, в которых наблюдаемая интенсивность снеготаяния превышает теоретически возможную)

Полученные результаты показывают, что вычисленная на основе данных пассивного микроволнового сканирования интенсивность снеготаяния в целом не превышает теоретически возможную и при совместном использовании с результатами снеговых съемок на местности потенциально пригодна для моделирования процесса снеготаяния.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Volchek, A. Electronic system of flood monitoring and visualization / A. Volchek, A. Kozak, Kostiuk, D. Petrov // 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.
- Шарков, Е.А. Пассивное микроволновое зондирование Земли: прошлое, настоящее и будущее // Современ. проблемы дистанцион. зондирования из космоса. – М.: Глиграф-сервис, 2004. – С. 70–80.
- Китаев, Л.М. Оценка снегозапасов по данным спутниковой информации/ Л.М. Китаев, Титкова // Криосфера Земли. – 2010. – Т. 14, № 1. – С. 76–80.
- Chang, A.T.C. Snow water equivalence determination by microwave radiometry/ A.T.C. Chang, Foster, D. Hall [et al.] // Cold Regions Sci. and Technol. – 1982. – No. 5. – P. 259–267.
- Бефани, Н.Ф. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н.Ф. Бефани, Г.П. Калинин – Л.: Гидрометеиздат, 1965.

УДК 626.316

**К.А. ГЛУШКО, К.К. ГЛУШКО**

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

#### СПОСОБ ЗАГОТОВКИ ОЗОНОНАСЫЩЕННОГО ЛЬДА

The new method of preform of ice by saturated ozone is proposed. Essence his(its) vone, that in accordance with saturation of ice by ozone, ice float saw and after emersion of ice float and the freezings of a kerf saturate a pond with ozone again.  
The effect of magnification of output of preform is reached.

Озононасыщенный лед может успешно применяться для очистки подземных вод загрязнения в силу того, что при таянии льда в подземных горизонтах воды, поного туда механическим путем, происходит высвобождение озона, как сильного окислителя, который взаимодействует с загрязненными подземными водами, обеззараживая их. Задача заготовки и подачи озононасыщенного льда в подземные горизон-локально загрязненных водосточников технически решена и может быть исполь-ана в практике [1, 2]. Остается актуальной проблема повышения выхода озонона-ценного льда.

Повышение результативности заготовки льда может быть обеспечено следующим особом [3]. Поверхностный водосточник шириной ( $B$ ) и длиной ( $L$ ) ограждается непроницаемым экраном, например из полиэтиленовой пленки, на глубину сред-ноголетней величины промерзания ( $h_{\text{пром.ср.}}$ ), как это показано на рисунке 1.

В зимний период, при промерзании водосточника формируется емкость озоно-ышения объемом

$$V = (B + 2a)(L + 2a)h_{\text{пром.ср.}}, \quad (1)$$

$a$  – конструктивный запас 2–4 м.

Ограничивающими поверхностями емкости являются ледовый покров и экран по периметру пруда.

В зимний период, когда поверхность пруда чистой воды 5 покрыта льдом 1, озонатором 3 подают озон под ледовый покров (рис. 1). Расчетное время ( $t$ ) подачи озона определяется выбранным режимом работы озонатора по формуле:

$$t = \frac{V_{оз}}{\Pi}, \quad (2)$$

где  $V_{оз}$  – объем нагнетаемого озона под лед;

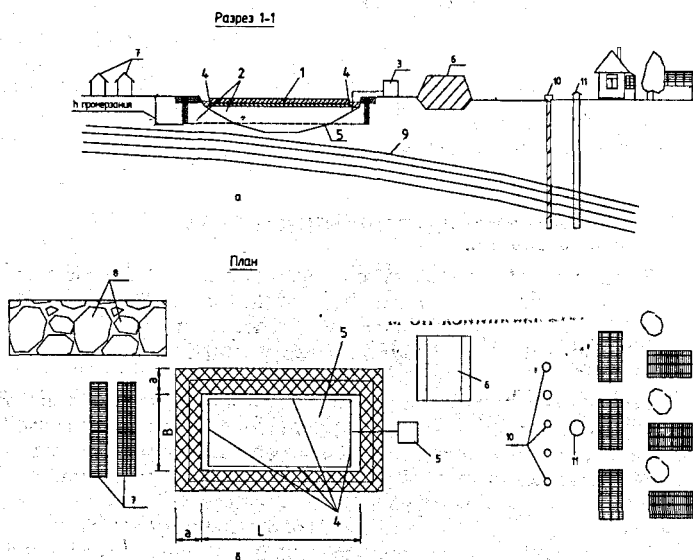
$\Pi$  – производительность установки.

Необходимый объем нагнетаемого озона рассчитывают по формуле:

$$V_{оз} = V\beta,$$

где  $\beta$  – норматив озононасыщения 0,75–1,0 мг/л.

Озон – газ, насыщает последовательно слои воды сверху вниз емкости озононасыщения 2. По мере поступления холода слои воды переходят в лед, удерживая растворенный в них озон.



- 1 – лед, 2 – емкость озононасыщения, 3 – озонатор, 4 – пропи́л, 5 – пруд чистой воды, 6 – хранилище льда, 7 – источник загрязнения, 8 – земельные поля орошения, 9 – уровень грунтовых вод, 10 – фильтрующие скважины, 11 – место забора воды

**Рисунок 1 – Разрез и план технологической линии получения озононасыщенного льда**

После того как лед достиг проектной или максимальной для данного сезона мощности, выполняют пропи́л 4 льда по периметру пруда чистой воды. Озононасыщенный лед всплывает значительно, ввиду его малой плотности, освобождая часть емкости озононасыщения, формируя таким образом дополнительную емкость озононасыщения.

ения, объем которой равен объему всплывшей части озононасыщенного льда. После того как пропил покроется льдом, т.е. обеспечена герметичность емкости озононасыщения, производят дополнительное нагнетание озона под лед в объеме

$$V_{oz}^{don} = V^{don} \beta, \quad (3)$$

где  $V^{don}$  – объем всплывшей части озононасыщенной льдины.

В последующее время производят контрольные промеры мощности льда. Когда метка низа всплывшей льдины сопоставима с отметкой среднемноголетней глубины промерзания и наблюдается устойчивая отрицательная температура воздуха, операцию повторяют вновь. Этот процесс может повторяться многократно в течение всего зимнего периода.

После окончания процесса наращивания озононасыщенного льда производится его заготовка и складирование в хранилищах 6.

Особенностью использования стоков животноводческих комплексов 7 является то, что после осветления, разбавления чистой водой, их подают на сельскохозяйственные поля орошения (ЗПО) 8. При длительном орошении происходит подъем уровня грунтовых вод 9 под ЗПО и радиальное растекание по прилегающей территории.

Подобная аблюдается и со стоками промышленных предприятий, которые зачастую в местах их аккумуляции приводят к подъему уровня грунтовых вод.

На следующем технологическом этапе фильтрующие скважины 10 заполняют заготовками озононасыщенного льда. Створ фильтрующих скважин выполняют между источником загрязнения и местом забора нормально грунтовому потоку для более эффективного их перехвата.

Талая вода скважин имеет близкую к нулевой температуру и поэтому озонудерживающая способность ее велика. Грунтовый поток водоносного слоя по всей глубине фильтрующей скважины захватывает талую воду и переносит ее вниз к месту забора 11.

По мере перемещения грунтового потока, талая вода фильтрующих скважин перемешивается с грунтовой водой и принимает ее температуру, что способствует развитию окислительного процесса. Реакция наиболее активно и полно протекает в верхней части водоносного слоя, являющегося местом забора воды на питьевое водоснабжение, так как высвобождающийся по мере прогревания талой воды озон из более теплой нижней части переносится в верхнюю, увеличивая свою концентрацию.

Непрерывность процесса очистки подземных вод, основанного на гарантированной обеспеченности озононасыщенным льдом, позволяет стабилизировать процесс очистки, устранить неприятные запахи в местах водозабора, в частности на питьевое водоснабжение.

Полное использование ресурса пруда чистой воды снижает издержки на получение озононасыщенного льда.

Данное техническое решение обладает предельно низкой энергоемкостью, простое в исполнении и легко реализуется на практике силами хозяйств и предприятий.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Способ очистки подземных вод от загрязнения: пат. № 1962 Респ. Беларусь, МПК 02F1/78 / К.А. Глушко, В.Е. Валуев, А.А. Волчек; заявитель Брестский гос. техн. ун-т - № 11; заявл. 11.05.1993; опубл. 30.12.1994.

Способ очистки подземных вод от загрязнения и технологическая линия для его осуществления: пат. № 8361 Респ. Беларусь, МПК С 02 F 1/78 / К.А. Глушко; заявитель Брестский гос. тех. ун-т. – № а 20000735; заявл. 02.08.2000; опубл. 30.10.2006.

Способ получения озононасыщенного льда: пат. № 11845 Респ. Беларусь, МПК(2006) G 02 1/78 / К.А. Глушко; заявитель Брестский гос. тех. ун-т. – № а 20080012; заявл. 01.08.2008; опубл. 30.04.2009.

УДК 556.5(1/9)

**А.Г. ГРИНЕВИЧ, С.Н. СКУРАТОВИЧ, Т.А. КОЗЛОВА**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

## **ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ХАРАКТЕРНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ В СВЯЗИ С ВОЗМОЖНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В БАССЕЙНАХ РЕК БЕЛАРУСИ**

Main tendencies of fluctuations of water flow as a function of climate changes are discussed in the article. Increase in temperature and decrease in precipitation may cause decrease of river flows.

Любые глобальные изменения климата в первую очередь влияют на такой элемент водного баланса суши, как речной сток. Для оценки этого влияния в настоящее время привлекаются современные водно-балансовые методы и различные статистические модели.

Из анализа картографического материала, приведенного в работе [1], следует, что на территории Беларуси при увеличении глобальной температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  осадки могут измениться от 0 на севере до  $-5$  см на юге. Следует иметь в виду, что широтная (пространственная) и сезонная структура потепления может влиять на осадки таким образом, что знак местных региональных изменений различен для отдельных территорий. Так, имеются данные [2], что при повышении средней температуры на  $0,5^{\circ}\text{C}$  на Европейской территории граница между южной областью понижения осадков и северной областью их роста проходит приблизительно по  $60^{\circ}$  с.ш.

В настоящее время оценка речного стока производится, как правило, для годовых (иногда сезонных) величин [3]. Для основных речных бассейнов Беларуси средние по нескольким методам величины возможного изменения (уменьшения) годового стока составляют порядка 10 % при росте глобальной температуры на  $0,5^{\circ}\text{C}$  [4, 5].

Наиболее показательным для оценки водообеспеченности территории является изменение стока меженных периодов. Для количественной оценки изменения стока представляется необходимым рассчитывать различные параметры среднемесячных или среднесуточных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени.

Кроме того, оценка гидрологических условий меженных периодов на реках необходима при расчетах уровня возможного использования речных вод с учетом процессов восстановления речной системы в целом, т.е. расчетов предельных значений расходов воды, которые необходимо оставлять в реке, т.е. ненарушенный сток [6].

Проведенный анализ структуры с большими периодами многолетних колебаний минимальных расходов воды в период зимней межени на реках Беларуси (применяя прием сглаженных пятилеток) достаточно четко показал тенденцию значительного увеличения зимних расходов воды по всем крупным бассейнам Беларуси, начиная с 1975 г. по 1985 г. Полученные результаты анализа представлены в виде хронограммы на рисунке 1. В таблице 1 приведена количественная характеристика изменений минимальных среднемесячных расходов воды по характерным периодам.

Так, на р. Улла в створе д. Промыслы за последние 20 лет среднемесячный расход воды зимней межени увеличился в 1,3 раза; на р. Горынь в створе г. Речица – в 1,5 раза, а на р. Днепр в створе г. Орши – в 1,9 раза.

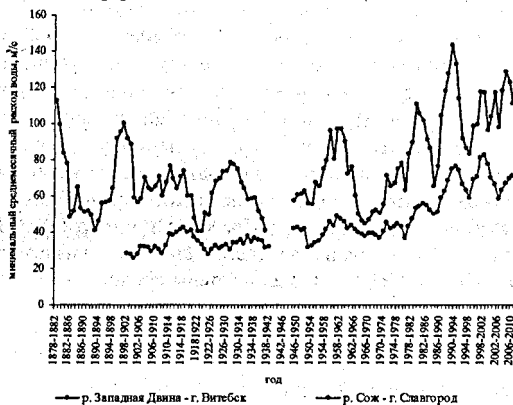


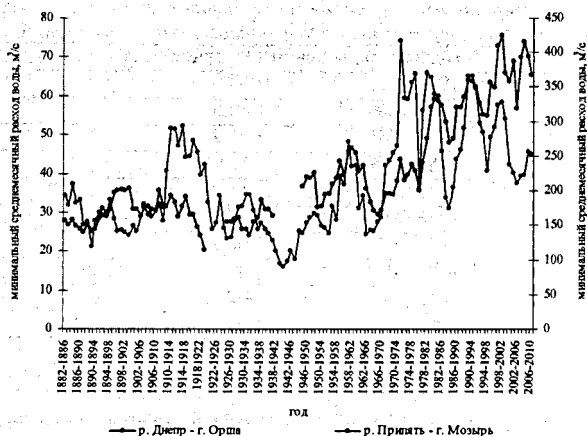
Таблица 1 – Характеристика изменения минимальных среднемесячных расходов воды  
в межени по характерным периодам многолетних наблюдений

Река - створ	Период наблюдений	Средний расход межени за период, м <sup>3</sup> /с
Улла – д. Промыслы	1929-1985	9,36
	1986-2009	12,6
Сож – г. Гомель	1901-1985	75,7
	1986-2009	123
Припять – г. Мозырь	1882-1975	188
	1976-2009	272
Западная Двина – Витебск	1878-1975	66,6
	1976-2009	101
Днепр – г. Орша	1882-1980	32,1
	1981-2009	62,2
Горынь – г. Речица	1923-1975	44,0
	1976-2009	70,1

Одним из элементов водного режима, который также может реагировать на климатические изменения (осадки и температура воздуха), является максимальный расход воды весеннего половодья (суточный или срочный). Известно, что для рассматриваемой географической зоны в формировании максимального расхода воды участвуют такие характеристики, как максимальный запас воды в снежном покрове и ледяной корке, атмосферные осадки за период снеготаяния, показатель запаса влаги в снеге осенью, глубина промерзания почвы, а при наличии зимних оттепелей (что характерно для южных регионов) – и количество талых вод в эти периоды. Все эти параметры фактически являются определяющими в целом для объема половодья. Возможность формирования при этом того или иного пика половодья в значительной степени зависит от такой характеристики, как «индекс дружности весны». Для количественной оценки этого индекса используется сумма температуры воздуха за различные периоды. То есть при одном и том же объеме половодья могут формироваться различные максимальные расходы воды в зависимости от текущих метеоусловий в зимний и весенний периоды.

В целом комплексная характеристика «дружности весны» реагирует на изменения в структуре температурного режима, в том числе и на связанные с антропогенным глобальным потеплением [7].





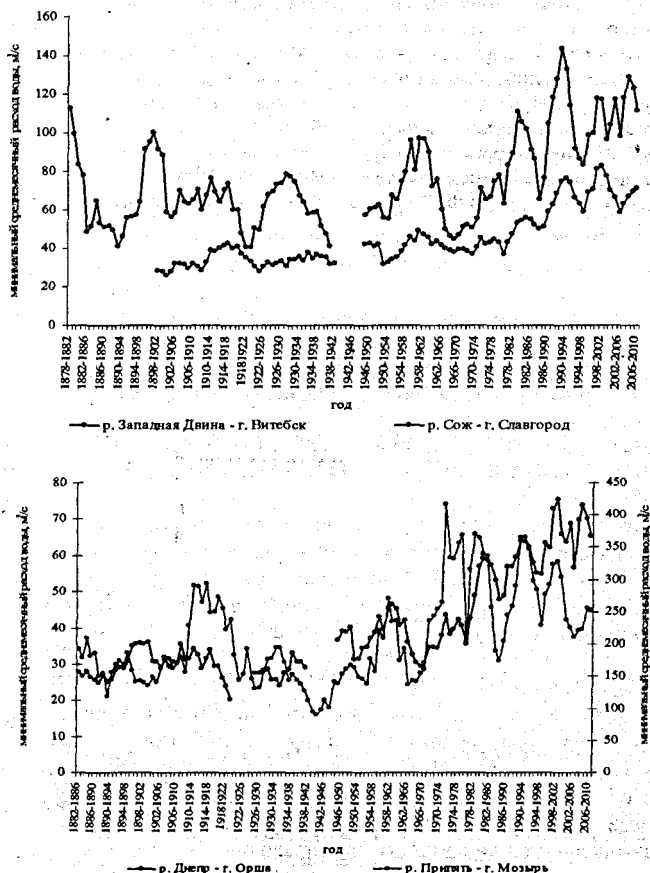
**Рисунок 1 – Хронограммы сглаженных пятилеток минимальных среднемесячных расходов воды зимней межени на реках Беларуси**

Анализ изменения максимальных расходов воды весеннего половодья для основных рек Беларуси выполнялся по наиболее длинным многолетним рядам наблюдений. Для более наглядной картины возможных тенденций все наблюдения сгруппированы по пятилеткам. В каждой пятилетке выбраны наибольшие из максимальных расходов воды, т.е. фактически рассматриваются верхние огибающие исходных рядов. На рисунке 2 приведены хронограммы по нескольким речным бассейнам Беларуси, из анализа которых следует, что наиболее четко тенденция к снижению максимальных расходов воды начинается проявляться в начале 70-х годов прошлого столетия. Что касается территориальных тенденций, то более четкая картина по снижению максимальных расходов воды отмечается на притоках р. Западный Буг, в бассейне р. Неман и особенно – в бассейне рек Днепр и Припять. На севере территории, т.е. в бассейне р. Западная Двина практически отсутствуют какие-либо тенденции к повышению и к снижению максимальных расходов воды – ситуация довольно стабильная и в целом соответствует общей цикличности естественных процессов стокообразования.

Полученные результаты подтверждают существующие предположения об изменении структуры климатических характеристик, связанных с глобальным потеплением климата. Как отмечено в [8, 9], повышение температуры воздуха произошло в период с 1965 г. по 1995 г. и относится к зимнему периоду, что способствует снижению вероятности формирования высоких половодий (за счет учащения периодов зимних оттепелей) и в то же время приводит к повышению зимних расходов воды. Конечно эту тенденцию в температурном режиме подтверждают следующие данные. По метеостанции «Минск» весь ряд наблюдений был разбит на два периода: с 1891 по 1965 гг. и с 1966 по 2009 гг., и рассмотрены среднемесячные температуры воздуха по сезонам года. Наиболее существенная разница между этими периодами отмечена для зимнего сезона: за 2-й период (с 1966 по 2009 гг.) зимние температуры повысились в 1,8 раза по сравнению с первым периодом. За лето температура практически не изменилась, а за весенний период отмечено незначительное увеличение (

2° С). В то же время, в течение того же периода отмечена тенденция [8, 9] к различной структуре изменения осадков по территории: на севере годовые суммы увеличились, а на юге – уменьшились. Такая тенденция соответствует гипотезе о возможной анице, проходящей по 60 °с.ш. между регионами с различным знаком реагирования адков на глобальное потепление [2].

Таким образом, проведенные ранее исследования с использованием корреляционно-анализа стокоформирующих факторов и существующих к настоящему времени гипотез глобального изменения климата (антропогенного характера) показали, что при учете еличения температуры воздуха на 2° и уменьшения атмосферных осадков на 10% воз-жно уменьшение речного стока на реках Беларуси в среднем на 13-14%, что хорошо впадает с подобными исследованиями на сопредельных территориях [5].



**Рисунок 2 – Хронограмма верхней огибающей максимальных  
 расходов воды на реках Беларуси**

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шикломанов, И.А. Исследование водных ресурсов суши: итоги, проблемы, перспективы. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 152 с.
2. Будыко, М.И. Климат конца двадцатого века // Метеорология и гидрология. – № 10. – 1988. – С. 5–25.
3. Шикломанов, И.А. Влияние изменения климата на гидрологию и водное хозяйство / И.А. Шикломанов, Г. Линз // Метеорология и гидрология. – № 4. – 1991. – С. 51–66.
4. Дроздов, О.А. Зависимость речного стока Европейской части СССР и среднего региона от температуры северного полушария при колебаниях климата / О.А. Дроздов, К.В. Еременко // Труды ГГИ. – Вып. 340. – 1988. – С. 32–52.
5. Гриневич, А.Г. Оценка влияния возможного глобального потепления на водные ресурсы и водное хозяйство / А.Г. Гриневич, В.Н. Плужников // Природные ресурсы. – 1997. – № 2. – С. 49–53.
6. Гриневич А.Г. Гидрологические аспекты оценки нижнего предела возможного использования (изъятия) речных вод в условиях Беларуси / А.Г. Гриневич, Е.Е. Петлицкий, М.Р. Лукошко, С.Н. Скуратович // Природные ресурсы. – Мн., 2005. – № 3. – С. 18–22.
7. Скуратович, И.М. Оценка влияния изменений климата на гидрологический режим рек и водоемов Беларуси / И.М. Скуратович, Е.В. Комаровская, Г.С. Чекан // Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. – С-Пб., 2004. – С. 207–209.
8. Логинов, В.Ф. Оценка антропогенных изменений климата // Проблемы теории и практики осушительной мелиорации: тезисы докладов. – Мн., 1996. – С. 46–49.
9. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

УДК 55

**К. ЕРЕЧЕК-КОЖЕНЕВСКА, Э. ВОЗЬНЯК**

Гданьский Университет, г. Гданьск, Республика Польша

### **КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ВЕРХОВОМ ТОРФЯНИКЕ БАЛТИЙСКОГО ТИПА ЧАРНЕ БАГНО В ПРАДОЛИНЕ РЕДЫ-ЛЕБЫ**

The subject of this paper is a high peat bog of the Baltic type – Czarne Bagno. Since 2006 the area of 103 ha has been covered by reserve protection. The discussed peat complex borders from the east on the edge of the morainic plateau and in the west it reaches the River Leba and its old beds. The network of melioration ditches, functioning since the 19th century, draining the waterlogged terrain of the streamway.

### **ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ**

Области молодой плейстоценовой аккумуляции характеризуются специфической геологической структурой, ритмичкой ландшафта, погодными условиями, определяющими исключительный характер циркуляции воды и материи этого региона. Все эти компоненты обуславливают возникновение различных гидрографических объектов расположенных зачастую в различных топографических ситуациях – от верхних изломов возвышенностей по донья долин и прадоллин. Важную роль играют не только озера, родники, ручьи, но также и болота, торфяники и влажные земли. Последний термин определяет низинную территорию, затопляемую в дождливые сезоны, обычно всегда остающуюся влажной. Инструкция по составлению гидрографической

Польши в масштабе 1:50000 (1964) идентифицирует затопляемые территории как болота, а именно как влажные земли. Болото, по определению, является территорией, постоянно насыщенной водой, составляющей 80–90% от объема грунта. Благодаря специфике влажных земель исследователи тематической литературы рассматривают их чаще как экосистемы с иной растительностью, с точки зрения биологии, а не гидрологии. По причине сложности процесса их питания, контакта с подземными и поверхностными водами точно определить потоки подпитывающей воды просто. Исследования циркуляции воды на территориях такого рода существенны с гидрологической, биологической, экологической и экономической точек зрения. Не менее образным кажется решение этой задачи потому, что к натуральным факторам, определяющим циркуляцию воды, добавляется важный антропогенный фактор. Для нужд настоящей работы определение болото было заменено термином торфяник.

### МЕСТО ИССЛЕДОВАНИЙ

Чарне Багно, представляющее собой фрагмент торфяного комплекса, является примером верхового торфяника балтийского типа. Небольшая территория, площадью около 103 га, охваченная заповедной охраной, расположена в области мезорегиона прadolины Лебы и Реды (313.46), макрорегиона Кошалинского побережья (313.4) и провинций побережья южной Балтики (313) [Кондрачки 2000]. Она находится около 3 км северо-западнее Жезязково, на плоском дне прadolины Лебы, ширина которой в этом месте достигает 5 км. С востока торфяник ограничен краем возвышенности, а с запада соприкасается с рекой Лебой и ее старицей (Старой Лебой). С севера и юга прadolина открыта.

Гипсометрические соотношения территории слабо варьируются. Значительная часть площади торфяника располагается на высоте около 8 м над уровнем моря. Его центральная часть, имеющая форму купола высотой 10 м над уровнем моря, представляет собой локальный водораздел. Прadolина Лебы и Реды является геоморфологической формой, которая лежит на территории, сформированной ледяным шитом последней ледниковой эпохи, и видоизмененной в последующие периоды: послеледниковом и голоценом. В тематической литературе она определяется как форма, сохранившаяся, обработанная и законсервированная мертвым льдом и глыбами засыпанного льда еще до последнего закрытия ледяным шитом [Рахоцки 1992]. Речные, делювиальные, золовые и озерные гравии и пески, представляющие плейстоценовые отложения, являются продуктами минерального дна прadolины. Над ними лежат голоценовые продукты, среди которых доминирует торф, а также – золовые или речные отложения. Чарне Багно занимает площадь 480 га. Его составляет низовой, переходный и верховой торф. Центральную часть комплекса занимают залежи торфа площадью 226 га мощностью до 8 м (средняя мощность 4 м) [Ясноўски 1990]. Типичную стратиграфию торфяника обуславливает как нижняя поверхность слоя (низовой торф, созданный из плавневых и осоковых накоплений), так и верхняя поверхность (переходный мохово-осоковый торф), так и верхняя поверхность верховой пухово-моховой и моховой торф) [Гербихова 1976]. Его мощность колеблется в диапазоне от 1 до 1,25 м. Начало аккумуляции торфа датируется радиоуглеродным методом на 8130± лет до наших дней. Начало развития залежей относится к периоду от 2000 до 1200 лет б.р. [Горски 1999].

Юридической основой создания заповедника было Распоряжение № 50/06 Порочского Воеводы от 26 апреля 2006 года по вопросу признания Чарне Багно заповедником природы. Согласно распоряжению, «...целью охраны в заповеднике

является сохранение фрагментов обширного верхового торфяника балтийского типа присутствующими в нем моховыми, вересковыми, болотными, водными и лесным экосистемами». Границы заповедника имеют искусственный характер. Они были проведены на основе элементов поверхностной гидрографической сети (рвов и каналов), а также лесных территорий.

Чарне Багно, будучи верховым торфяником балтийского типа, питается исключительно водой из атмосферных осадков. Он принадлежит к бассейну реки Лебы. Его верховая часть возникла в условиях омбротрофного водного хозяйства. В ее центральной части сохранилось озеро площадью 3,26 га, считающееся остатками крупного древнего ледникового озера. Его глубина достигает 1,5 м, а в его дне присутствуют слои торфов. Изначально оно было единственным элементом поверхностных вод в границах верхового торфяника. В остальной части долины с низовыми торфами эту функцию выполняла Леба с западной стороны и Ситница с восточной. В результате осушающей мелиорации естественные водные условия торфяника подверглись очень серьезным изменениям. Современная гидрографическая сеть торфяника состоит из ряда мелиорационных каналов и рвов, которые отводят воду в разных направлениях. Эта сеть соединена с мелиорационной системой, осушающей все дно прадолины реки Леба. Сохранившиеся руины водных построек (плотин и водоспусков) указывают на то, что отвод воды из купола торфяника в прошлом контролировался. В настоящее время эта система полностью разрушена, и вода отводится свободно. Часть рвов в последние годы была значительно углублена, а небольшие рвы частично заросли. Функционирующая с XIX в. сеть мелиорационных рвов, осушающих влажные земли прадолины, существенно нарушила естественные водные отношения этой территории. Определяющей для негативных изменений на поверхности торфяника была интенсивная эксплуатация торфов в 80-е годы прошлого века, проводившаяся в промышленных масштабах. В результате этого выразительно снизился первичный уровень воды. Была уничтожена значительная часть активной поверхности торфяника, которая дополнительно пострадала в результате последующих пожаров.

## ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ

Работники кафедры гидрологии Гданьского Университета (KH UG) являются одними из исполнителей реализуемого с июня 2011 г. проекта „Ренатурализация ареалов и растительности на деградированных верховых торфяниках Поморского воеводства”. Представленные здесь предварительные результаты основаны на данных собранных для реализации этого проекта. Он является продолжением работ проводимых на этом объекте с 2006 года. Однако предыдущие мероприятия в определенном диапазоне анализировали водные отношения. Поэтому целью является представление условий и методов, которые приняла KH UG и которые должны обеспечить возможность оценки составляющих водного баланса Чарне Багно. Работы осуществляемые в заповеднике, должны позволить определить колебания уровня воды и оценить географические условия, влияющие на эти колебания. Была предпринята попытка составления как можно более полной характеристики циркуляции воды в непосредственном бассейне. Оценка водных отношений торфяника позволит в будущем) проверить задачи, связанные с оживлением части бассейна Чарне Багно находящейся под влиянием антропогенных факторов, и планом охраны заповедника природы, охватывающим исследуемый гидрографический объект. Картина изменений водных отношений, видимая в настоящее время, является результатом антропогенных

менений. Действия, связанные с активной заповедной охраной, могут быть также использованы как один из методов восстановления деградированных торфяных территорий Чарне Багно.

С 2006 года целью работ стала инициация и поддержка процесса ренатурализации рхового торфяника. Тогда на осушительных рвах появилась сеть пороговых слонов, которая должна была уменьшить дренаж купола торфяника. Началось также здание измерительной сети, контролирующей изменения уровня воды. Первые электронные лимниграфы типа «Diever» были установлены в 2007 г., а последние – в январе 2011 г. Территорию заповедника контролируют 25 приборов. Главным методом для анализ топографической карты в масштабе 1:10000 и фотографий с воздуха.

### ИССЛЕДОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ

Камеральный анализ охватывал изучение исходных и картографических материалов. Его предваряла разведка местности в августе 2010 года. Были проанализированы все доступные исходные материалы: топографические карты (архивные и временные), спутниковые и авиационные снимки, а также гидрографические фотографии, сделанные на местности. Необычайно полезными оказались метеорологические данные, полученные из IMGW. Были также интерпретированы серии данных лимниграфов и пьезометров, полученные от RDOŚ (2007 г.)

Реализация целей была проведена посредством выполнения циклической (с интервалом в один месяц) серии гидрографических фотографий на местности в сухой период. Было также произведено измерение потоков в мелиорационных рвах. Установка метеорологической станции (ноябрь 2011 г.) позволила получить суточные (часовые) данные. В них входила температура, осадки, направление и скорость ветра, солнечность, что позволило проанализировать степень испарений. В процессе выполнения серии скважин на выделенном исследовательском полигоне были взяты пробы торфа. Выполнение лабораторных анализов позволило определить гидратацию торфа, лежащих на глубине до 2 м, и приблизительно оценить максимальную способность удерживания воды торфяника Чарне Багно. Для всех выполненных на местности замеров циклически выполнялась полная фотографическая документация.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ежемесячная регистрация данных на местности в сухой период позволила получить полную серию гидрографических снимков местности. Была зарегистрирована изменчивость картины гидрографической сети на территории Чарне Багно и в непосредственной близости. Благодаря метеорологическим данным и дополнительным суточным измерениям относительной влажности появилась возможность оценки влияния торфяника на условия топоклимата местности. Данные лимниграфов, пьезометров, метеорологические данные, а также результаты измерений потоков, таким образом, дадут возможность определить объем оттока и тип влажной земли с учетом питания такого рода. Эти данные понадобятся для определения компонентов и оставления годового водного баланса влажной земли. Данные пьезометров иллюстрируют подземную фазу циркуляции воды в бассейне Чарне Багно, помогая в оценке гидрологической роли влажной земли в питании подземных структур. Будут проанализированы как долговременные (на протяжении 4 лет), так и кратковременные колебания уровня вод на территории заповедника Чарне Багно. Эти данные будут обработаны в комплексе с гидрографической ситуацией, анализируемой на основании серии гидрографической регистрации, интерпретации картографических материалов, спутниковых и воздушных фотографий.

Уже сейчас можно заметить, что уровень воды на некоторых лимниграфах имеет тенденцию роста. Одной из причин высоких амплитуд может быть расположение в сильно деградированной части торфяника (интенсивная эксплуатация в прошлом). В настоящее время эта территория охвачена интенсивными работами по ренатурализации (вырубка леса, «высевка» сфагнома). Тенденция роста уровня воды здесь более выразительна. Меньшие амплитуды (более низкая тенденция роста уровня воды) характеризуют лесистую территорию, где в настоящее время не проводятся интенсивные работы по активной охране.

В заключительной части работы также появится обсуждение роли антропогенных факторов, влияющих на изменения, которые произошли на исследуемой территории. Будут учтены результаты исправительных мер, направленных на охрану деградированной территории и ее оживление. Ожидаются ответы на вопросы: принесут ли меры по ренатурализации, проводимые на исследуемой территории, положительный результат в виде сохранения экосистемы верхового торфяника? Не станет ли слишком глубокое вмешательство человека в виде мер по восстановлению первоначального состояния болота фактором, задерживающим естественный процесс восстановления? Не станет ли существование Чарне Багно навсегда зависящим от человека?

Изучение гидрологического цикла на исследуемой территории покажет вероятные нетехнические методы удержания воды в бассейне, то есть действия малого воздействия. В свою очередь, исследования возможностей влагозадержания, взятые пробы торфа позволят оценить возможности задерживания исследуемой территории при помощи количественных характеристик.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные материалы дают возможность лишь предварительно описать водные отношения торфяника Чарне Багно и составить первые оценки работ, связанных с активной охраной этого объекта. Влажные земли как гидрографические объекты играют важную роль в циркуляции воды. Благодаря задерживающим свойствам они являются звеном в формировании водного баланса территории. В сезон избытка воды в бассейне они эффективно накапливают ее, а в сухой период они постепенно подпитывают каналы (выравнивание оттока). Также замечено, что убывание накопленной воды происходит не резко, а постепенно. Поэтому торфяники выполняют важную роль в стабилизации поверхностных и подземных водных ресурсов. Можно также проследить эффекты разрушительной деятельности человека (эксплуатация торфяника, мелиорация) и попытки оживления деградированной местности. Принимая торфяник за опытную территорию, можно проверить проводимые на нем исправительные меры. Если они окажутся эффективными, можно будет применить эти меры на другой территории аналогичного типа. Наблюдения могут помочь в противодействии отрицательным изменениям на подобных территориях и в принятии мер по их охране для того, чтобы ограничить количество деградированных экосистем такого рода. Данные исследования применимы также при реализации программы маломасштабного влагозадержания Поморского воеводства, поскольку они могут указать новые нетехнические методы удержания воды в бассейне при использовании естественных предрасположенностей природной среды для операций такого рода. Это необычайно важно при предотвращении последствий стихийных явлений, таких как наводнения, паводки или ливневые дожди, а также при планировании новых исправительных действий деградированных влажных земель как противопаводковых мер. В до



нии к реализуемым проектам они могут быть звеном в охранном водном хозяйстве торфяных территориях. Естественная сукцессия этих залежей, связанная с изменениями циркуляции воды, инициирует процесс генерации гумусовых почв на территориях бывших болот, ведущей к исчезновению торфяников и развитию болотных боров. Все эти явления, будучи описанными и классифицированными, станут изменяться в экспертных работах по охране болотных сред.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Горски, Д. Чарне Багно в свете новых геоморфологических исследований, магистерская диссертация, выполненная на кафедре физической географии и формирования среды Гданьского Университета. – Гданьск, 1999.
- Гербих, М. Растительность и стратиграфические профили атлантических торфяников Кашубского побережья: кандидатская диссертация. – 1976.
- Гербихова, М. План охраны заповедника Чарне Багно, подготовленный в рамках проекта балтийских верховых торфяников на Поморье, частично финансируемого LIFE-Nature / М. Гербихова, И. Гербих. – Гданьск, 2007
- Гербихова, М. Охрана верховых балтийских торфяников на Поморье. Опыт и результаты проекта LIFE 04NAT/PL/000208 PLBALTBOX / М. Гербихова, П. Павлячик, Р. Станько. – Свободзин: Изд. Клуба Натуралистов, 2007.
- Кисновски, М. Торфяники Слупского воеводства. Серия «Наука-Практика» СХА – Щецин, 2000.
- Павлячик, П. Охрана верховых балтийских торфяников на Поморье. Первый польский проект LIFE-Nature. – Свободзин: Издательство Клуба Натуралистов, 2007.
- Рахоцки, А.Н. Сохранение прадолин Кашубского побережья. [в:] // Научные тетради – География. – Гданьск: Гданьский Университет. – № 18. – 1992.
- Остановление № 50/06 Поморского Воеводы от 26 апреля 2006 года по вопросу признания Чарне Багно заповедником природы // Вестник Управления Поморского воеводства. – № 6. – № 44, позиция 876.

УДК 631.347.3:631.674.1:633.171

**В.И. ЖЕЛЯЗКО, В.М. ЛУКАШЕВИЧ**

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

#### ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ ЯПОНСКОГО ПРОСА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ BAUER "RAINSTAR" T-61

Results of research of dependence of losses of water on evaporation from a surface of *Echinochloa frumentacea* and biometric indicators are presented in article. Height of plants in the area of leaves there should be no more than 40 sm. and 22,06 thousand  $m^2$  on 1 hectare at an irrigation *Echinochloa frumentacea*.

При дождевании подача оросительной воды производится периодически, несмотря на это, ее поступление существенно превышает впитывающую способность почвы. В результате происходит образование поверхностного стока, создаются предпосылки развития эрозии почвы, загрязнение водисточников, увеличение непроница-

тельных потерь воды в процессе полива. Для рационального использования воды предотвращение указанных негативных явлений и сохранения плодородия требует внедрение в производство усовершенствованных мобильных средств дождевания, которые имеют меньшую энергоёмкость и лучшее качество орошения по сравнению с широкозахватной дождевальными техникой [1].

В связи с этим для проведения исследований нами была выбрана мобильная дождевальная установка Bauer "Rainstar" T-61.

Полевые опыты были проведены в 2012–2013 гг. на опытном орошаемом поле «Тушково-1» Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, суглинистая, подстилаемая морным суглинком. Водно-физические свойства почвы в слое 0...100 см: плотность 1,62 г/см<sup>3</sup>, плотность твердой фазы – 2,65 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 22,3% к массе сухой почвы. Биометрические измерения осуществляли по общепринятой методике [2]. Учет поливной нормы, потери воды на задержание растительным покровом японского проса измеряли специальными дождемерами. Потери воды на испарение в воздухе определяли по методике [3]. Наблюдения за метеорологическими показателями проводили непосредственно на опытном участке с помощью оборудованного метеорологического поста.

Общезвестно, что потери воды при дождевании представляют максимально возможное ее количество, которое теряется во время производства полива и не используется растениями. Они подразделяются на два вида:

- потери на испарение при полете капель дождя от насадки до поверхности растения или почвы и унос капель ветром за пределы орошаемой площади;
- задержание поливной воды листьями и стеблями растений, а также ее испарение с поверхности растений за промежуток времени между отдельными проходами дождевальной техники.

Исходя из вышесказанного, нами были проведены опыты по определению потерь воды во время полета струи в воздухе (испарение и унос ветром), а также на задержание ее поверхностью растительного покрова японского проса.

Потери на испарение в воздухе и унос ветром зависят, во-первых, от метеорологических (влажности и температуры воздуха, скорости ветра), а во-вторых, от крупности капель искусственного дождя, времени нахождения их в воздухе, плотности водовоздушного потока.

На основании экспериментальных исследований, проведенных в Беларуси, предложена формула по определению потерь воды на испарение и унос дождевых капель ветром (%) для среднеструйных дождевальных устройств, которая применима при скорости ветра 0,4–5,5 м/с и дефиците влажности воздуха 3,1–23,7 мб [3]:

$$U = 2,86v + 0,25d + 2,56,$$

где  $d$  – дефицит влажности воздуха, мб;  $v$  – скорость ветра, м/с.

В процессе опыта определяли скорость ветра, фиксировали его направление, измеряли температуру и относительную влажность воздуха.

Потери на испарение воды с поверхности растительного покрова японского проса во время полива определяли с помощью дождемеров, установленных на уровне поверхности земли и на текущей высоте растений (интервал 10 см). Дождемер – мерный цилиндр с собирательной воронкой диаметром 20 см. Расчет количества воды проводили по формуле:

$$h = \frac{4V}{\pi D^2} = \frac{d^2}{D^2} \cdot H, \quad (2)$$

$V$  – объем собранной воды, мл;  $D$  – диаметр собирающей воронки, см;  $d$  – диаметр мерного цилиндра, см;  $H$  – высота столба собранной жидкости, см.

После каждого полива фиксировали поливную норму на текущей высоте растений и количество воды, поступившей непосредственно на поверхность почвы. Разность между ними и является потерей воды на испарение с поверхности растительного покрова японского проса. Перед поливами измеряли среднюю площадь листьев юго растения, всей листовой поверхности и высоту растений. Густоту стояния растений определяли в период полных всходов методом пробной площадки.

Метеорологические условия проведения опытов, динамика листовой поверхности растений и соответствующие им величины потерь воды при поливе дождевальной машиной Bauer приведены в табл. 1.

Из таблицы 1 видно, потери воды при дождевании Bauer "Rainstar" T-61 на испарение в воздухе и унос ветром зависят от основных климатических показателей (скорости ветра, дефицита влажности воздуха, температуры воздуха) и составляют от % до 14,4% величины поливной нормы.

Площадь растительного покрова в целом соответствовала показателям хорошего развития посевов высокостебельных злаковых культур и достигла 124,11 тыс. м<sup>2</sup>/га, а высоте стебля 150 см. Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали, что основным биометрическим показателем, влияющим на испарение с поверхности растительного покрова пайзы, является площадь листьев.

Таблица 1 – Потери воды при дождевании японского проса дождевальной машиной Bauer "Rainstar" T-61 в зависимости от метеословий и средней площади листовой поверхности

Высота растений, см	Метеословия			Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	Потери воды, %	
	Температура воздуха, °C	Скорость ветра, м/с	Дефицит влажности воздуха, мб		Потери воды в воздухе, %	Потери воды при задержании растительным покровом, %
10	22,7	2,0	4,2	2,82	9,3	5,0
10	21,0	2,4	3,1	7,80	10,2	7,5
10	18,7	3,1	5,4	15,42	12,8	8,5
10	21,8	1,6	4,9	22,06	8,4	10,2
10	19,4	2,3	7,7	32,80	11,1	22,5
10	22,1	1,2	8,4	49,14	8,1	23,8
10	23,6	1,0	5,3	59,09	6,7	25,3
10	21,4	2,1	3,8	74,97	9,5	26,6
10	19,0	2,7	4,6	85,68	11,4	37,9
10	24,1	1,9	8,9	92,20	10,2	39,3
10	28,6	0,6	14,9	107,87	8,0	30,7
10	22,3	3,3	9,5	109,73	14,4	32,1
10	21,4	2,6	5,7	110,83	11,4	33,4
10	16,1	2,4	2,8	118,24	10,1	34,8
10	18,7	1,7	2,7	124,11	8,1	35,3

Исследования показали, что при высоте японского проса 50 см и площади листьев 32,80 тыс. м<sup>2</sup>/га потери воды задерживаемой поверхностью растений достигли более 20%. Максимальные значения потерь воды более 35% зафиксировали при росте пайзы достигающей 150 см и листовой площади 124,11 тыс. м<sup>2</sup>/га. Это указывает на высокую эффективность использования поливной воды.

Коэффициенты, учитывающие все потери воды при дождевании, вычисляются как:

$$\beta = 1 + \sum U_m / 100; \quad (3)$$

$$\eta_m = \frac{100}{100 + \sum U_m}, \quad (4)$$

где  $\sum U_m$  – общие потери воды в процессе полива, выражаемые в процентах от поливной нормы.

Результаты расчетов и опытные данные свидетельствуют, что средняя величина коэффициента  $\beta$  в условиях зоны неустойчивого естественного увлажнения рекомендуется в пределах 1,1...1,2, а для коэффициента  $\eta_m$  в условиях Беларуси 0,85...0,95, эти значения соответствуют 20% допустимых потерь при дождевании [5, с. 76], [4, с. 335].

Потери воды на испарение и унос ветром для дождевальной машины «BAUER» рассчитанные по формуле (1), в среднем составили около 10%. Так как рекомендуемое значение общих потерь воды при дождевании не должно превышать 20%, то допустимые потери на задержание поверхностью растительного покрова пайзы должны составлять не более 10%. Это соответствует высоте растений 40 см при средней площади листьев 22,06 тыс. м<sup>2</sup>/га. При возрастании этих биометрических показателей коэффициент  $\beta$  будет увеличиваться, а  $\eta_m$  уменьшаться, приводя к численному увеличению потерь.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что главными составляющими потерь в условиях качественного полива японского проса дождевальной машиной Вауег являются не только испарение воды в воздухе и унос части ее за пределы орошаемого участка, но и потери на задержание воды поверхностью растительного покрова. Наиболее оптимальными биометрическими показателями японского проса при дождевании машиной Вауег являются: высота растений не более 40 см, площадь листьев не должна превышать 22,06 тыс. м<sup>2</sup>/га. При указанных биометрических показателях использование поливной воды будет наиболее эффективным, с учетом уменьшения непроизводительного расхода воды. Для этого рационально проводить 4–6 укосов, вместо 2–3.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2010–2015 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь. – 2010. – № 1262. – 11 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
3. Голченко, М.Г. Оросительные мелиорации: учеб. пособие для вузов / М.Г. Голченко. Минск: Выш. шк., 1989. – 215 с.
4. Лихацевич, А.П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник для студентов высших учебных заведений по специальности «Мелиорация и водное хозяйство» / А.П. Лихацевич, М.Г. Голченко, Г.И. Михайлов; под ред. А.П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
5. Голченко, М.Г. Оросительные мелиорации: учеб. пособие для вузов / М.Г. Голченко. Минск: Выш. шк., 1989. – 215 с.

УДК 628.631.8

**О.З. ЗУБАИРОВ, М.С. НАБИОЛЛИНА, Г. ТУРАРОВА**

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы,  
республика Казахстан

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НОРМАХ НАГРУЗКИ**

In article it is provided researches of cleaning ability of the soil at various norms of loading. Extent of sewage treatment and migration of water-soluble salts in the soil horizons compared

Сточные воды, попадая в почву, вступают во взаимодействие с различными соединениями, как в самой почве, так и с растворенными в ней веществами. При этом почва поглощает определенное количество ингредиентов.

Наиболее приемлемым методом учета миграции веществ в почве является лизиметрический метод, отражающий протекание в почве процессов близких к природной реде. Этот вопрос изучался нами на почвах среднего механического состава.

Данные таблицы 1 показывают, что сточные воды после фильтрации через метровый слой почвы (инфильтрат) по содержанию компонентов приближаются к речной воде. Наблюдается снижение содержания почти всех компонентов.

При первом поливе, по расчету, увлажняется 60-сантиметровый слой почвы. Поэтому фильтрата через метровый слой почвы не было.

При первом поливе 50-сантиметровый слой почвы при нагрузке 700 м<sup>3</sup>/га поглощал до 80 % анионов и катионов. Поглощаемость кальция и магния меньше всех. Отмечается высокая поглощаемость азота и фосфора.

Снижения поглотительной способности почвы при увеличении нормы нагрузки были отмечены исследованиями В.Т. Додолиной, М. Шульца, О. Зубаирова. Например, по данным О. Зубаирова, высокая поглотительная способность сероземных почв среднего механического состава отмечена при одноразовой нагрузке 900 м<sup>3</sup>/га.

С увеличением мощности почвенного слоя возрастает степень очистки. Инфильтраты из метрового слоя несколько беднее по всем компонентам.

Водорастворимых солей в метровом слое поглощается до 90%, фосфора задерживается до 95% и общего азота – до 91%.

Например, при проведении 4-го полива, при норме 1200 м<sup>3</sup>/га, поглощаемость водорастворимых солей метровым слоем почвы колебалась в пределах 58-80%, азота – 88%, фосфора – 91%, а при уменьшении нагрузок до 900 м<sup>3</sup>/га поглощаемость метрового слоя почвы водорастворимых солей доходит до 88%, азота и фосфора – до 92-94%. Следовательно, одним из основных факторов высокой степени очистки сточных вод должно быть условие соблюдения рациональных норм нагрузки на поля орошения. В этом случае обеспечивается нормальное протекание в почве процессов сорбции, механические, физические поглощения и биохимическое разложение.

Во время поливов почва с определенной интенсивностью поглощает различные вещества, часть которых будет употребляться сельскохозяйственной культурой за вегетационный период, а часть под действием указанных процессов разлагается на простые соединения.

Таблица 1 – Поглощение почвой химических компонентов сточных вод, мг/л (среднесуглинистые почвы)

Показатели	pH	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na+K	Азот		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
								Общий	Амиачный	
1-й полив, m=700 м <sup>3</sup> /га, слой 0-50 см										
исходные	7,6	317,2	113,6	345,6	90,0	57,6	138,4	29,8	15,0	9,6
фильтрат	7,6	69,78	21,6	71,2	26,64	18,20	28,51	2,8	2,9	0,0
% к исходной очистке		78,0	81,0	79,4	70,4	68,4	79,4	90,6	80,4	95,0
4-й полив, m=900 м <sup>3</sup> /га, слой 0-50 см										
исходные	7,7	326,0	124,1	302,8	102,0	61,9	110,4	32,4	15,6	8,2
фильтрат	7,6	114,8	24,32	60,76	32,44	25,44	34,67	3,8	1,15	0,70
% к исходной очистке		61,0	52,2	37,8	51,0	47,0	50,0	60,0	42,6	61,0
в слое 100см										
исходные	7,7	326,0	124,1	302,8	102,0	61,9	110,4	32,4	15,6	8,2
фильтрат	7,6	110,2	20,3	55,7	30,0	20,4	30,6	3,0	1,1	0,7
% к исходной очистке		88,0	84,0	88,0	86,0	90,0	86,0	94,0	-	9,0
4-й полив, m=1200 м <sup>3</sup> /га, слой 0-50 см										
исходные	7,7	326,0	124,1	302,8	102,0	61,9	110,4	32,4	15,6	8,2
фильтрат	7,6	158,4	61,8	213,2	61,1	39,37	54,98	13,61	7,3	5,1
% к исходной очистке		51,4	50,2	29,6	40,1	36,4	50,2	58,0	53,0	38,0

Различные слои почвы по-разному поглощают ингредиенты сточных вод во время поливов. Наибольшее их количество задерживается слоем почвы 0–60 см в горизонте (таблица 2).

Таблица 2 – Степень очистки сточных вод различными слоями сероземных почв бедного механического состава

Горизонты, см	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na+K
0-30	700	121,0	20,0	74,0	31,2	12,2	51,6
0-30	900	105,6	21,2	70,8	28,0	10,6	50,4
0-60	700	96,4	11,6	35,2	11,4	5,8	25,6
0-60	900	86,6	10,2	30,6	10,8	6,0	20,4
0-100	700	15,6	6,8	20,2	5,6	4,6	7,4
0-100	900	12,4	5,4	18,4	5,4	4,2	6,6
Среднее содержание	900	240,0	40,51	175,20	78,0	22,0	106,0

Степень очистки сточных вод во всех горизонтах снижается по мере увеличения поливных норм. Высокий эффект очистки обеспечивается слоем почвы 0–100 см, где водорастворимые соли доходят до 97%. Данные таблицы 2 коррелируются с данными Т. Додолиной, З. Стручавичуса, В.И. Марымова и др.

Поглотительная способность лугово-болотных почв тяжелого механического состава несколько меньше. При поливе миграция водорастворимых солей на 50-сантиметровом слое почв составляет в пределах от 18 до 23%, азота – 12–14% и фосфора – 11–24%. При увеличении нормы нагрузок так же происходит уменьшение поглотительной способности почв. Например, при нагрузке 3900 м<sup>3</sup>/га на 50-сантиметровом слое почвы вымыто от 18 до 25% водорастворимых солей, а при нагрузке 5000 м<sup>3</sup>/га – от 20–33%.

Таблица 3 – Миграция химических элементов в почве при поливе сточными водами в условиях лугово-болотных почв, в кг/га

Показатели	м, м <sup>3</sup> /га	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na+K	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
вступило	3900	440,0	1346,0	3511,0	225,0	538,0	117,0	39,0
вымыто из 50-сантиметр. слоя	1500	77,7	317,4	81,54	50,6	115,0	15,9	4,35
поглощения	-	18,0	23,0	23,0	23,0	25,5	14,0	11,0
вступило	5000,0	565,0	1730,0	450,0	290,0	690,0	150,0	50,0
вымыто из 50-сантиметр. слоя	2400,0	148,0	511,0	146,0	95,0	130,0	18,0	12,0
поглощения	-	26,2	30,0	32,0	33,0	20,0	12,0	24,0

Сравнительно высокой степенью миграции характеризуется хлор, гидрокарбонат, кальций и магний. В целом, степень очистки сточных вод на полях орошения довольно высокая. С увеличением поливной нормы миграция химических элементов несколько возрастает. Поэтому одним из основных факторов успешного использования сточных вод на полях орошения является соблюдение оптимального поливного режима. При высоких нормах появляется поверхностный сток с полей орошения, который может привести к загрязнению водосточников.

В данной зоне, на средне- и тяжелосуглинистых почвах оптимальная поливная норма находится в пределах до 900–1100 м<sup>3</sup>/га. Сточные воды при этой норме хорошо впитываются в почву, большая часть химических компонентов задерживается в слое.

При уменьшении нормы нагрузки также уменьшается поглощаемость азота и фосфора, однако эти элементы сточных вод, как правило, будут поглощены нижеследующими слоями почвы. Многие исследования доказывают, что доочистка сточных вод на основном завершается в 3-метровом слое почвы, поэтому рекомендуется, чтобы уровень грунтовых вод в зоне орошения сточными водами находился ниже 3-х метров.

В условиях орошения сточными водами необходимо поддерживать равновесие между поступлением различных веществ из сточных вод и использованием их растениями, которые в основном регулируются межполивными периодами.

УДК 631.4

**Н.В. КЛЕБАНОВИЧ, А.А. СОРОКИН**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск

### **ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ**

The heterogeneous nature of the soil cover of Belarus and the significant diversity of the working conditions of agricultural technology requires a comprehensive assessment of soils, and analysis of their agro-physical properties.

В последнее время в современной земледелии произошли значительные изменения технологического, технического и экологического характера, сделан акцент на получение продукции с экономически оправданными затратами, высоким качеством и обязательным сохранением достигнутого уровня плодородия почв [1]. Неоднородный характер почвенного покрова Беларуси и значительная пестрота условий работы сельскохозяйственной техники требует комплексной оценки почв, учета и анализа агрофизических свойств и режимов почв сельскохозяйственных земель для выделения регионов с различной направленностью механической обработки, что способствует снижению отрицательных последствий воздействия техники на почвенный покров к рациональному использованию природных ресурсов.

В условиях интенсивного сельскохозяйственного производства неизбежно возникает вопрос оперативной и научно обоснованной оценки состояния почвенного покрова. Особый интерес, как в научных исследованиях, так и в практике сельскохозяйственного производства, приобретает в последние годы физическое состояние почвы. Именно физические свойства, формируя водно-воздушный, тепловой и питательный режимы, условия развития корневой системы, зачастую становятся лимитирующим фактором для роста и развития растений.

Современный этап развития физики почв характеризуется активным переходом от исследований физических и водно-физических свойств почв в почвенный профиль к исследованию почвенного покрова в пространстве. Выделение зон, различающихся по отдельным физическим свойствам, дает качественную характеристику состояния почв, хотя и не дает точной количественной оценки всего покрова и прогноза его поведения в отношении к растению [2].

Основной целью данной работы была разработка способов обобщенной пространственной количественной оценки физического состояния почв по их агрофизическому состоянию. Основной создания карт физического состояния почв Беларуси служили цифровые почвенные карты масштабов 1: 600 000 и фондовые материалы



Для обобщенной оценки всего многообразия показателей, характеризующих физические (водно-физические) свойства почв Беларуси, были условно отобраны три показателя, которые, по мнению авторов, могут описывать основные характеристики физического состояния почв. Для каждой почвенной разновидности была определена качественная оценка каждого из трех показателей.

С удельной поверхностью почвы связаны наиболее важные ее свойства: физические, химические, физико-химические, биологические. С дисперсностью почвы связаны, например, способность почвы сорбировать питательные элементы, газы, пары пыли, удерживать воду в доступном растениям состоянии, тепловые и воздушные условия в почве. К сожалению, данные по удельной поверхности почвенных разновидностей на территории Беларуси малочисленны и разрозненны, присутствуют в единичных публикациях [3] и не позволяют провести качественную оценку. Обычно о дисперсности (удельной поверхности) почвы судят по гранулометрическому составу, по нему косвенно для характеристики удельной поверхности можно использовать содержание в почвенной разновидности илистой фракции. В результате обработки данных и экспертной оценки почвенные разности в зависимости от гранулометрического состава были разделены на пять групп: с высокой (отдельно – органомеханические) – глины и тяжелые глины, повышенной – суглинки, пониженной – супеси и низкой удельной поверхностью – пески. Обсчет площадей почв Беларуси с различными уровнями физических характеристик показал, что по величине удельной поверхности в стране доминируют почвы с пониженным ( $6-12 \text{ м}^2/\text{г}$ ) значением, составляющие около 1/3 территории. При этом по 23 % занимают почвы с повышенной ( $12-18 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и низкой (менее  $6 \text{ м}^2/\text{г}$ ) удельной поверхностью. Менее 2 % территории составляют почвы с высоким значением этого показателя (более  $18 \text{ м}^2/\text{г}$ ), причем контура таких почв имеют один размер на карте (2,9 тыс. га) меньше, чем более легких почв (3,5–3,9 тыс. га).

Еще одним определяющим показателем является наименьшая влагоемкость (НВ). Если прочих гидрологических констант эта является определяющей в характеристике обеспеченности почвы влагой и воздухом. Влажность, близкая к НВ, считается оптимальной для большинства растений. На основании фактических данных для почвенных разновидностей исходной карты выделены четыре группы: с высокой, повышенной, пониженной и низкой влагоемкостью. Почвы последних двух групп преобладают – 26 и 34 % территории, то есть для большинства почв Беларуси недостаточные запасы влаги могут лимитировать урожай культурных растений. В стране представлены самые разные уровни водоудерживающей способности, заметна также и допочвы с повышенной – 21 % и высокой влагоемкостью – 18 %.

Ограничивать величину урожаев может и недостаток воздуха, поэтому важным показателем является также водопроницаемость, характеризующая дренированность территории. От этого показателя зависит степень восприимчивости почвой атмосферных осадков или поливных вод, формирование поверхностного и внутрисочвенного стока воды, интенсивность процессов водной эрозии, формирование почвенных горизонтов и др. По нашим субъективным представлениям, для Беларуси можно выделить три группы почв: со слабым, средним и хорошим дренажом. С точки зрения дренажа (водопроницаемости) 40 % территории может быть оценено как «очень хорошая», 58 % – как «средняя» и 2 % – как «территория с плохой водопроницаемостью». Почвы со слабой дренированностью представлены на карте наиболее крупными контурами – 2,9 тыс. га, а самыми дробными являются контура почв с плохой водопроницаемостью – 2,9 тыс. га.

На основании этих трех ключевых, на наш взгляд, стратегических, устойчивых во времени показателей составлена карта комплексного состояния физических свойств почв Беларуси, которая дает обзорное представление о физическом статусе почв отдельных

регионов. Показатель плотности сложения, крайне важный в тактическом, чисто практическом аспекте, был нами не принят во внимание из-за высокой его динамичности и зависимости от субъективных моментов, например, особенностей обработки.

Говоря о физических свойствах почв в целом, можно констатировать, что почвы высокой удельной поверхностью (содержанием ила), слабым дренажом и высокой влагоемкостью составляют лишь 2,0 % территории и приурочены к северу Беларуси к Полоцкой низине. Почвы с повышенной удельной поверхностью, средним дренажом и повышенной влагоемкостью (большинство суглинистых почв) занимают примерно 22 % территории Беларуси; почвы с пониженной удельной поверхностью, хорошим дренажом и пониженной влагоемкостью (большинство супесчаных почв) преобладают на территории Беларуси – более 35 %; достаточно велика (23 %) и доля почв с низкой удельной поверхностью, хорошим дренажом и низкой влагоемкостью. Особняком стоят почвы на органогенных породах, отличающиеся высокой удельной поверхностью, средним дренажом и очень высокой влагоемкостью – 17 %. Контурная площадь почв имеют самый низкий удельный периметр – 23 м/га, тогда как на доминирующей в стране почвах третьей группы – 36 м/га, а на почвах 4-5 групп – более 150 м/га.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бондарев, А.Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / А.Г. Бондарев, В.В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – М.: Наука, 1980. – С. 85–98.
2. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 157 с.
3. Капилевич, Ж.А. Принципы построения шкалы оценки контрастности почв по удельной поверхности / Ж.А. Капилевич, Т.Н. Пучкарева // Почвенные исследования и применение удобрений. – Минск, 1987. – Вып. 18. – С. 8–15.

УДК 556.536

**В.Н. КОРНЕЕВ, Л.Н. ГЕРТМАН, И.А. БУЛАК**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДНЕПРОВСКО-БУГСКОГО КАНАЛА С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО ВОДНЫМ РЕЖИМОМ**

The article is devoted to the Rules of the Dnieper-Bug Canal water management based on mathematical modeling of the channel, which includes the morphometric characteristics of the channel, adjacent areas and the canal tributaries.

Днепровско-Бугский канал (ДБК) является частью Днепро-Бугского водного пути, построенного в 1775–1848 гг. для соединения бассейнов Черного и Балтийского морей. За годы существования ДБК прилегающие к нему природные комплексы южной части Брестской области Беларуси и северной части Волынской области Украины адаптировались к сформировавшимся водным условиям и находятся в зависимости состояния канала в периоды межени, половодий и паводков. В результате этого стал многофункциональным трансграничным объектом со многими водохозяйственными объектами на его водосборе. В меженные периоды канал обеспечивает про-

ой водой значительные территории и многие населенные пункты, создавая более благоприятные экологические условия для населения и природных комплексов.

В перспективе рассматривается возможность интеграции ДБК в Европейские утренние водные пути. Кроме того, канал может сыграть значительную роль в индустриализации перевозок внутренним водным транспортом для внутриреспубликанских нужд.

За исток канала условно принята водораздельная линия у д. Селище, Дрогичинского р-на, Брестской обл. (рисунок 1). Канал имеет два устья:

1. Впадает в р. Мухавец на 70-м км от ее устья в г. Кобрин.
2. Впадает в р. Пина на 39-м км от устья у д. Дубой.



Рисунок 1 – Общая схема Днепровско-Бугского канала с указанием размещением гидроузлов

Водосборная площадь ДБК составляет 8830 км<sup>2</sup>, из них 2680 км<sup>2</sup> относится к водосбору реки Пина и 6150 км<sup>2</sup> – к водосбору реки Мухавец. Канал состоит из трех основных участков:

- восточный склон (Пинск-Ляховичи) протяженностью 74 км. На склоне расположено 5 гидроузлов, с помощью которых преодолевается перепад уровней воды 10,0 м;
- водораздельный участок (Ляховичи-Кобрин) протяженностью 58 км. Питание водораздельного участка осуществляется за счет притока с его водосборной площади, которая составляет 1683 км<sup>2</sup>;
- западный склон (Кобрин-Брест) протяженностью 62 км, где расположены 4 гидроузла со шлюзами и преодолевается перепад уровней воды 11,5 м.

Водный режим ДБК отличается по годам и временам года. В периоды межени он определяется необходимыми и возможными к получению объемами воды для обеспечения судоходства (шлюзование) и поддержания минимальной (экологической) водности прилегающих к каналу территорий. В периоды половодий и паводков водный режим определяется естественным стоком половодий и паводков, а также необходимостью предотвращения катастрофически высоких уровней паводковых вод в водоразделах и пропуска через канал максимально возможного их количества.

Для проведения расчетов водного режима ДБК построена математическая модель, которая включает в себя координаты характерных сечений ДБК по руслу и пойме, привязанные к абсолютным отметкам БС, а также по расстоянию от начала участков (нижние створы), и рассчитанные основные морфометрические и гидравлические параметры поперечных сечений ДБК, в том числе: ширину сечения поверху В, площадь сечения ω, уклон дна I, расходную характеристику (или «модуль расхода») К, приведенный коэффициент шероховатости N, гидравлический радиус R. Указанные параметры определяются для 10 характерных уровней для всех 233-х поперечных сечений ДБК с использованием подходов, представленных в [1-3]. Пример результатов расчетов морфометрических и гидравлических параметров для поперечного сечения ДБК (рисунок 2) представлен в таблице 1.

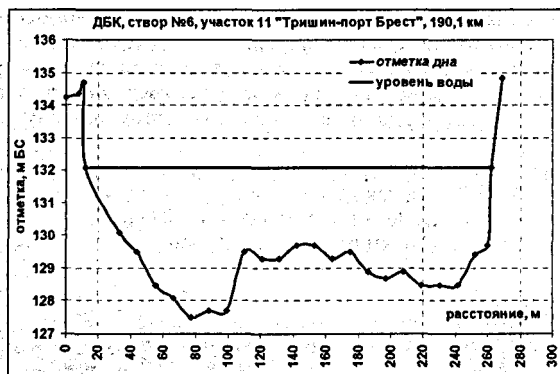


Рисунок 2 – Пример одного из поперечных сечений ДБК

Таблица 1 – Пример расчетных значений морфометрических и гидравлических параметров математической модели ДБК в створе 39, 162,4 км, участок 9 «Залузье-Новосады»

Наименование параметра	Значения гидравлических параметров для характерных уровней воды										
	133.32	134.38	135.45	135.6	135.74	135.89	136.04	136.19	136.33	136.48	136.63
Уровень воды, м БС	133.32	134.38	135.45	135.6	135.74	135.89	136.04	136.19	136.33	136.48	136.63
Глубина воды, м	1.07	2.13	3.2	3.35	3.49	3.64	3.79	3.94	4.08	4.23	4.38
Площадь сечения, м <sup>2</sup>	25.11	61.56	102.15	108.06	114.02	120.03	126.09	132.2	138.69	145.18	151.67
Ширина поверху, м	32.22	36.11	40	40.34	40.67	41.01	41.34	41.84	46.39	50.94	55.49
Гидравлический радиус, м	0.77	1.66	2.46	2.58	2.69	2.8	2.91	3.01	2.86	2.71	2.56
Приведенный коэффициент шероховатости	0.06	0.063	0.065	0.065	0.065	0.066	0.066	0.066	0.059	0.059	0.059
Пропускная способность	338	1563	3592	3929	4281	4646	5023	5405	5848	6301	6764

Разработанная математическая модель ДБК по участкам от порта Брест до гидузла «Кочановичи» включает 233 поперечные сечения, полученные РУЭСП «Днепрбугводпуть» путем прямых измерений, проведенных в летне-осенний период 2011 г. а также морфометрическую информацию по прилегающим территориям и водным объектам, впадающим в ДБК.

Расчетные уровни воды ДБК для различных гидрологических условий получены гидравлическими расчетами с использованием математической модели неравномерного движения воды в ДБК с переменным по длине водотоков расходом. При этом использовались уточненный продольный профиль и координаты поперечных сечений ДБК (233 поперечных сечений), полученных в 2011 РУЭСП «Днепрбугводпуть» в том же прямых гидрометрических измерений.

Для определения характеристик водного режима в межнавигационный период с  
 этом возможного снижения уровней воды использовались рекомендации об обез-  
 печении необходимых глубин в ДБК как техническом рыбопропускном водном объ-  
 еме не менее чем в 1,5 м для сохранения рыбных ресурсов и создания благоприятных  
 ювий для воспроизводства рыбы, что обеспечивает экологическую безопасность  
 ДБК как водного объекта и прилегающих к нему территорий.

Расчетные расходы воды по основным водным объектам ДБК получены с исполь-  
 занием П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчётных гидрологических харак-  
 теристик» (2000 г.) по фондовым данным наблюдений водного режима, при их отсут-  
 ствии – с использованием рек-аналогов, а при невозможности подобрать реку-аналог  
 по прямым зависимостям на основании морфометрических характеристик водосбо-  
 ра водного объекта.

Математическое моделирование позволило провести расчеты водного режима ДБК  
 в различных гидрологических условиях в пределах каждого отдельного участка. В  
 обобщенном виде расчетные уровни ДБК по участкам представлены в таблицах 2–3.

Таблица 2 – Сводные характеристики расчетных уровней воды вдоль участков ДБК  
 в различных гидрологических условиях (западный склон и водораздельный бьеф)

участок	участок 11		участок 10		участок 9		участок 8		участок 7 (водораздельный бьеф)		
	порт Брест-Тришин		Тришин-Новосады		Новосады-Залузье		Залузье-Кобрин		Кобрин-Ляховичи (включая макси- мальный уровень)		
НПУ (НБ)	133.49		133.49		135.90		138.25		143.60		
ВП1%	134.72	135.38	135.38	136.91	136.91	139.15	139.15	140.83	143.60	144.58	143.60
ВП3%	134.48	135.13	135.13	136.60	136.60	138.80	138.80	140.53	143.60	144.44	143.60
ВП5%	134.22	134.84	134.84	136.33	136.33	138.45	138.45	140.23	143.60	144.22	143.60
ВП10%	133.88	134.48	134.48	135.99	135.99	138.06	138.25	139.92	143.60	144.07	143.60
ПП5%	133.49	134.02	134.02	135.59	135.90	137.69	138.25	139.60	143.60	143.92	143.60
ППП 10%	133.49	133.86	133.86	135.24	135.90	137.37	138.25	139.34	143.60	143.87	143.60
ОП 10%	133.49	133.64	133.64	134.47	135.90	136.65	138.25	138.84	143.60	143.71	143.60
СГ 75%	133.49	133.50	133.50	133.65	135.89	136.08	138.23	138.44	143.60	143.61	143.60
ЛОМ 95%	131.80	131.81	133.41	133.44	135.71	135.75	137.99	138.04	143.20	143.20	143.20
зимний 50%	-	-	133.00	133.08	135.40	135.51	137.85	137.92	142.60	142.62	142.60

Замечание. Принятые в таблицах 2-3 сокращения: НПУ – нормальный подпорный уровень; П – нижний бьеф; ВП – весеннее половодье; ППП – предпосевной период, СГ – еднегодовой, ЛОМ – летне-осенняя межень, зимний – межнавигационный период со снижением уровней воды до минимальных глубин в 1,5 м, \*\*\*% – значение вероятности превышения (обеспеченности).

На основе проведенных расчетов разработаны Правила управления водным режимом эксплуатации ДБК, целью которых является эффективное управление водными ресурсами ДБК с учетом его комплексного использования в навигационный межнавигационный периоды в различных гидрологических условиях.

Правила регламентируют установление наиболее эффективного водного режима вдоль участков ДБК для различных гидрологических условий путем установления требуемых уровней воды за счет управления режимами функционирования гидротехнических сооружений ДБК.

Регламентация требуемого уровня режима ДБК при различных гидрологических условиях направлена на обеспечение судоходства в навигационный период, поддержания экологического функционирования водных объектов ДБК, включая сохранение рыбных ресурсов и создание благоприятных условий для воспроизводства рыбы. Регламентируемые уровни воды в ДБК определены для различных гидрологических условий расчетными методами с использованием данных наблюдений с учетом требований экологической безопасности для водных объектов и прилегающих к ним территорий. Правила содержат общие положения, регламент управления водным режимом эксплуатации ДБК, порядок организации эксплуатации ДБК при управлении водным режимом, мониторинг водного режима, природоохранные требования при управлении водным режимом ДБК.

Таблица 3 – Сводные характеристики расчетных уровней воды вдоль участков ДБК для различных гидрологических условий (восточный склон)

Участок	участок 6		участок 5		участок 4		участок 3		участок 2	
	Ляховичи-Овзичи		Овзичи-Рагодош		Рагодош-Переруб		Переруб-Дубой		Дубой-Качановичи	
НПУ (НБ)	141.70		139.90		138.10		136.00		133.60	
ВП1%	142.79	141.70	140.99	139.90	139.23	138.14	138.14	137.11	137.15	136.14
ВП3%	142.63	141.70	140.81	139.90	139.02	138.10	137.74	136.81	136.83	135.88
ВП5%	142.50	141.70	140.68	139.90	138.91	138.10	137.49	136.64	136.64	135.77
ВП10%	142.36	141.70	140.54	139.90	138.74	138.10	137.18	136.42	136.42	135.60
ППП5%	142.16	141.70	140.34	139.90	138.55	138.10	136.83	136.18	136.18	135.55
ППП10%	142.04	141.70	140.23	139.90	138.43	138.10	136.40	136.00	135.96	135.51
ЛОП10%	141.78	141.70	139.97	139.90	138.17	138.10	136.16	136.00	143.71	133.60
СГ75%	141.67	141.67	139.87	139.87	138.00	138.00	136.00	136.00	133.77	133.30
ЛОМ95%	141.19	141.19	139.46	139.46	137.73	137.73	135.66	135.66	132.96	132.80
Зимний50%	140.53	140.50	138.93	138.90	137.13	137.10	134.89	134.80	-	-

Правила утверждены Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, рассмотрены Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, согласованы территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Станкевич, А.П. Уточнение коэффициентов шероховатости для системы водотоков сейна р. Припяти / А.П. Станкевич // Проблемы Полесья. – 1982. – Вып. 8. – С. 149–155.
2. Станкевич, А.П. Расчет неустановившегося движения воды в системе водотоков с заданными участками / А.П. Станкевич // Сб. Гидравлика открытых русел. – М.: ВНИИП. 1984. – С. 35–39.
3. Рогуневич, В.П. Автоматизация математического моделирования движения воды и протекания в системах водотоков / В.П. Рогуневич. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 263 с.

УДК 556.551

**Н.Г. ЛЕБЕДЕВ, Е.В. ЛОГИНОВА**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗЕР РЯДА РАЙОНОВ ВИТЕБСКОЙ БЛАСТИ**

The hydrochemical water quality of lakes some districts of Vitebsk region (Ushachy, Lubokoye, Lepel, Polotsk and Verkhnedvinsk) is analyzed in the article, as well as the criteria of water quality of lakes these districts are discussed.

Качество воды определяется совокупностью ее свойств, обусловленных характером и концентрацией содержащихся в ней примесей. Поступающие в озера загрязнения вызывают в них нарушение естественного равновесия. Способность водоема противостоять этому нарушению составляет сущность процесса самоочищения. Гидродинамическое разбавление и смешение незагрязненных низкоминерализованных стоков с водой водоема способствует самоочищению водных объектов, но не спасает полностью водоем от загрязнения, так как многие соединения (нефтепродукты, ПАВ, тяжелые металлы и др.), в результате накопления их в донных отложениях создают опасные очаги вторичного загрязнения воды не только веществами, сконцентрированными на дне, но и продуктами их превращения, которые могут оказаться более токсичными, чем исходные.

Для установления допустимых на водоем нагрузок, с целью его защиты от загрязнения, разработаны, своего рода, нормативные экологические стандарты – предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. ПДК – основной гигиенический критерий, положенный в основу современного водного законодательства. В настоящее время не существует более информативных и простых критериев качества воды, чем критерии ПДК, однако, в связи с вышесказанным, представляется перспективной разработка так называемых "экологических" критериев для более полной оценки качества как питьевой воды, так и качества воды водоемов различных категорий водопользования. Единых общегосударственных норм качества используемой воды и воды в источнике водоснабжения в бывшем СССР не было разработано, но для каждого конкретного вида использования возможно определить ее пригодность или непригодность. В нашей республике качество поверхностных вод нормируется для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Вода озер Ушачского района, согласно гидрохимическим показателям, относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе составляет от 59 до 66 %, ионов кальция – от 16 до 18 %, хлоридов – от 4,5 до 7 %, сульфатов – от 3,5 до 6,5 %. Общая минерализация воды повышенная (213 до 314 мг/л).

Концентрации биогенных веществ высокие. Так, превышение над ПДК содержания азота аммонийного превышает ПДК в от 1,9 раза в озере Мено до 3,8 раза в озере Вечелье (в воде озера Матырино и Ореховно содержание оказалось ниже предельно допустимого), азота нитритного составляет от 2 ПДК в озере Матырино до 5 раз в озере Мено (ниже нормативных – только в озере Вечелье). Отмечается также повышенное содержание фосфатов до 0,4 мг/л в озере Мено, что превышает установленные нормативные показатели в 4 раза.

Активная реакция воды озер – от слабо кислой (6,20 – Ореховно) до слабо щелочной (8,0 – Вечелье). Летом водородный показатель может изменяться от нейтральной до щелочного.

По цветности исследованные озера района можно подразделить на две группы: небольшой цветностью (до 30 градусов – Вечелье и Матырино) и с повышенной цветностью (70–80 градусов – Ореховно и Мено).

Однако в местах сбросов сточных вод качество воды резко ухудшается. Так, например, в районе сброса со свинокмплекса на озере Мено концентрация азота аммонийного выше ПДК в 9 раз, азота нитритного – 12 раз, фосфатов – в 4,4 раза.

За время, прошедшее со времени первого обследования озер, в качественном составе воды произошли существенные изменения – значительно возросла общая минерализация, уменьшилась роль гидрокарбонатов в солевом составе воды, увеличилась доля хлоридов и сульфатов при значительном увеличении абсолютного содержания этих элементов солевого состава.

Вода исследованных озер Глубокского района гидрокарбонатного класса, кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе составляла от 47,8 до 51,8 %, ионов кальция – от 13 до 15 %, хлоридов – от 8 до 13 %, сульфатов – от 7 до 9,5 %. Общая минерализация воды повышенная и высокая (до 500,83 мг/л). Содержание питательных веществ очень высокое: концентрация азота аммонийного превышает ПДК в 2,5–3,4 раза, азота нитритного – в 3–9 раз, высокие концентрации нитратов и фосфатов. Показатели ХПК и БПК также превышают установленные нормативы.

Активная реакция воды слабо щелочная, летом щелочная. Прозрачность воды очень низкая, цветность повышенная. Отмечается высокое содержание железа в воде. Все это позволяет говорить о неудовлетворительном качестве воды озер.

С момента первого обследования состояние водоемов претерпело значительные изменения. Так, роль гидрокарбонатов в солевом составе воды уменьшилась, роль сульфатов и хлоридов, наоборот, возросла, резко снизилась прозрачность воды. Отмечено понижение содержания растворенного кислорода в верхних слоях воды.

Вода озер Лепельского района по своему химическому составу относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе составляет от 48,1 до 69 %, ионов кальция – от 1,6 до 15,8 %, хлоридов – от 4,0 до 14,4 %, сульфатов – от 3,4 до 8,3 %. Общая минерализация воды, в основном, повышенная, за исключением озера Бобрица со средней минерализацией.

По содержанию биогенных веществ можно выделить две группы водоемов: низкими концентрациями этих соединений (Бобрица, Матырино) и озера, где наблюдаются превышения ПДК по отдельным показателям. Так, в озере Лепельское отмечаются повышенные концентрации азота аммонийного и нитритного в загрязняемом плесе (выше ПДК) и высокое содержание нитратов. В воде озера Лядно отмечаются превышения практически по всем показателям, характеризующим биогенное загрязнение, кроме содержания нитратов (по нитритному азоту в 2,1 раза, по фосфатам в 2,9 раза, по аммонийному азоту в 1,3 раза). Концентрация нитратов также достаточно высока. Высокие концентрации нитратов и нитритов отмечаются также в воде озера Островки.

Активная реакция воды в основном слабо щелочная, кроме не загрязняемого плеса озера Лепельское и озера Лядно, где она является нейтральной. Цветность практически во всех исследованных озерах средняя, прозрачность невысокая или низкая. Исключение составляет мезотрофное озеро Бобрица, где прозрачность воды остается высокой, цветность – низкой.



Однако за 15–30 лет произошли существенные изменения в качестве воды озер – снизилась общая минерализация воды, уменьшалась роль гидрокарбонатов в солевом составе воды, усилилась роль сульфатов и хлоридов, уменьшилась прозрачность воды, увеличилось содержание биогенных веществ. Особенно существенные изменения произошли в 70–80-е годы, когда изменения в химическом составе воды были более существенными. Особенно сильно ухудшилось экологическое состояние озера Лядно, где роль сульфатов и хлоридов в солевом составе воды увеличилась с 4,6 до 21 %, резко увеличились концентрации биогенных веществ.

Вода озер Полоцкого района по химическому составу относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе составляет от 57 до 74,5 %, ионов кальция – от 13,5 до 16 %, хлоридов – от 3,3 до 5,7 %, сульфатов – от 0,6 до 10,8 %.

По минерализации воды изученные озера можно подразделить на две группы: соленей (Дохнарское и Званое) и повышенной минерализацией воды (Ореховно, Расно, Солонец). Активная реакция воды нейтральная (Дохнарское, Ореховно, Расно) и слабощелочная (Званое, Солонец). В некоторых озерах в связи с особенностями их питания отмечаются высокие концентрации соединений железа. Особенно большое содержание железа отмечается в воде озер Дохнарское и Солонец. Цветность средняя (Званое, Солонец), высокая (Ореховно, Расно) и очень высокая (Дохнарское), прозрачность в основном низкая и очень низкая.

Загрязнение воды озер Полоцкого района биогенными веществами достаточно высоко: кроме озера Званое, во всех водоемах прослеживаются концентрации соединений азота, превышающие ПДК. Так, например, превышение над ПДК по аммонийному азоту в воде озера Дохнарское составляет 2,2 раза, Ореховно – 1,05 раза, Расно – 2,4 раза, Солонец – 2 раза. Предельно допустимые концентрации нитритов в воде озера Солонец превышены в 17,5 раза (!), что указывает на серьезное загрязнение соединениями азота. Прослеживается также загрязнение органическими веществами – ПДК химическому потреблению кислорода превышены практически во всех озерах, кроме озера Ореховно (от 1,7 раза в озере Званое до 2,4 раза в озере Расно). Кроме того, отмечены высокие величины БПК в озере Званое (выше ПДК в 1,2 раза).

Химический состав воды озер за время, прошедшее после первого обследования, существенно изменился. Изменения были аналогичны таковым в озерах других районов Беларуси, охваченных исследованиями, – возросла минерализация воды, уменьшилась роль гидрокарбонатов в солевом составе воды с соответственным увеличением роли сульфатов и хлоридов, уменьшилась прозрачность воды. Кроме того, в озере Дохнарское отмечается резкий рост (в несколько раз) концентраций биогенных веществ, а также появление дефицита кислорода в воде. Стоит также отметить факт крайне высоких концентраций некоторых форм азота в воде озера Солонец с резким ростом этих показателей в срок, прошедший со времени первого обследования озера.

Вода озер Верхнедвинского района по химическому составу классифицируется в класс гидрокарбонатного класса кальциевой группы. Доля гидрокарбонатного иона в солевом составе воды составляет от 65 до 71 %, ионов кальция – от 14,1 до 20 %, хлоридов – от 4,4 до 7,8 %, сульфатов – от 1,6 до 3,4 %. Общую минерализацию воды озера Верхнедвинского района можно охарактеризовать как среднюю, однако озеро Белое (Борплесы) выделяется очень низкоминерализованной водой (до 80 мг/л).

Активная реакция воды слабо щелочная, в озере Изубрица – нейтральная. Показатели прозрачности воды низкий или средний, причем озера с низкой прозрачностью воды либо получают в составе водного питания болотную воду, богатую органическим веществом, как Освейское, либо потеряли часть своего природного потенциала,

как Изубрица. Цветность воды в основном средняя, однако по цветности выделяется озеро Белое (Котлярово) со слегка повышенным показателем цветности.

По уровню содержания биогенных элементов озера можно отнести к эвтрофным и только озеро Белое (Доброплесы) отличается низким содержанием всех форм азота и фосфатов. Превышений предельно допустимых концентраций не много – по азоту аммонийному (в 1,3 раза) в озерах Изубрица и Лисно.

За годы, прошедшие с первого обследования, качество воды озер изменилось. Если озеро Белое (Доброплесы) осталось достаточно чистым и изменения коснулись лишь небольшого увеличения минерализации воды за счет хлоридов, увеличения цветности и уменьшения прозрачности воды, то в озере Белое (Котлярово) изменения были более заметными: резко выросло содержание хлоридов и органического вещества, в озере Изубрица изменения концентраций биогенных веществ были еще более резкими (содержание азота аммонийного увеличилось в 6 раз). Качество воды озера Освейское по некоторым показателям даже улучшилось.

УДК 519.216.3: 551.435.31:627.8

**В.Е. ЛЕВКЕВИЧ<sup>1</sup>, Э.И. МИХНЕВИЧ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт экономики НАН Беларуси, г. Минск

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ ДАМБ И ПЛОТИН И ЕСТЕСТВЕННЫХ БЕРЕГОВЫХ СКЛОНОВ В УСЛОВИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ**

In this article describes the laws that establish the relationship of processes and development of coastal in reservoirs Belarus allowing for the catchment, eroded soils, hydrological artificial water bodies, which allow the enlarged scale of assessment and forecast of siltation and formation of the coast artificial water bodies.

В настоящее время на территории Беларуси находится в эксплуатации около 100 водохранилищ. Как правило, это водные объекты преимущественно руслового типа. Срок эксплуатации водоемов составляет в среднем от 10–20 лет до 30–55 лет. Расположены водохранилища по территории республики крайне неравномерно. Наибольшее их количество находится в бассейне р. Днепр и р. Припять (более 80 единиц). Они имеют соответственно суммарную площадь 834 км<sup>2</sup> и полный объем 3,1 км<sup>3</sup>, их общего количества 76,2% приходится на малые водохранилища, небольшие ставялки 19,2%, средние – 4,6%. Более половины малых водохранилищ (53%) имеют объём 1–2 млн.м<sup>3</sup>.

Как известно, после создания водных объектов в береговой зоне начинают активизироваться ряд процессов, в частности эрозивно-абразионные. Этот процесс наиболее активно протекает в зависимости от характера колебания уровней и ветровых волнения в первые 5–10 лет (группа водохранилищ №1) после ввода в эксплуатацию и до 15–25 лет (группа водохранилищ №2). Все водохранилища республики подразделяются на 2 группы по колебанию уровней в верхнем бьефе в безледный период: группа №1 – это водоемы, имеющие амплитуду колебания уровней до 0,5 м; группа №2 – это водоемы, имеющие амплитуду колебания уровней более 0,5 м (до 1,5 м).

Исследованиями, проведенными авторами, было установлено, что на водохранилищах руслового типа проявление русловой эрозии характерно как для верхнего, так для нижнего бьефов. Наибольшая эрозия берегов наблюдается в центральной и средней частях Беларуси (водохранилища Лепельское, Заславское, Петровичское и др.). На водохранилищах выделяются несколько характерных гидрологических зон, где наблюдается развитие береговых процессов, которые отличаются по видам, интенсивности и масштабам.

В ряде работ (Широков В.М., Левкевич В.Е., Лопух П.С.) отмечается, что у водоемов руслового типа ярко выражены три гидродинамические зоны. Наблюдения показывают, что на водохранилищах руслового типа наибольшая интенсивность переработки происходит на береговых склонах, находящихся в приплотинной части – наиболее широком месте водоема. Деформация и разрушение коренных берегов, так же как и обрушение верховых незакрепленных откосов дамб и плотин, происходит за счет комплексного ветроволнового воздействия и колебания уровней воды. Общая протяженность разрушаемых склонов, по современным оценкам, составляет приблизительно 25–40% всей береговой длины водоема и около 50% протяженности дамб и плотин. В верховой части водохранилищ наблюдается подтопление и заболачивание территории, а в некоторых случаях и проявление русловой эрозии. В средней зоне разрушение береговых склонов происходит за счет совместного ветроволнового воздействия и стоковых течений, что ведет к переносу и развитию аккумулятивных форм на определенных участках побережья.

Развитие процесса абразии в условиях водохранилищ страны достаточно удовлетворительно аппроксимируется степенной функцией вида:

$$Y_i = f(t) - b. \quad (1)$$

В зависимости от морфологии берегового склона, грунтов, образующих коренной берег, а также гидрологического режима водоема, формула (1) может иметь ряд модификаций.

Берегоформирование имеет несколько стадий: 1) стадия резкой активизации береговых процессов, вызванных изменением уровня; 2) стадия затухания процесса абразии – переформирования; 3) стадия стабилизации береговой линии. При переходе к стадии устойчивости и динамики береговой линии в плане, было принято, что береговая линия в идеальных условиях (Зенкович В.П., 1962) представляет собой кривую с редованием мысов и заливов. Одним из условий устойчивости береговой линии водохранилища в плане, соответствующем стадии равновесия, является выражение  $L_{бр} = \text{Лакк}$ , где  $L_{бр}$  – протяженность абразионных и аккумулятивных берегов соответственно.

По величине коэффициента устойчивости  $k_p = L_{бр} / \text{Лакк}$  можно судить о состоянии стадии развития береговой линии. При  $k_p \rightarrow 1$  береговая линия стремится к равновесию. В случае  $k_p > 1$  – преобладает абразионное выравнивание склонов. В связи с тем, что коэффициент  $k_p$  пропорционально связан с величиной  $k_{из}$ , общее и обязательное условие равновесной береговой линии может быть представлено следующим образом:

$$\text{Лакк} / L_{бр} = k_p \rightarrow 1; \quad (2)$$

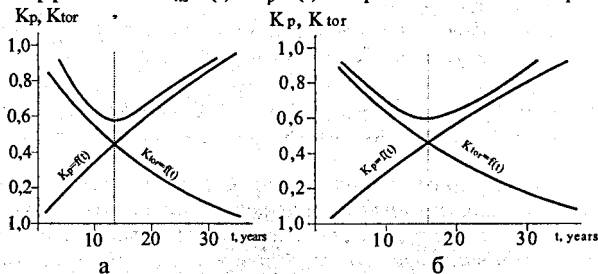
$$L_1 / L_2 = k_{из} \rightarrow 1,$$

где  $L_1, L_2$  – длина по кратчайшей прямой и реальной береговой линии соответственно. При увеличении  $k_p$  от начального значения  $k_p \rightarrow 1$ , наблюдается изменение  $k_{из}$ , т.е. происходит переход от криволинейной, синусоидальной кривой к прямолинейной за счет уменьшения длины прогиба дуги  $\Delta L_i$ , соответствующей линейной переработке мыса  $\Delta S_i$ . Соответственно с возрастанием времени  $t$  величина  $\Delta S_i$ , а равно-

значно и  $\Delta L_i$ , стремятся к 0. Между размывом мысов и занесением заливов материалом переработки берегов, перемещающимся вдоль береговой линии под действием ветрового волнения и течений (Михневич Э.И., Максимчук В.Л., Левкевич В.Е.), характеризующихся величинами  $L_{ак}$  и  $L_{бр}$ , должно соблюдаться соотношение (1), так как с возрастанием  $L_{бр}$  происходит увеличение  $L_{ак}$ . В идеальных же условиях их рост должен наблюдаться синхронно. Однако в натуре, как показали исследования, в этом процессе наблюдается значительная асинхронность, что объясняется формированием равновесного профиля в первые 3–5 лет, когда часть материала переработки берегового склона  $\Delta Q$ , поступающего в береговую зону водоохранилища, идет на образование береговой отмели (подводной составляющей), а часть выносится в акваторию водоема. На более поздних стадиях (более 10–15 лет существования водоема при сформировавшейся береговой отмели) происходит развитие вдольбереговых потоков наносов, где преобладает вдольбереговая составляющая, т.е. транзит. Тогда уравнение береговой линии на стадии равновесия, соответствующей конечному периоду ( $t_k$ ), представляется в виде:

$$\int_{t_n}^{t_k} (\sum Q_{акк} + dQ_{акк}) dt = \int_{t_n}^{t_k} (\sum Q_{абр} + dQ_{абр}) dt \pm \Delta Q_{абр}, \quad t_n = 0 \quad t_0 = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3) справедливо при соблюдении условий  $k_{рп} > k_{рн}$ ;  $k_{изк} < k_{изн}$ , где  $k_{рп}$ ,  $k_{изн}$ ,  $k_{рн}$ ,  $k_{изк}$  – значения коэффициентов на начальный  $t_n$  и конечный  $t_k$  периоды соответственно. Изменение коэффициентов  $k_{изн} = f(t)$  и  $k_{рп} = f(t)$  во времени показано на рис. 1.



а – аккумулятивная асимметрия б – абразионная асимметрия  
Рисунок 1 – Изменение коэффициентов  $k_{изн} = f(t)$  и  $k_{рп} = f(t)$  во времени

Участок графика  $t_0 - t_1 = \Delta t_1$  характеризует стадию абразионного выравнивания,  $t_1 - t_2 = \Delta t_2$  – стадию аккумулятивного формирования. Асимметрия графика говорит о доминировании первого или второго процесса во времени и зависит от режима поступления материала переработки в чашу водоохранилища и питания потока наносов  $\Delta Q_{абр}$  с учетом формы берегового склона. Для берега приглубокой формы  $H/\lambda > 2$ , где  $H$  – глубина у берега,  $\lambda$  – длина волны 1 % обеспеченности, характерна абразионная асимметрия (рис. 1.а), для отмелей – аккумулятивная (рис. 1.б). Представленный график характерен и для деформаций грунтовых откосов дамб и плотин.

Таким образом, на созданных в различных районах республики водоохранилищах при изменении гидрологических условий нарушается устойчивость береговой линии, активизируются экзогенные явления на берегах, в ходе абразионных и аккумулятивных процессов вырабатывается профиль равновесия береговой линии, соответствующий новому положению уровня воды в водоеме, что ведет, в итоге, к стабилизации береговых деформаций.

УДК 556.16 (476)

**П.С. ЛОПУХ**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск

## **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОБОСНОВАНИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ**

The basic theoretical principles of natural water reservoirs after the emergence of "ackwater effect". Of their development should be considered at the stage of their design and construction.

В Беларуси насчитывается около 200 малых водохранилищ различных по типу формирования образующих их котловин и характеру наполнения, возрасту эксплуатации и размерам, специфике формирования экосистем. Условно к водохранилищам относятся искусственные водоемы с объемом около одного миллиона литров и выше. Такое разделение является весьма условным и не отражает реальных особенностей развития их природы. Более того, при проектировании и строительстве водохранилищ учитывают особенности развития их природы.

При проектировании водохранилища планируются в первую очередь общие объемы, площадь, параметры батиметрической и объемной кривых, которые рассчитываются с учетом местоположения подпорного сооружения и топографии затопляемой территории. Сопутствующим расчетом является определение величины испарения с поверхности водной акватории и потерь на фильтрацию через тело плотины, также устанавливается вид регулирования и диспетчерский график регулирования стока. Указанные параметры определяют режимные гидрологические характеристики, но не особенности развития внутриводоемных процессов, которые являются основными факторами эволюционного развития водохранилищ.

Главная отличительная особенность проектирования водохранилищ – отсутствие практики применения теории развития их природы, как самостоятельной природно-технической системы. Основная причина такой ситуации в отсутствии реальной теории развития природы водохранилищ.

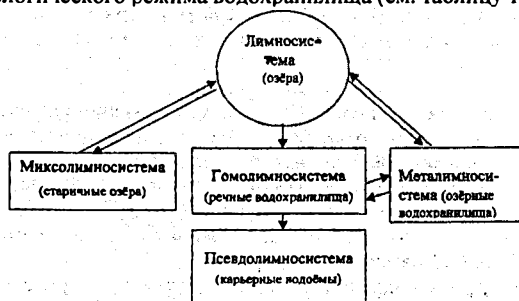
На протяжении 30–40 последних лет проводились разносторонние комплексные исследования водохранилищ Беларуси, которые позволили в общих чертах наметить основные положения теории эволюционного развития малых речных водохранилищ. Основные положения теории сводятся к следующим теоретическим заключениям.

Отличительной особенностью водохранилищ является их особое положение среди других водных объектов с замедленным водообменом. Речные водохранилища и пруды рассматриваются как гомолимносистемы, озерные водохранилища – как металимносистема, карьерные водоемы – как псевдолимносистема (рис. 1). Каждому из перечисленных типов лимносистем соответствует уровень самоорганизации.

Эволюционное развитие искусственных водных экосистем (водохранилищ, прудов, карьерных водоемов) происходит асинхронно и ускоренно по стадиям, адекватным классическим стадиям развития лимносистем. Стадии становления стабилизации и зрелости стадий и отмирания или перерождения искусственных экосистем соответствуют стадиям юности, молодости, зрелости и старости, установленные для озер. Завершение эволюционного развития природных и искусственных экосистем сопровождается формированием нового типа водных объектов с замедленным водообменом – формированием болот, болотных массивов с развитым руслом реки как реализация эквивалентного принципа развития водных ландшафтов.

Толчком для формирования искусственной гидрэкосистемы является «эффект застоя», служащий первопричиной замедления стока и возникновения гидрэкосис-

стем различного типа. Следствием возникновения нового водоема является динамичное развитие комплекса природных (унаследованных) и новых (приобретенных) процессов внутри качественно новой гидрозкосистемы. Поэтапное развитие гидрозкосистемы как природно-антропогенного образования – это последовательное стадийное развитие ряда внутриводоемных процессов, которые определяют общее развитие природы и гидрологического режима водохранилища (см. таблицу 1).



*Рисунок 1 – Положение искусственных водоемов среди гидрозкосистем разного уровня саморегуляции*

Непрерывность во времени берегового процесса – следствие гидродинамических условий внутри водоемов и проявление закона дифференциации минерального и органического вещества в конкретных гидродинамических условиях. В результате них формируются новые элементы котловины и грунтовые комплексы ложа.

Берега и ложе развиваются по закономерным этапам и стадиям (становления, стабилизации и отмирания), адекватным стадиям эволюции гидрозкосистемы в целом.

Динамически устойчивая пространственно-временная система характеризуется следующими признаками устойчивости береговой линии:

- Постоянство вдольберегового потока наносов и энергии.
- Устойчивые уклоны подводной и надводной частей профиля берегов.
- Постоянная глубина на свале глубин подводной части профиля берега.
- Формирование устойчивого прибрежного микро рельефа мелководной зоны.
- Устойчивая система береговой линии с определенной извилистостью.

Формирование ложа является следствием сложившихся устойчивых и неустойчивых условий формирования грунтовых комплексов. Устойчивая система грунтовых комплексов в малых водохранилищах формируется к концу второго десятилетия эксплуатации (стадия занесения ложа). Вторая стадия заиления сопровождается механической и химической дифференциацией органико-минеральных веществ преимущественно автохтонного происхождения. Завершающая стадия эволюции водохранилища происходит в устойчивых гидродинамических условиях, отличается торфообразованием и торфонакоплением. В эволюционном ряду заиления ложа выделяются: скальный этап осадконакопления, силикатно-органический и органический.

Дифференциация водной растительности по времени происходит в четыре стадии: заселения или начального формирования, устойчивого состояния, полного зарастания и трансформации (замены) водной растительности на болотную. Генетический ряд развития поясов формирующейся растительности имеет вид: несформировавшийся пояс с фрагментами различных групп растительности, пояс с фрагментами зарастания, пояс сплошного зарастания, сплавинный (трясинный) пояс.

Таблица 1 – Соотношение стадий развития отдельных процессов и эволюции малых водохранилищ

Стадии эволюции водохранилища	Стадии развития отдельных процессов					
	формирования берегов	общего гидрологического режима	заилнения озера	зарастания ложа)	формирования биотопов	уровня трофности водоема
Становления	Становления	Неустойчивого гидрологического режима	Занесения	Расселения водной растительности (начальная)	Становления грунтов (пионерная)	Слабо-эвтрофный, эвтрофный
Стабилизация	Стабилизация	Устойчивого гидрологического режима	Занесения	Устойчивого состояния	Стабилизация биотопов, ненасыщения	Высоко-эвтрофный
Озеровидная	Стабилизации	Устойчивого гидрологического режима озероподобного водоема	Занесения	Устойчивого состояния	Устойчивой экосистемы (насыщения)	Высоко-эвтрофный
Отмирания или перерождения в болотный массив	Отмирания	Неустойчивого гидрологического режима (переходный от режима замедленного водообмена к режиму болот, частично к транзитному речному)	Постепенного перехода от процесса заилнения к заболачиванию (торфонакопления)	Полного зарастания ложа, замены водной растительности на болотную	Трансформация экосистемы в болотную, постепенной замены гидробионтов (климакса)	Дистрофный

На стадии устойчивого зарастания в речных водохранилищах происходит зарастание ложа по схеме с формированием характерных участков (фрагментарного, сплошного и сплошного зарастания), характеризующихся четко выраженными типами поясности растительных группировок (типами поясности), отражающих временную пространственную дифференциацию высшей водной растительности.

Современная роль искусственных водоемов в формировании природных антропогенных ландшафтов существенно велика. Только за счет создания водохранилищ озёрность территории Беларуси увеличилась почти в 2 раза и приблизилась к 2 %. В круг водохранилищ создаются новые природные ландшафты, которые порой являются доминирующими.

Выявленные закономерности формирования малых речных водохранилищ освещаются на многолетних исследованиях различных внутриводоемных процессов в условиях Беларуси. Как наиболее общие закономерности, их следует рассматривать как законы становления, формирования и развития искусственного водоема. Их роль существенно важна для практики строительства и эксплуатации, так как они определяют скорость необратимых процессов, протекающих в пределах их акватории, и верхнего бьефа, и определяют сроки наиболее эффективного использования их природно-ресурсного потенциала. Игнорирование процессов заиления и зарастания малых водохранилищ отрицательно сказывается на эксплуатационных характеристиках и сроках эффективного использования.

Приведенные материалы свидетельствуют о необходимости учета уже на стадии проектирования водохранилищ не только абиотических, но и биотических факторов выработки необходимых регламентирующих документов для проектантов. Это возможно достигнуть в союзе гидротехников, инженеров-проектировщиков и природоведов путем создания необходимой регламентирующей документации. В этом направлении кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии ведутся необходимые исследования, выработаны нормативные документы по созданию озерных водохранилищ и прогнозированию процесса зарастания ложа речных.

УДК 631.432:626.86

**С.К. МАТУС**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина

### **РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДОРЕГУЛИРОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНО-ЛАНДШАФТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ПО МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПУ**

The evaluation of the level of priority and impact of climate, terrain-tion and technolofactors on the conditions of formation of the water regime of productivity and drained land showed that the relief factor significantly prevails over the climatic factors and land reclamation

**Введение.** Сложность изучения формирования водного режима осушаемых земель обусловлена тем, что в природе под влиянием различных факторов происходит наложение временной изменчивости влажности и уровня грунтовых вод (УГВ) пространственную, существенно затрудняющее оценку того или иного вклада изменчивости в общую дисперсию влагосодержания. Задача намного усложняется, когда мы имеем дело с территориями, на которых выполняется регулирование водного режима. В этом случае на естественную изменчивость влажности почвы накладываем



огочисленные дополнительные факторы, характеризующиеся, как правило, сильно стационарным режимом (испарение, инфильтрация, перераспределение влажности почвы и уровня грунтовых вод под влиянием рельефа и др.) и плохо поддающиеся ему. Многие из этих факторов коррелируют друг с другом, однако эта взаимозависимость также непостоянна во времени и пространстве. Все это снижает точность и фактивность оперативного управления водорегулированием на осушаемых землях. Самым не позволяющим реализовать современные принципы аграрного производства заключающаяся в реализации точного земледелия.

В связи с вышеизложенным, следует отметить, что наибольшую динамичность влажности, соответственно и уровня грунтовых вод, наряду с климатическими условиями, определяет неравномерность рельефа осушаемых массивов. Г.И. Афанасик [1] одним из первых заговорил про большую динамичность УГВ по всей площади системы. В понижениях местности может иметь место выход грунтовых вод на дневную поверхность, а в повышениях глубина залегания грунтовых вод значительно превышает норму осушения. Большая амплитуда колебаний уровней воды ведет к чрезмерному иссушению и переувлажнению почвы, что негативно влияет на урожай. Такие условия формирования рельефа требуют проектирования дополнительных гидротехнических сооружений, которые, в свою очередь, увеличивают стоимость мелиоративной системы, но не всегда от возможности достичь поставленной цели. Анализ существующих объектов показывает, что уже при уклоне 0,002 не обеспечивается необходимый уровень влагообеспеченности сельскохозяйственных культур при применении предупредительного и увлажняющего шлюзования на значительной части осушаемых земель.

Очевидно, что нужно проводить оценку неравномерности рельефа осушаемых массивов, которая, в свою очередь, влияет на формирование неравномерности водно-режима осушаемых земель.

Следовательно, на основе вышеприведенных особенностей формирования водно-режима следует выделять площади осушаемого массива, на которых мелиоративная система будет эффективно работать в режиме осушения, предупредительного шлюзования или подпочвенного увлажнения. В связи с этим, к эффективно регулируемой следует относить только ту площадь, где реально возможно повлиять на водный режим почвы изменением уровней грунтовых вод.

Примером наилучшей реализации такого подхода является оценка работы осушительно-увлажнительной системы на основе *природно-ландшафтной дифференциации рритории по модульному принципу управления*. При этом вся площадь системы делится на участки, так называемые модули, характеризующиеся минимальными изменениями по рельефу, в соответствии с расположением регулирующих сооружений и возможностью автономного управления уровнями грунтовых вод.

Согласно [2], главными критериями, определяющими площадь автономных модулей, являются уклон поверхности земли и равномерность поддержания заданного уровня грунтовых вод, минимизация количества регулируемых сооружений и длины дренаж-коллекторной сети.

Северо-западный регион Украины характеризуется, в основном, избыточным увлажнением и требует, по климатическим условиям в определенных допустимых пределах, осушения [3]. Осушению подлежат далеко не все массивы сельскохозяйственных угодий, а только те, которые в силу естественного географического положения (плоты, заводи рек, естественные понижения, и т.п.) являются непригодными или малопригодными для выращивания сельскохозяйственных культур без осушения.

Создание необходимого водно-воздушного режима на осушаемых землях достигается, в первую очередь, активным водорегулированием, улучшением водных физических свойств почвы. На выбор способа водорегулирования определяющее влияние оказывают: природно-климатические, рельефные и грунтово-мелиоративные условия; виды и структура посевов сельскохозяйственных культур; тип, конструкция ГМС, ее водообеспеченность и т. п.

Согласно исследованиям А.Н. Рокочинского [3], представлены способы водорегулирования осушаемых земель по принципу их действия, влияния на режим влажности почвы и уровня грунтовых вод, а также основными техническими характеристиками и параметрами (нормами осушения, элементами техники увлажнения), схематизированы и представлены в виде совокупности  $S = \{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$  ( $n_s = 6$ ): осушение,  $s = 1$ ; предупредительное шлюзование,  $s = 2$ ; непрерывное увлажнительное шлюзование длительным подпором уровней воды,  $s = 3$ ; периодическое увлажнительное шлюзование (циклическое подпочвенное увлажнение),  $s = 4$ ; орошение дождеванием на фоне осушения,  $s = 5$ ; орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования,  $s = 6$ .

**Основная часть.** С учетом особенности формирования водного режима и водорегулирования осушаемых земель была выполнена схематизация природно-климатических, рельефных и мелиоративных условий формирования водного режима почв на исследуемом объекте с последующей статистической обработкой исследуемых показателей общепринятыми методами с целью определения средних значений ( $\bar{X}$ ), размаха варьирования ( $X_{\min} \dots X_{\max}$ ), дисперсии или стандартного отклонения ( $S_x$ ), доверительного интервала ( $t_{0,5} \cdot S_x$ ) и ошибки выборочных средних ( $S_x$ ).

Для оценки изменения водного режима осушаемых земель под воздействием климатических, рельефных и технологических факторов был использован многомерный статистический анализ. Получена сравнительная характеристика влияния рельефа местности на формирование режимов УГВ ( $H_g$ , м), влажности ( $wh$ , % ПВ – в полевой влагоемкости) и урожая многолетних трав (сено) ( $Y_t$ , ц/га) по материалам многолетних наблюдений на двух участках системы (№ 2 и № 12), разделенных по рассмотренным схемам относительно климатических условий периодов вегетации

$p = \overline{1, n_p}$ , а также исследуемых способов водорегулирования осушаемых земель  $s = \overline{1, n_s}$  ( $n_s = 3$ ), (табл. 1, 2).

Опытные участки были выбраны на осушительно-увлажнительной системе (ОУ) Сарненской научно-опытной станции Института водных проблем и мелиорации НАН Украины.

Участки № 2 и № 12 имеют общую площадь 3,36 и 12 га с гончарным дренажем. Дрены заложены длиной 150, ... 180 м с уклоном 0,002. Глубина заложения дренажа в среднем 1,0 м.

Участок № 2, при площади в несколько гектаров, отличается незначительными колебаниями отметок поверхности (в основном в пределах 0,1...0,3 м) и принят эталонный (рис. 1).

Участок № 12 представлен более значительными перепадами по рельефу (отметки по поверхности изменяются в пределах 0,6...0,8 м) (рис. 2, а). Данный участок

азделен на три блок-модуля (нижний – блок-модуль 1; средний – блок-модуль 2; верхний – блок-модуль 3), что позволило уменьшить перепады по поверхности поля (1,1...0,3 м) и тем самым обеспечить автономность управления водным режимом на каждом модуле с использованием автоматических регуляторов уровней воды в дренажных колодцах и каналах (рис. 2, б).

На участке № 2 и нижнем блок-модуле 1 участка № 12 грунты представлены торфяными (1,5...3,0 м). Верхний блок-модуль 3 и средний блок-модуль 2 участка № 12 представлены мелкозалежными торфяниками с глубиной залегания торфа 5...1,0 м.

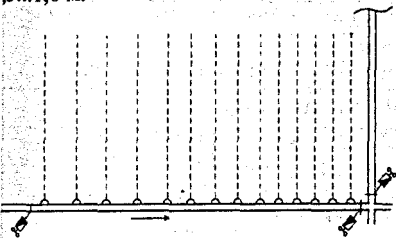
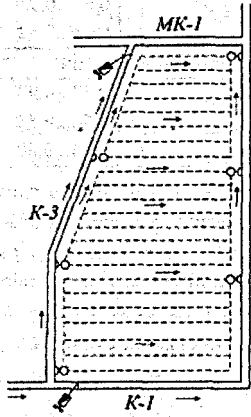
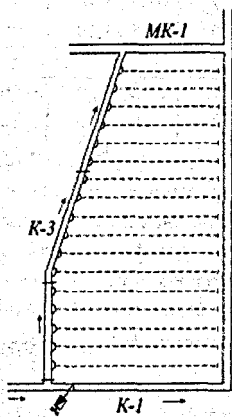
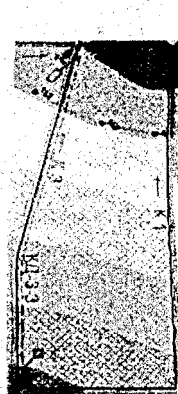


Рисунок 1 – Схема опытного участка № 2 (эталон) на ОУС Сарненской научно-опытной станции



а)

б)

Рисунок 2 – Схемы опытного участка № 12 на ОУС Сарненской научно-опытной станции с развитым рельефом местности (а), с выровненными рельефными условиями, автономными блок-модулями (б)

Приведенные в таблицах 1, 2 данные наглядно характеризуют влияние рельефа местности на формирования водного режима осушаемых земель. Анализ данных позволяет существенное сужение диапазонов варьирования режимно-технологических параметров водорегулирования на автономных блок-модулях, что позволяет системе целом эффективно работать в режиме осушения, предупредительного шлюзования и подпочвенного увлажнения.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика влияния рельефа местности на формирование УГВ в зависимости от влагообеспеченности вегетационных периодов и технологий водорегулирования осушаемых земель

Способы водорегулирования, $S$	Режим УГВ ( $H_g$ ), м					
	участок №2 (эталон)		участок № 12		$\Delta H_g$ , м	$\Delta H_g$ , %
	$X_{min} \dots X_{max}$	$\bar{X}$	$X_{min} \dots X_{max}$	$\bar{X}$		
1. Влажные периоды вегетации, $p = 1,2$ (2003, 2006, 2007, 2008 гг.)						
1	0,59...0,87	0,73	0,58...1,21	0,89	0,16	21,92
2	0,52...0,80	0,66	0,56...1,16	0,83	0,17	25,76
3	0,49...0,77	0,63	0,59...1,02	0,81	0,18	28,57
2. Средние по влажности периоды вегетации, $p = 3$ (2004, 2009 гг.)						
1	0,61...0,92	0,77	0,62...1,30	0,95	0,18	23,38
2	0,57...0,88	0,72	0,60...1,24	0,92	0,20	27,78
3	0,56...0,82	0,69	0,60...1,17	0,89	0,20	28,92
3. Сухие периоды вегетации, $p = 4,5$ (2002, 2005 гг.)						
1	0,65...0,98	0,82	0,66...1,38	1,02	0,20	24,40
2	0,60...0,95	0,77	0,67...1,29	0,98	0,21	27,27
3	0,58...0,82	0,70	0,65...1,19	0,92	0,22	31,42
4. Среднегодовые значения						
1	0,62...0,92	0,77	0,62...1,30	0,96	0,19	24,68
2	0,56...0,88	0,72	0,60...1,23	0,92	0,20	27,78
3	0,54...0,80	0,67	0,61...1,13	0,87	0,20	29,85

Дисперсионный анализ схематизированных природно-климатических, рельефных, мелиоративных условий на 5%-м уровне значимости показал существенность различий между вариантами участков с развитым рельефом местности и с выровненными рельефными условиями за счет автономных блок-модулей. Правомерность применения такого подхода подтверждается результатами выполненного анализа по оценке погрешности опыта, наименьших существенных разностей  $HCP_{05}$ , сопоставление фактических  $F_{\phi}$  теоретического  $F_{05}$  значений критериев Фишера (во всех случаях  $F_{\phi} > F_{05}$ ).

При этом прослеживается достаточно четкая дифференциация значений рассматриваемой совокупности показателей, которые отображают разные стороны условий формирования и выявления сложного природно-техногенного явления, каким является водный режим, в зависимости от способов его регулирования (технологический фактор), влагообеспеченности периодов вегетации (природно-климатический фактор) и разных рельефных условий (рельефный фактор). В связи с этим, важным и актуальным с точки зрения оценки экологической эффективности реализации гидромелиораций вообще является вопрос определения доли влияния каждого фактора на условия формирования водного режима осушаемых земель. Такая оценка выполнена нами в аналогии с методикой А.Н. Рокочинского [3].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика влияния рельефа местности на формирование УГВ в зависимости от влагообеспеченности вегетационных периодов и технологий водорегулирования осушаемых земель

Способы водорегулирования, $S$	Режим УГВ ( $Hg$ ), м					
	участок №2 (эталон)		участок № 12, блок-модуль 1		$\Delta Hg$ , м	$\Delta Hg$ , %
	$X_{min} \dots X_{max}$	$\bar{X}$	$X_{min} \dots X_{max}$	$\bar{X}$		
1. Влажные периоды вегетации, $p = 1,2$ (2003, 2006, 2007, 2008 гг.)						
	0,59...0,87	0,73	0,58...0,85	0,72	0,01	1,37
	0,52...0,80	0,66	0,55...0,79	0,67	0,01	1,51
	0,49...0,77	0,63	0,55...0,76	0,66	0,03	4,76
2. Средние по влажности периоды вегетации, $p = 3$ (2004, 2009 гг.)						
	0,61...0,92	0,77	0,57...0,90	0,74	0,03	3,90
	0,57...0,88	0,72	0,60...0,89	0,75	0,03	4,17
	0,56...0,82	0,69	0,60...0,86	0,73	0,04	5,80
3. Сухие периоды вегетации, $p = 4,5$ (2002, 2005 гг.)						
	0,65...0,98	0,82	0,68...1,02	0,85	0,03	3,66
	0,60...0,95	0,77	0,65...0,97	0,81	0,04	5,19
	0,58...0,82	0,70	0,62...0,87	0,75	0,05	7,14
4. Среднегодовые значения						
	0,62...0,92	0,77	0,61...0,92	0,77	0,00	0,00
	0,56...0,88	0,72	0,60...0,88	0,74	0,02	2,78
	0,54...0,80	0,67	0,59...0,83	0,71	0,04	5,97

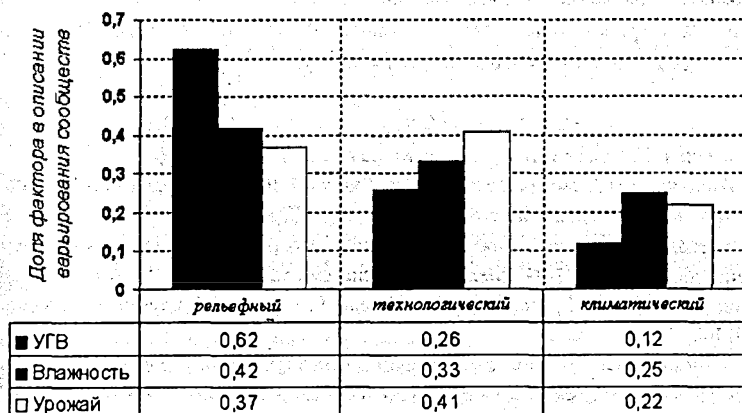


Рисунок 3 – Диаграмма оценки уровня и приоритетности влияния климатического, рельефного и технологического факторов на условия формирования водного режима и продуктивности осушаемых земель

Объективность полученных результатов была рассмотрена через призму дисперсионного анализа на 5%-м уровне значимости для оценки существенности различий между значениями долей влияния климатических, рельефных и технологических факторов. Итоговые результаты оценки уровня и приоритетности влияния каждого факторов на условия формирования водного режима и продуктивности осушаемых земель показаны на диаграмме (рис. 3).

**Заключение.** Полученные данные убедительно свидетельствуют, что неравномерность рельефа осушаемых массивов существенно влияет на формирование неравномерности водного режима осушаемых земель. Тем самым определяет необходимость деления территории системы на автономные блок-модули. Автономное управление водным режимом на каждом участке, с использованием автоматических регуляторов уровней воды в дренажных колодцах и каналах, позволила существенно уменьшить диапазоны варьирования режимно-технологических параметров в пределах каждого модуля.

Проведенная оценка уровня и приоритетности влияния климатического, рельефного и технологического факторов на условия формирования водного режима и продуктивности осушаемых земель показала, что рельефный фактор значительно преобладает над климатическим и мелиоративным факторами. Его доля в описании варьирования сообществ изменяется от 0,37 до 0,62. При этом уменьшение доли влияния рельефного фактора на водный режим напрямую зависит от уменьшения неравномерности рельефа осушаемых массивов за счет реализации модульного принципа управления. Этот принцип обеспечивает рациональное использование дренажного стока, автономное управление водным режимом на каждом отдельном модуле и отвечает современным требованиям земледельцев, что создает необходимые предпосылки для реализации точного земледелия на осушаемых землях.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасик, Г.И. Оперативное регулирование водного режима торфяных почв / Г.И. Афанасик, Пятницкий В.Н., Гончарик В.М., Судас А.С. // Сб. научных трудов Конструкции и методы расчёта мелиоративных систем. – Минск, 1985. – С. 59–63.
2. Рекомендації з проектування осушувально-зволожувальних систем модульного типу. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» / П. Коваленко, М. Яценко, Б. Чалий, О.Тищенко, Л. Ворошнова, Н. Мозоль, Г. Воронай, Н. Стасюк, О. Дробот. – Київ: УкрНІПІМ, 2010. – 34 с.
3. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушувальних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За ред. академіка УААН М.І. Машенка – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

УДК 631.6

**Р.К. МАХАМБЕТОВА, Н.Т. САГЫНДЫКОВА**

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш.Есенова,  
Актау, Республика Казахстан

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ГЕЛИООПРЕСНИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛИЦ» И ОДВОДОМ ВОДЫ К КОРНЕВОЙ СИСТЕМЕ РАСТЕНИЙ**

The possibility of using capillary injection and irrigation systems in the Mangistau region using "heliodesalted greenhouses" and a supply of recycled sea water to the root system of plants and crops are discussed in the article.

Острый дефицит пресных водных ресурсов в Мангистауской области, требует разработки эффективных технологий орошения с возможностью использования морских и гочных водопроводных вод. Одним из путей решения проблемы является применение апельного орошения, обеспечивающего высокую степень равномерности увлажнения почвы, получение ежегодно высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур при значительном снижении эксплуатационных расходов и оросительной воды, а также исключающего деградацию земель и улучшающего защиту окружающей среды. Широкое распространение капельного орошения сдерживается сравнительно высокими капиталовложениями, засоряемостью отверстия капельниц, трудностями использования морской воды из-за высокого содержания солей и др.

Одним из путей решения проблемы использования соленых вод для орошения является создание «гелиотеплиц». Это позволит создать систему орошения без строительства энергообразующих устройств, очистных фильтров и высоконапорных труб, то, несомненно, снизит капвложения. При этом вода будет расходоваться только на ужды транспирации через листовую поверхность растений и ее экономия по сравнению с традиционным орошением составит 85–90 %. Это позволит перейти от «полива почвы» к «поливу растений».

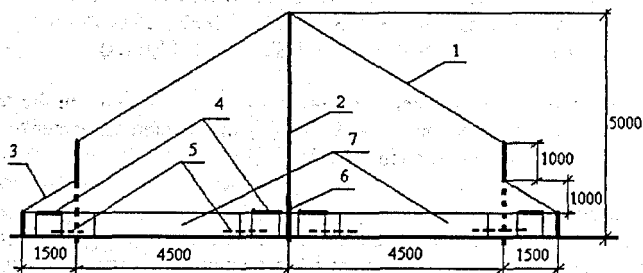
Успешное внедрение гелиосистем позволит фермерам создать автономную систему орошения на малых площадях без строительства дорогостоящих каналов, гидротехнических сооружений, насосных станций и других элементов. Экономичность систем бесспорна. Анализ тенденции развития техники полива во всех странах мира за последние годы убедительно свидетельствуют об интенсивной разработке совершенных оросительных систем нового типа, основанных на непрерывном снабжении растений водой на протяжении вегетационного периода в соответствии с ходом их водотребления. В этом плане особое внимание заслуживает капельное и инъекционное орошение. Основными побудительными причинами создания этих систем явились:

- бурное развитие полимеров, позволяющих перейти к строительству стационарных оросительных систем с густой сетью поливных трубопроводов малого диаметра поливных устройств нужного качества, дающих возможность создания элементов для опреснения морской воды;

- острый дефицит водных ресурсов в Мангистауской области, диктующий необходимость использования утилизированных морских и сточных вод.

В отличие от дождевания, капельное орошение основано на поступлении во малыми дозами в прикорневую зону растений, количество и периодичность пода воды регулируется в соответствии с потребностями растений. Вода поступает ко растениям равномерно и в одинаковом количестве.

Для условий жаркого климата используется культивационное сооружение (рисунок 1) из двухскатных светопрозрачных покрытий из полимерных пленок.



- 1 – скатные прозрачные покрытия; 2 – стойки каркаса из металлических труб диаметром 200 мм; 3 – светопрозрачное покрытие опреснителя морской воды; 4 – устройство для опреснения морской воды; 5 – капельница для распределения в подковую систему опресненной влаги из опреснителя в виде труб; 6 – зеркальные экраны для повышения плотности потока лучистой солнечной энергии на поверхности опреснителя; 7 – грунтовые площадки с посевами (растениями)

**Рисунок 1 – Культивационное сооружение «гелиотеплица» с опреснителями морской воды, для орошения посевов**

Известно, что в видимой области спектра бесцветные полимерные пленки прозрачны на 72–91 %, а в ближней инфракрасной – на 52–89 %. Существенное влияние на оптические свойства пленок оказывает изменение угла падения солнечной радиации на их поверхность, а также увеличение количества их слоев или их комбинация в заполнении светопрозрачных покрытий и ограждений. В потоке лучистой энергии окружающего пространства присутствует длинноволновое излучение, исходящее от источника с температурой, близкой к нормальной температуре окружающего воздуха и охватывающее все длины волн более 3 мкм.

В ночное время длинноволновое излучение небосвода является единственным источником тепловой энергии, приходящей к теплопринимаемой поверхности. Характерная для светового дня система теплообмена «источник облучения–оптическая среда–теплоприемник» в ночное время видоизменяется, и ее можно рассматривать как систему «оптическая среда–теплоприемник». Нагретый теплоприемник в этой системе – источник длинноволнового излучения, а небосвод представляется как абсолютное черное тело при некоторой температуре окружающего пространства.

Теплообмен излучением теплоприемника и среды происходит между двумя изотемпературными поверхностями при температуре источника излучения 50 °С. С точки зрения физической и технологической точек зрения схема парниковой теплицы, в которой под светопрозрачным двухскатным покрытием расположены устройства для опреснения морской воды, где опресненная морская вода стекает в специальные лотки имеющие отверстия-капельницы, для равномерного распределения влаги в прикорневой системе посевов.



Опреснители располагаются непосредственно по обеим сторонам площадок с помоями. В целях увеличения плотности потока воды, поступающей к опреснителям, находящимся внутри теплицы, на центральной опорной стенке предусмотрены зеркальные отражатели высотой 1,5 м, изготовленные из полиэтилентерефталатной металлизированной пленки, имеющей на поверхности функциональное защитное покрытие из алюминия слоем 0,02–0,05 мкм. Коэффициент пропускания металлизированной пленки в видимой и инфракрасной областях равен нулю. В то же время пленка отражает 80–85 % лучистой энергии и обладает способностью поглощать 15–20 % энергии. Пленку целесообразно применять для изготовления зеркальных отражателей для увеличения плотности ее потока на поверхности коллектора-опреснителя. Конструктивно, с точки зрения максимального облучения крайних опреснительных коллекторов-труб, культивационное сооружение снабжено дополнительным светопрозрачным пленочным покрытием 3 (рис. 1).

Коллекторы для опреснения морской воды располагаются на уровне площадок с севами и снабжены тепловоспринимающими покрытиями с целью создания «паровоздушной среды» и дальнейшего получения влаги в виде конденсата, стекающего по трубкам-капельницам 5 (рис. 1), к корневой системе, причем капельницы-лотки углублены на 30–35 см по отношению к поверхности грунтовых площадок. Полиэтиленовые латеральные трубки диаметром 12–20 мм, укладываемые параллельно друг другу по рядам растений, соединяются с поперечными магистральными трубопроводами. Полимерные капельные увлажнители впаиваются внутри. Капельница представляет собой сложный лабиринт, ее назначение – пропускать воду из трубопроводов в небольших количествах. Наиболее часто применяют капельницы, пропускающие от 0,8 до 4 л/час. Расстояние между капельницами на латеральных трубках зависит от культуры, схемы посадки, механического состава почвы и варьирует от 0,2 м (томат) до 5 м (сад, виноград).

Превышение температуры в объеме сооружения в сравнении с температурой окружающей среды может составлять порядка 50 °С, то есть при температуре воздуха 0 °С объем цилиндра можно нагреть до 80 °С.

На жизнь растений большое влияние оказывает температура воздуха и листьев, а также величина поглощенной солнечной радиации и ее спектральный состав. Повышение температуры окружающего воздуха до определенного предела увеличивает интенсивность фотосинтеза. В летний период интенсивность длинноволновой радиации в спектре солнца довольно высока. В результате поглощения солнечной радиации растения существенно нагреваются: температура листьев достигает 40–45 °С, что значительно выше пределов, характеризующих максимум фотосинтеза, поэтому часть испаряемой влаги конденсируется на внутренней поверхности светопрозрачных наклонных покрытий и при выпадении на поверхность грунтовых площадок способствует стабилизации температуры, так как конденсат при падении температуры охлаждается.

Теоретические и экспериментальные исследования последних лет, проведенные селекционерами и физиологами, позволили установить факт достижения биологиче-

ского оптимума урожая при приближении интенсивности водоподдачи к интенсивности водопотребления. Это положение соответствует теоретическим представлениям о влиянии факторов жизни растений на их прирост и урожай и допускает минимальную величину колебания какого-то управляемого фактора, например подачи воды. Приравнение прибавка урожая при орошении с интенсивностью, равной эвапотранспирации или близкой к ней, составляет 20–30 % по сравнению с традиционным периодическим орошением. Следовательно, при подаче воды, равной или близкой к транспирационной способности растения, она не воздействует на ее рост и развитие. Для приближения водоподдачи к водопотребности растений большую роль играет техника полива. В странах СНГ в этом плане разработаны различные экономичные технологии и технические средства: синхронно-импульсное дождевание (СИД, КШД, импульсно-капельное орошение, прерывистое дождевание ДЖУ, автоматизированные шланговые поливальные устройства АЖУ-32, шлейф медленного дождевания, мелкодисперсный дождеватель, капельно-инъекционное орошение и др.). Однако они не могут проводить полив растений в соответствии с транспирацией через ее органы.

Инъекцирование проводится следующим образом. В зону распространения корневых волос втыкается игла. При этом кончик иглы должен достичь середины ксилемы растения, по которому вода будет двигаться вверх. По мере снижения уровня воды до нулевой отметки необходимо заправлять емкость водой. Инъекционная система орошения – новое направление, поэтому исследования требуют времени и расширения ассортимента культур. Рекомендуется орошать пропашные ценные культуры, продукцией которых являются надземные органы (кукуруза, подсолнечник, сорго, хлопчатник, томаты, огурцы, баклажаны, молодые побеги малины, смородины и др.).

При орошении молодых плодовых деревьев инъекционную систему целесообразно использовать на малых площадях, где подача воды с помощью каналов затруднительна (например, в теплицах в условиях закрытого грунта, в опытных хозяйствах при поливе небольших участков с дорогостоящими культурами). В условиях инъекционного способа полива растения находятся в режиме самополива и не страдают от недостатка влаги. Растения регулярно, без перерыва, снабжаются водой с помощью инъекционной иглы. Поэтому фотосинтез будет проходить нормально и без каких-либо нарушений. При обычном способе полива в межполивные периоды наблюдается недостаток или избыток воды в почве. При избытке воды растения будут угнетены из-за плохой аэрации, а при недостатке наступает водное голодание. В этой связи в условиях дефицита пресных водных ресурсов предлагается технология полива растений и посевов в условиях Мангистауской области опресненной морской и очищенной водопроводной сточной водой.

Таким образом, внедрение ресурсосберегающих технологий орошения с использованием гелиоопреснительных теплиц и подводом утилизированной морской воды к корневой системе растений и посевов позволит в определенной мере решить проблему дефицита водных ресурсов Мангистауской области.

УДК 566.06(476)

**С.В. МУРАШКО, Г.С. ЧЕКАН**

Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр»  
департамента по гидрометеорологии Минприроды, г. Минск

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

The updated data about the network of hydrological observations in the Republic of Belarus, about the availability of water resources of this territory in the section of areas and about the long term average stock in the largest transboundary gauges are presented in this work.

### **Гидрологический мониторинг Республики Беларусь**

Наблюдения за гидрологическим режимом на территории Беларуси были начаты в конце XIX века (1876–1881 гг.). За период от начала наблюдений и до настоящего времени действовали 762 гидрологический пост, а в т.ч. 711 – на реках и 51 – на озерах и водохранилищах (таблица 1).

За организацию и проведение гидрологического мониторинга отвечает Департамент по гидрометеорологии, входящий в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

По состоянию на 01.06.2013 г. на территории Беларуси действуют 123 поста на реках и 14 на озерах и водохранилищах. В том числе 36 постов действуют на малых реках с водосборной площадью около 500 км<sup>2</sup> и менее. Наблюдения за гидрологическим режимом производятся: за уровнями и температурой воды, толщиной льда, ледовыми явлениями; на 105 речных постах ведутся наблюдения за стоком воды [3]. На 6 гидрологических постах дополнительно производятся метеорологические наблюдения: за осадками, снежным покровом, метеорологическими явлениями. 70 постов привлечены к подаче оперативной информации, используемой для составления гидрологических прогнозов.

Таблица 1 – Количество постов по бассейнам основных рек Беларуси

Бассейн реки	Количество речных/озерных постов	
	за весь период наблюдений	в т. ч. действующих в настоящее время
Западная Двина	105/22	17/5
Неман (без Вилии)	90/4	13/0
Вилия	39/5	11/3
Западный Буг	35/0	11/0
Днепр (без Припяти)	247/6	35/2
Припять	195/14	36/4
Всего	711/51	123/14

Реки Беларуси относятся к бассейнам двух морей – Балтийского и Чёрного. Главная водораздел речных бассейнов Беларуси проходит извилистой линией в направлении с северо-востока на юго-запад по Оршанской и Минской возвышенностям через

Копыльскую грядку и дальше по северо-западной окраине Полесья. В Балтийское море несут свои воды реки, входящие в речные бассейны Вислы (Западный Буг), Немана, Западной Двины и Невы (Ловать), что составляет 43% территории Беларуси. Днепр питает Чёрное море и бассейн Днепра, включая Припять, занимает 57% территории Беларуси [2].

Все значительные реки являются транзитными, и только р. Березина, относящаяся к бассейну Днепра (длина 613 км, площадь водосбора 24500 км<sup>2</sup>, что составляет около 12% территории страны), протекает в пределах Беларуси [2].

Главной задачей гидрологического мониторинга, занимающегося определением количественных характеристик, является получение информации о наличии ресурсов поверхностных вод, их территориального распределения и изменчивости во времени по величине и частоте половодий (паводков). Минимальная плотность стоковых постов для равнинных территорий, к которым относится Беларусь, согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации (ВМО), должна составлять 1875 км<sup>2</sup> на стоковый пост, то есть для соответствия рекомендациям ВМО в Беларуси должно действовать не менее 111 стоковых постов.

В Республике Беларусь проводится целенаправленная работа по развитию и укреплению международного сотрудничества со странами СНГ и другими государствами в области обмена гидрометеорологической информацией использования и охраны вод.

Проводится взаимный обмен гидрометеорологической информацией с соседними государствами (Россия, Украина, Польша, Литва, Латвия).

#### Водные ресурсы Республики Беларусь

Ресурсы поверхностных вод, формирующиеся в Беларуси, определяются в основном суммарным стоком рек, который в средний по водности год составляет 57,9 км<sup>3</sup>. В многоводные годы суммарный речной сток может увеличиваться до 92,4 км<sup>3</sup>, маловодные годы – снижаться до 37,2 км<sup>3</sup> в год (таблица 2).

Таблица 2 – Водные ресурсы Республики Беларусь по областям, куб. км / год

Территория	Многолетние характеристики общих водных ресурсов			Водные ресурсы 2011 г.		
	среднее значение	наибольшее значение	наименьшее значение	местный сток	приток	общие водные ресурсы
Беларусь	57.9	92.4	37.2	37.9	23.3	61.2
Области						
Брестская	12.7	20.6	5.4	6.2	9.0	15.2
Витебская	18.1	30.3	11.8	8.0	10.2	18.2
Гомельская	31.5	53.7	17.0	7.5	27.4	34.9
Гродненская	9.6	14.7	6.6	4.3	4.5	8.8
Минская	7.6	12.7	4.9	6.7	0.8	7.5
Могилевская	14.6	24.6	10.3	5.2	9.9	15.1

В среднем по Республике Гомельская область наиболее обеспечена водными ресурсами. В ней сосредоточено более половины водных ресурсов страны. Второе место занимает Витебская область. Далее следуют Брестская и Могилевская области, имеющие примерно равные показатели. Минская и Гродненская области являются наименее обеспеченными водными ресурсами (таблица 2).

Большая часть речного стока (60%) формируется в пределах Беларуси, транзитный приток воды с территорий соседских государств (Россия, Украина) составляет

40%. Примерно 55% речного стока приходится на реки бассейна Черного моря и 5% – Балтийского [1].

Днепр – Лоев является наиболее крупным среди трансграничных створов, среднесуточный сток через него достигает около  $20 \text{ км}^3$  за год. Через створ Западная вина – Друя в среднем проходит около  $14 \text{ км}^3$ . Чуть менее проходит через створ Припять – Довляды. Среднесуточный сток через остальные створы от  $7 \text{ км}^3$  и менее (рисунок 1).

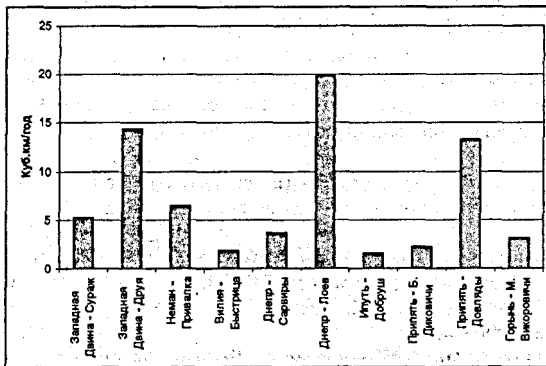


Рисунок 1 – Среднесуточный сток по наиболее крупным трансграничным створам Республики Беларусь

Важнейшей и неотъемлемой частью поверхностных вод Беларуси являются озера, которых насчитывается около 11 тыс. общей площадью зеркала около  $2000 \text{ км}^2$ . Наиболее крупные и глубокие озера расположены в Белорусском Поозерье, в бассейнах рек Западная Двина и Неман. Здесь расположено около 4000 озер. Многочисленные небольшие озера старичного типа приурочены к Полесью, где общее число озер в бассейнах рек Припять и Западный Буг достигает около 6000. Абсолютное большинство озерных водоемов страны (75%) относится к числу малых, площадь которых менее  $0,1 \text{ км}^2$ . Озер, которые могут быть отнесены к достаточно крупным водоемам (площадь зеркала более  $20 \text{ км}^2$ ), всего восемь, а наибольшие среди них – оз. Нарочь ( $79,6 \text{ км}^2$ ) и оз. Освейское ( $52,8 \text{ км}^2$ ) [2].

При расчетах водных балансов регионов, проектировании водохранилищ, в прогнозировании использования водных ресурсов водохозяйственных объектов важную роль играют наблюдения за испарением с водной поверхности. С этой целью на территории Беларуси организована сеть пунктов наблюдений. Наблюдения за испарением с водной поверхности производятся в безледоставный период с апреля по ноябрь на 9 площадках по испаромеру ГТИ-3000 (приемная площадь испарителя  $3000 \text{ см}^2$ ) и одному испарительному бассейну в г. Минске (приемная площадь испарителя  $20 \text{ м}^2$ ).

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Водные ресурсы, их использование и качество вод: государственный водный кадастр. – Минск, 1995–2011.
- Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / Под общей редакцией А.И. Полищука и Г.С. Чекана. – Минск: Книгасбор, 2009. – 268 с.
- Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Минск, 1981–2010. – Том 1.

УДК 50.43/45.711.4

**А.М. ПЕНЬКОВСКАЯ, Е.Н. ПОПОВА, Е.И. ГРОМАДСКАЯ**  
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

## **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА**

In this article the main problems of water resources usage and protection in the Zapadnaya Dvina basin are stated. Actions of the scheme of complex use and protection waters have to be directed on solutions of these problems.

Одним из ключевых этапов разработки схем комплексного использования и охраны вод в бассейнах рек является выявление существующих в бассейне экологических проблем.

В бассейне реки Западная Двина в настоящее время сеть мониторинга за состоянием поверхностных вод насчитывает 21 действующий гидрологический пост 79 пунктов гидрохимических наблюдений, охватывающих 10 водотоков и 35 водоемов в пределах бассейна.

Хотя в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации необходимое количество гидрологических постов на территории бассейна реки Западная Двина достаточное, на некоторых участках рек, в связи с закрытием в последнее время ряда гидрологических постов, ряды наблюдений, необходимые для дальнейшей достоверной оценки гидрологических данных и морфометрических характеристик, сократились.

Водные объекты бассейна реки Западная Двина в наибольшей степени среди равнинных речных бассейнов республики охвачены гидрохимическими наблюдениями, учитывая трансграничный характер водотоков, в целях реализации международных соглашений для обеспечения мониторинга поверхностных вод необходимо открытие дополнительных постов на трансграничных реках.

Проблемой является организация оптимальной сети локального мониторинга подземных вод на полигонах твердых коммунальных отходов.

В целом по гидрохимическим показателям основные водные объекты бассейна реки Западная Двина характеризуются хорошим либо умеренным качеством воды.

Однако актуальность «аммонийного» загрязнения водных объектов в районах крупных промышленных центров – городов Полоцка, Новополоцка и Верхнедвинского – сохраняется на протяжении ряда лет. Превышение предельно допустимой концентрации аммоний-иона в 2012 году зафиксировано в 36 % проб воды, отобранной в р. Западная Двина, и 32 % проб воды, отобранной из притоков Западной Двины. Прежнему сохраняется неудовлетворительным качество воды реки Полота в р. г. Полоцка и реки Ушача юго-западнее г. Новополоцка, связанное с многолетним «аммонийным» загрязнением водотоков. На протяжении ряда лет отчетливо проявлялся избыток аммоний-иона в воде озер Миорское, Болойсо, Кагальное и Савинское.

В 2012 году установлен рост содержания фосфат-иона в воде реки Западная Двина во всех пунктах наблюдений, за исключением пунктов наблюдений 0,5 км ниже г. Друя и 1,3 км выше г. Витебска. В отдельные месяцы избыточная концентрация фосфат-иона обнаруживалась в воде рек Каспля, Оболь, Улла, Ушача. Для реки Лядно характерно устойчивое многолетнее «фосфатное» загрязнение.

Порядка 13 % проб воды 2012 года из притоков Западной Двины характеризовались избыточным содержанием легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>). Повышенные концентрации БПК<sub>5</sub> определены в пробах воды из озер Болойсо, Долбе, Дривяты, Езерище, Лосвидо, Лукомское. Наибольшие среднегодовые величины составлены для озер Потех, Миорское, Лядно и Кагальное.

В воде озера Кагальное фиксировалась избыточная концентрация нефтепродуктов.

Основная масса загрязняющих веществ в водные объекты бассейна поступает от стационарных и рассредоточенных источников загрязнения. Причем доля рассредоточенных источников в пределах бассейна изменяется от 30 до 80 %.

В бассейне реки Западная Двина 75 предприятий, на балансе которых находятся 07 выпусков сточных вод, отводят свои сточные воды в водные объекты. В 2012 году в бассейне реки Западная Двина отведено 123,78 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. Из этого объема в водные объекты поступило 115,72 млн. м<sup>3</sup>, в том числе 0,13 млн. м<sup>3</sup> недостаточно очищенных, 75,85 млн. м<sup>3</sup> нормативно очищенных и 39,74 млн. м<sup>3</sup> не требующих очистки. Объем сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, составил 84,47 млн. м<sup>3</sup>. В их составе обнаружено: 1,05 тыс. тонн органических веществ по БПК<sub>5</sub>, 20 тонн нефтепродуктов, 12,72 тыс. тонн сульфат-ионов, 60 тонн фосфатов (в пересчете на P), 540 тонн аммоний-ионов (в пересчете на N), 20 тонн азота нитритного (в пересчете на N), 41,16 тонн металлов (железо, цинк, никель, хром), 25 тонн молибдена, 1,17 тонн роданидов, 0,1 тонн свинца, 0,11 тонн фенолов.

Существующие очистные сооружения в городах и районных центрах, построенные в 70-х годах прошлого века, имеют большой физический износ и не могут обеспечить выполнение современных требований к качеству очистки сточных вод, в первую очередь, по удалению биогенных элементов – азота и фосфора.

Более 100 тыс. м<sup>3</sup> поступает ежедневно на очистные сооружения канализации Витебска. Износ канализационных сетей, находящихся на балансе республиканского унитарного предприятия «Витебскводоканал», составляет 70,5 %, насосного оборудования – 63,7 %.

В бассейне реки Западная Двина 37 предприятий, отводящих сточные воды в речную сеть, имеют локальные очистные сооружения общей мощностью 12744,2 тыс. м<sup>3</sup>/год. Во многих случаях они нуждаются в реконструкции. Эксплуатация этих сооружений не на всех объектах организована удовлетворительно, в результате чего в городские коммунальные сети и на очистные сооружения попадает значительное количество загрязняющих веществ, осложняя их работу. Нарушают работу очистных сооружений и залповые сбросы промпредприятий, контролировать которые в полной мере лаборатории водоканалов не в состоянии. Коллекторы большинства предприятий не оснащены автоматическими пробоотборниками.

К числу основных загрязнителей в бассейне реки Западная Двина относятся в основном предприятия жилищно-коммунального хозяйства и сельскохозяйственные предприятия (свинокомплексы и комплексы по выращиванию крупного рогатого скота).

Самыми проблемными являются сточные воды мясомолочной отрасли, отводимые без очистки в коммунальную канализацию и на поля фильтрации.

Значительное количество предприятий в качестве очистных сооружений при отделении сточных вод используют поля фильтрации общей площадью 183 га. При этом через 71 выпуск поступают сточные воды в объеме 4398 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Проблемой является отсутствие очистных сооружений биологической очистки в большинстве поселков городского типа.

Значительное загрязнение водных объектов в пределах бассейна поступает с поверхностными сточными водами с территорий населенных пунктов. Даже в г. Витебске система отведения поверхностных вод неупорядочена. Существует более 20 выпусков поверхностного стока только в реку Западная Двина. Разрешения на спецоводопользование для отведения поверхностного стока отсутствуют.

Учет поверхностного стока в бассейне с территорий предприятий осуществляется только на 23 предприятиях, причем очистные сооружения имеются лишь на 10 из них.

Основной проблемой, связанной с функционированием систем водоснабжения предприятий и населения, является большая доля устаревшего оборудования и сооружений.

Показательным является пример Сенненского района. Имеющаяся система водопроводов изношена на 70 %. Нет единой специализированной организации по обеспечению населения района. Переданные Сенненскому унитарному предприятию ЖКХ 64 артскважины, обслуживающие население, и водопроводные линии в большинстве своем требуют ремонта. Техническая оснащенность подразделения по обслуживанию систем водоснабжения слаба. Нет финансовых средств для приобретения оборудования, аппаратуры и другой оснастки для обеспечения нормальной работы водоснабжения населения.

В пределах бассейна отмечается высокий уровень использования питьевой воды на производственные нужды – 16,9 % от используемой питьевой воды.

Недостаточный уровень обеспеченности централизованным водоснабжением особенно сельского населения. Питьевая вода в системах децентрализованного водоснабжения не соответствует нормативам. 2,6 % этих источников не отвечают старым требованиям по обустройству, 14,2 % проб воды из указанных источников соответствуют нормам по санитарно-химическому составу и 7,3 % проб – по микробиологическим показателям.

Качество воды подземных источников водоснабжения в бассейне зачастую не отвечает требованиям санитарных норм по содержанию железа. Обеспечение действующих систем питьевого водоснабжения сооружениями подготовки воды достаточна. Кроме того, очистка подземных вод, как правило, сводится к удалению лишь железа (несмотря на то, что на ряде водозаборов наблюдается повышенное содержание в воде азота аммонийного, нитратов и других химических веществ).

Существует необходимость тампонирующего большого количества бесхозных тизанских скважин, отслуживших свой век. В одном Толочинском районе их 117.

Приборный учет в бассейне охвачено 170,76 млн. м<sup>3</sup> (97,5 %) забранной воды, только 86,59 млн. м<sup>3</sup> (75,8 %) отводимой воды. Отмечается низкое оснащение приборами учета водопотребления объектов Минсельхозпрода.

Вокруг карьера «Гралево» на берегах реки Западная Двина прослеживается глубокая депрессионная воронка. Открытое акционерное общество «Доломит» в настоящее время отводит попутно-забранные карьерные воды при добыче доломита из карьера «Гралево» в реку в количестве 170000 тыс. м<sup>3</sup>/год. Наблюдения за качеством вод ведутся, откаченные воды отводятся без очистки. Создание водохранилища в районе ГЭС может оказать серьезное негативное влияние на формирование водоемов в карьере, где осуществляется добыча доломита.

Состояние рыбохозяйственных прудов во многих случаях неудовлетворительно. Они засорены и заилены.

За полгода в Витебской области выявлено 860 несанкционированных случаев, 131 случай захоронения вторичных материальных ресурсов. Актуальной проблемой является несоблюдение на некоторых предприятиях требований закона «Об



с отходами». Серьезной проблемой является неудовлетворительное состояние полигонов твердых коммунальных отходов.

Отмечается неупорядоченность навозоудаления, отведения и очистки стоков животноводческих комплексов, количество которых более 300.

В пределах многих населенных пунктов границы водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов установлены без учета существовавшей застройки. Загущенность в водоохраных зонах имеются животноводческие фермы, оказывающие негативное влияние на водные ресурсы.

До сих пор не ликвидированы захоронения пестицидов.

Ущерб от наводнений причиняется, в основном, промышленным предприятиям, жилому хозяйству и жилому фонду, и для бассейна реки Западная Двина оценивается на уровне 1 % обеспеченности в ценах 2006 года порядка 93 миллионов рублей.

Недостаточный контроль за санитарным состоянием прибрежных территорий и несоблюдение правил поведения населением в местах рекреации влечет за собой высокий уровень захламленности территории бытовым мусором, деградацию растительности и почвенного покрова, ухудшение качества вод водных объектов. В ряде существующих зон отдыха на водных объектах отмечается значительное превышение норм допустимых рекреационных нагрузок.

Слабо развита инфраструктура вдоль судоходных рек и вблизи озер. Имеется недостаток в квалифицированных кадрах инструкторов и руководителей туристских походов, в том числе водных.

Одной из основных проблем является несовершенство системы нормирования и управления водопользованием. Существующая система налогообложения в республике не стимулирует экономию воды.

УДК 332.1(476.5):633(476)

**И.В. ПИЛЕЦКИЙ, Е.В. МАРТЫНОВА**

Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск

### **СЕЛЬСКИЕ АГЛОМЕРАЦИИ КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

Abstract. The factors and processes that impact on agricultural production. Demonstrates the advantages of the office of the regional agrarian economy based on rural agglomerations of cultural landscapes, involving specialization, territorially-branch and intereconomic location of the production, cooperation and integration of enterprises.

При формировании агропромышленного комплекса региона экономические отношения выступают ведущей частью социально-производственных отношений общества [2]. От их особенностей зависит не только структура хозяйственно-производственной деятельности проживающего сельского населения, но и эффективность природопользования. Практика показывает, что производство в аграрном секторе экономики Беларуси до сих пор остается высокозатратным и низкоэффективным, что требует поиска новых подходов к решению этой проблемы.

Целью работы явилась необходимость разработки механизмов, направленных на улучшение рационального природопользования и на этой основе устойчивого социально-экономического развития Белорусского Поозерья.

Общеизвестно, что определяющим фактором развития современного сельского хозяйства является не наличие ресурсов, а умение эффективно их использовать. Исследования Организации по международному развитию при ООН (ЮНИДО) показывают [5], что традиционные аргументы (богатая ресурсная база, изобилие дешевой рабочей силы и др.) становятся менее привлекательными для инвестиций в национальную экономику стран мира. Сейчас основой экономического развития региона выступают творческий труд сельского жителя, а основным ресурсом – человеческие знания. Требования к последнему десятилетии, предъявляемые в сельском хозяйстве, ведут к противоречиям между участниками отношений и проявляются в нарушении законов развития природных комплексов [2]. Следовательно, процесс управления АПК должен строиться на принятии эффективных компромиссных вариантов решений.

Формирование любого аграрного региона исходит из целей, специфики промышленного производства сельскохозяйственных культур, демографических процессов культуры человека. Практика показывает, что три первых составляющих этого процесса за последние десятилетия подверглись кардинальной трансформации, а организационно-управленческая – «косметическим» изменениям. Существующая организационно-управленческая практика формирования культурных ландшафтов исчерпала свой ресурс, она не может обеспечить необходимые темпы социально-экономического развития региона и требует своего совершенствования.

Главная особенность XXI века – повсеместное реформирование национальной АПК всеми государствами мира. Проведенное нами исследование этого процесса на примере ведущих мировых государств позволило установить ряд тенденций и процессов в развитии современного сельского хозяйства, характерных всем без исключения странам. Назовем лишь те, которые, по нашему мнению, определяют эффективность любого сельскохозяйственного производства и которые нам потребуются для дальнейшей работы:

- приоритетное развитие крупного товарного производства;
- создание крупных агрохозяйственных объединений на основе традиционных фермерских хозяйств;
- экономически развитые государства предпочитают экспортировать минимум наименований продукции растениеводства и/или животноводства, но в больших объемах;
- наиболее рентабельным экспортным продуктом растениеводческой отрасли считается производство зерновых;
- устойчивый рост концентрации и специализации производства;
- повсеместное замещение производственной кооперации производственной субъектовой кооперацией, интегрирующей сферы производства, переработки и сбыта продукции;
- усиление роли национальных и транснациональных корпораций;
- стремительное проникновение информационных технологий.

Сейчас уже можно говорить, что эффективность производства аграрной продукции в государстве уже в большей мере определяет контроль рынков сбыта, в меньшей – природные ресурсы, дешевая рабочая сила, объемы производимой продукции. А. Демид В.Г. Гусаков [1, с.6] отмечает, что финансово-экономический кризис привел к созданию и быстрому развитию в ряде регионов и стран крупнейших национальных транснациональных компаний. Они выигрывают в современных сложных условиях

ет факторов массы производства, масштаба продаж, объемов товарного оборота, ветвления логистических потоков, возможности быстрого технического и технологического переоснащения, использования преимуществ инновационного развития и востоя новейших технологических укладов.

Проведенные теоретические и практические исследования позволили разработать частично реализовать организационно-экономическую форму управления АПК Белорусского Поозерья – сельские агломерации культурных ландшафтов. Разработка выполнена на основе ландшафтного подхода, ставшего ведущим в современных условиях административно-хозяйственного обустройства территорий. Он исходит из того, что формируемый культурный ландшафт должен быть не только продуктивным (эффективным) в течение длительного периода, но и устойчивым, гармоничным продолжением естественного ландшафта, учитывающим закономерности и особенности его развития, сохраняющим сложившееся биоразнообразие [3]. Формирование культурных ландшафтов на макроуровне (государственном) есть результат их реализации на локальном и региональном уровнях. На локальном уровне формально-организационное управление ландшафтами дополняется еще неформальным – социокультурным управлением.

На основании проведенных нами теоретических, лабораторно-полевых и полевых исследований в Белорусском Поозерье с учетом особенностей, факторов и процессов, формирующих культурные ландшафты (геоморфология, климат, гидрология, почвенный покров, растительный и животный мир, демография, экономический потенциал и др.), нами выделены следующие сельские агломерации: 1. Витебско-Львовская; 2. Чашникско-Сенненско-Бешенковичская; 3. Глубокско-Нарочанская; 4. Ушачско-Копельская; 5. Полоцко-Шумилинская; 6. Верхнедвинско-Миорская; 7. Браславская; 8. Россонско-Городокская. Каждая сельская агломерация имеет свои приоритеты (специализацию), обоснованные государственной политикой, природно-климатическими и социально-экономическими особенностями территории. При определении приоритетов в сельскохозяйственном производстве на первое место поставлено, исходя из мирового опыта развития аграрного сектора экономики и самодостаточности территории, выращивание стратегических зерновых культур (пшеницы, ячменя, тритикале), затем производство молока и/или мяса. В то же время региону целесообразно развивать системы земледелия, ориентированные в зернотравяном и льнокармном направлениях. Это позволит создать устойчивую кормовую базу для интенсивного молочного-мясного скотоводства, «обеспечить стабильное производство продукции скотоводства» [4, с. 97].

В пределах сельской агломерации, ориентирующейся на основное профилирующее производство, развиваются и другие рентабельные направления производственной деятельности, с учетом ее природных и экономических условий. Крупные многоотраслевые хозяйства (на базе агрогородков) осуществляют свою производственную деятельность в соответствии с задачами, стоящими перед их сельской агломерацией. Указанное относится и к хозяйствам, работающим по полному производственному циклу, включая производство сырья, его переработку и реализацию готовой продукции. Учитывая то, что отличие между крупными хозяйствами почти стерто, целесообразно иметь одну форму хозяйствования – «Агропредприятие», а для сельскохозяйственных подразделений, входящих в состав промышленных предприятий и иных структур, – «Агроцех».

Предлагаемая специализация аграрной отрасли позволяет оптимизировать развитие производства по сельским агломерациям культурных ландшафтов с учетом природно-климатических и социально-экономических условий, повысить эффектив-

ность использования земель и высокопроизводительной техники, обеспечить перерабатывающие промышленные комплексы, фермы и птицефабрики необходимым сырьем, повысить рентабельность растениеводческой и животноводческой продукции, служить основой создания единой специализированной национальной корпорации.

Крупные общественные товарные сельскохозяйственные организации регионов интегрируются на кооперативной основе в пределах одной из 8 выделенных агломераций. Наличие агрогородка на территории сельскохозяйственной организации дает право считать ее крупной и способной решать задачи, ставящиеся государством. Причисление таких субъектов хозяйствования к той или иной сельской агломерации проводится на основе их географического местоположения. В тех случаях, когда субъект хозяйствования попадает в пределы двух и более агломераций, его относят к той границе которой находится большая часть земель.

Агрогородки имеют законодательно закрепленный статус, они создавались на основе существующих административно-территориальных единиц базового уровня (агроселков, сел, деревень). Они выполняют ряд функций – сельские населенные пункты, культурные центры, административные центры хозяйствующих субъектов. Всего в Белорусском Поозерье за 2005–2010 гг. было построено 256 агрогородков.

В территориальном плане такая сельскохозяйственная организация функционирует в пределах определенного набора различно трансформированных хозяйственной деятельностью естественных ландшафтов, выполняющих конкретные функции. В общем случае их можно разделить на три зоны – административную, производственную и влияния. Административная зона представлена, в первую очередь, территорией агрогородка с его инфраструктурой и населением, а также другими функциональными зонами, связанными с ним населенными пунктами. Производственная зона – это все сельскохозяйственные земли с расположенными на них производственными объектами, инфраструктурой и находящимися в административном подчинении. Зона влияния – сельскохозяйственные земли с расположенными на них производственными объектами, населенными пунктами, инфраструктурой и земли не входящие в состав агрогородка, но экономически выгодно их вхождение или сотрудничество с ним на принципах кооперации и интеграции.

Таким образом, сельскую агломерацию следует рассматривать как сложную многоуровневую систему взаимодействий между субъектами и объектами, определяющую факторы, условия и формы использования трудовых ресурсов конкретной территории, их воспроизводство, развитие и реализацию. Это предполагает наличие условий и возможностей эффективного приложения трудового потенциала, оценки значимости, создания благоприятной экономической, социальной и экологической среды, учета особенностей развития мировой экономики.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусаков, В.Г. Мировые тенденции и неотложные меры агропродовольственного развития Беларуси // *Аграрная экономика*. – 2010. – № 10. – С. 6–12.
2. Пілецкі, І.В. Роля эканамічных адносін у фарміраванні культурных ландшафтаў сельскагаспадарчых агламерацый // *Весті БДПУ*. Сер. № 3. – 2008. – № 1. – С. 61–69.
3. Пилецкий, И.В. Теория, факторы и процессы, формирующие культурные ландшафты сельских агломераций (на примере Белорусского Поозерья): монография. – Витебск: изд-во им. П.М. Машерова, 2004. – 240 с.
4. Попков, А.А. Аграрная экономика Беларуси: опыт, проблемы, перспективы. – Министерство «Беларусь», 2006. – 319 с.
5. Структурные изменения в мировой экономике: основные характеристики и тенденции // Организация по промышленному развитию – Вена, 2009.

УДК 633.2.03:631.51 (476)

**И.В. ПИЛЕЦКИЙ, С.В. ЩИКОВА**

Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАСТБИЩ КАК ФАКТОР ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ БЕЛОРУССКОГО ПОЗЕРЬЯ**

Annotation. The article presents the results of field studies on the influence of seals on fertilized and fertilized with nitrogen and phosphorus fertilizers sod-clay soils. In all the experiments, mineral fertilizers favorable effect as the biological activity of the soil and yield, that actualizes the problem of pasture management

Сельскохозяйственные животные являются одним из основных компонентов плодородной среды и важной составной частью природных богатств. Рациональное использование и воспроизводство животного мира – главное требование социально-экономического развития любого региона. В специальной литературе мало внимания уделяется проблемам рационального природопользования в животноводстве и способам их решения [1]. Поэтому проведение исследований в этом направлении является важной и актуальной задачей.

Интенсивное развитие сельскохозяйственного производства предполагает использование не только мощных и тяжеловесных машинно-тракторных агрегатов, но и различных пород крупного рогатого скота. Это сопровождается переуплотнением пастьбы и подпахотного слоев почвы [2]. От плотности почвы зависят не только водный, воздушный и тепловой режимы почвы, но и физические, химические и биологические процессы в ней. Вследствие снижения воздухообмена и роста амплитуды колебаний температуры почвы в переуплотненных почвах нарушается жизнедеятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

Установлено, что при высокой влажности и плотности происходит снижение процесса азотфиксации и создаются условия частичного анаэробнозиса. Наибольшая биологическая активность почвы наблюдается при объемной массе от 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup>. С повышением этого показателя заметно падает жизнедеятельность дождевых червей.

В 2008–2010 годах нами проводились полевые исследования по изучению влияния уплотнения на неодобренную и удобренную нитрофоской (N<sub>120</sub>P<sub>109</sub>K<sub>120</sub>) почвах свиенского района, Витебской области весной в начале вегетации и осенью перед уборкой урожая. Нитрофоска вносилась перед уплотнением как сырой (20–25 %), так физически сухой (15–19 %) почвы. Исследуемые образцы почв – дерново-глебоватый суглинок, в слое 0 – 20 см, содержащий 2,5 % гумуса, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O, соответственно, 3–15,9 и 7,4–14,6 мг/100 г, pH = 6,5–7,2 (KCl). Сначала исследуемая почва уплотнялась до заданной величины (полученной при исследовании пастбищ района) переуплотнением соответствующих машин и крупным рогатым скотом. Затем осуществляли боронование и культивацию почвы опытных участков на глубину 7–10 см. После соответствующей подготовки почвы проводили высев моркови и других культур. В результате эксперимента получено снижение урожайности моркови по сравнению с контролем на 18%.

Для определения численности микроорганизмов использовали метод посевов на твердые питательные среды, активность гидролитических ферментов (инвертазы, уреазы и протеазы) – метод П.А. Власюка и Е. Гофмана.

Наблюдения показали, что наибольшая плотность как в верхнем 0–10 см, так и нижнем 10–20 см слоях почвы была после ее уплотнения во влажном состоянии. Во всех вариантах повышенная плотность отрицательно сказалась на численности и биодоступности микробных групп микроорганизмов, на активности ферментов и урожае кормовых свёклы. Отмеченные явления объясняются тем, что с ростом плотности происходит не только нарушение водно-воздушного режима почвы, но и накопление токсических соединений. Для ячменя и некоторых других зерновых культур оптимальная плотность почвы – 1,4 г/см<sup>3</sup>, однако она не постоянна и меняется в зависимости от влажности почвы и ее гранулометрического состава.

Уплотнение физически сухой почвы в опытах проявилось в незначительных пределах: ее плотность оказала ограниченное воздействие на микробный мир и урожай моркови. При этом наблюдались даже более ранние всходы моркови по сравнению с неуплотнённой почвой.

Во всех проводимых опытах минеральные удобрения благоприятно воздействовали как на биологическую активность почвы, так и на урожай моркови. Они заметно уменьшали негативное воздействие уплотнения сырой почвы на урожай моркови и биологические показатели. В определенном плане исключение составили ферментативная активность и распространение азотобактера. В нижележащем слое (10–20 см) почвы проявились те же самые тенденции в развитии микроорганизмов и активности ферментов, как и в верхнем ее слое (0–10 см).

Полученные результаты особо актуальны для эффективного использования такого важного ресурса сельскохозяйственного производства, как пастбища [2]. Должный уход за ними способствует как росту питательности кормов и эффективности действия пестицидов, так и предотвращает эрозию почв. При разработке схемы управления пастбищами следует провести учет растений, т.е. что, где и сколько растет? Осенние однолетние сорняки не являются проблемой, но в то же время осень – лучшее время для борьбы с многолетними сорняками. Затем следует провести анализ почвы, который позволит рассчитать потребности растений в питательных веществах. Азотные удобрения вносят частями, понемногу после каждого выпаса. Фосфорные и калийные удобрения – один раз весной или осенью.

При необходимости подсева трав или полного пересева пастбища, подбирают травосмеси, наиболее подходящие в конкретной ситуации. Наилучшим вариантом в большинстве случаев являются бобовые травы. Они богаты питательными веществами и позволяют продлить выгульный сезон. В случае интенсивного использования пастбищ может подойти клевер, если нет – выбор видов трав и травосмесей расширяется [1]. Чаще всего травосмеси из ежи сборной (1/2 часть), красного клевера (1 часть) и костры (3/4 части) – наилучший вариант. Даже если пастбище находится в удовлетворительном состоянии, то подсев бобовых трав будет играть положительную роль. Это благоприятно скажется на белковой ценности зеленого корма и обеспечит азотную подкормку другим травам.

Хорошие результаты дает и включение в пастбищные травосмеси верховых и низовых трав. Объясняется это тем, что низовые травы выдерживают интенсивный пас и быстро отрастают, их высевают в смеси не меньше 70%. Неплотнорослые злаки используются в травостое 4–5 лет, корневищные дольше, а первыми выпадают бобовые. Из бобовых культур самым долговечным считается клевер белый.

В целях недопущения пастбищной депрессии разработаны специальные методы рационального использования пастбищ. Проведенный анализ современных работ, посвященных этой проблеме, позволяет выделить такие обязательные элементы рационального использования пастбищ, как:

1) установление оптимальной высоты, сроков и кратности использования;

- ) выбор способов использования в течение одного пастбищного сезона и по годам;
- ) установление техники скармливания травы;
- ) оборудование пастбищной территории, комплектование стада, выбор распорядка астищного дня;
- ) текущий уход за пастбищем (подкормка, подсев, подкашивание).

Весной травы начинают развиваться за счет запасных веществ, и только спустя 0-15 дней они способны накапливать запасные вещества. Поэтому выпасать крупный рогатый скот можно лишь через 2-3 недели после восстановления вегетации; лучше всего в фазе кущения-стеблевания. Верховые травы через 12-15 дней достигают 15-20 см, а низовые - 10-15 см. Внешней приметой о начале выгона животных на астище может служить цветение одуванчика. Срок начала выпаса, первого или последующего скармливания после отдыха пастбища, должен согласовываться еще и с рожаем трав. К началу выпаса на низово-злаково-белоклеверном пастбище должно метье менее 20 ц/га зеленой массы при первом цикле скармливания, а при последующих - 40-50 ц/га [2]. Высота многолетних трав после выпаса не должна быть меньше 5-6 см, однолетние травы при однократном использовании скармливают как можно ближе к поверхности.

Определенный интерес для эффективного использования пастбищ представляет оптимальная кратность скармливания пастбищ. При ее определении необходимо строго руководствоваться биологическими особенностями многолетних растений, произрастающих на пастбищах. Примерно 10 дней после скармливания отрастание отавы идет за счет расходования накопленных в подземных органах пластических веществ. Для полного их восстановления требуется около трех-четырех недель. Количество же запасных веществ в подземных органах зависит от их массы и глубины проникновения корней. Следовательно, частое скармливание или скашивание травостоя ведет к уменьшению биомассы подземных органов и к понижению в них содержания запасных питательных веществ [1]. В результате число побегов и мощность их уменьшаются, погибает часть растений, и урожай понижается.

Необходимо следить за тем, чтобы в перерыве между циклами скармливания растения имели время, достаточное для синтеза питательных веществ для растущего растения и накопления их в корнях для последующего использования новыми побегами. В то же время темпы прироста листьев во многом определяются степенью затенения. Первоначально они развиваются интенсивно, но по мере смыкания травостоя темп прироста их снижается, что свидетельствует о наступлении времени скармливания травостоя.

Очень важным моментом является определение времени прекращения осеннего скармливания. В конце вегетационного периода происходит замедление темпов прироста надземной массы. Однако это не свидетельствует о затухании жизни, так как в осенний период особенно бурно протекают процессы побегообразования и укоренения. В осенний период кущения происходит обновление и пополнение осевых, наиболее развитых побегов [1]. При нарушении нормального течения этого процесса жизнеспособность растений резко изменяется, и ее уже не смогут исправить никакие приемы или мероприятия. Так как период интенсивного осеннего кущения является очень важным для развития пастбищных растений, то использование травостоя для выпаса скота будет иметь непоправимые последствия.

Как показывает практика, выпас скота следует заканчивать за 25-30 дней до наступления устойчивых заморозков. В этот период целесообразно скот переместить с пастбищ на пашню после уборки урожая озимых. Для наших условий таким критическим моментом является конец августа - начало сентября. При этом

бобовые культуры, в отличие от злаковых, менее болезненно переносят негативное влияние осеннего выпаса.

В специальной литературе имеются достаточно многочисленные исследования подтверждающие положительный эффект от оставления под зиму и высокой стерни растений. Исходя из сказанного, конец осеннего использования определяется не только временем, когда происходит бурное летне-осеннее кошение, накопление и перестройка пластических веществ, но и высотой травостоя.

Таким образом, при эксплуатации пастбищ следует избегать выгона животных на влажные пастбища, а также ранней весной и поздней осенью. Копыта сельскохозяйственных животных, наступающих на мягкую и влажную почву, разрушают не только почвенный, но и растительный покров. Ранний выгон скота на пастбища увеличивает риск уплотнения почвы и, как результат, – разрушение ее структуры и нарушение сроков выпаса. Максимальное соблюдение отмеченных выше требований по эксплуатации пастбищ поможет пастбищным растениям развить мощную корневую систему, повысить количество высококачественных кормов в течение пастбищного сезона, снизятся непродуктивные материальные затраты на содержание пастбищ. Это будет способствовать росту суточных привесов крупного рогатого скота и надоев молока, снизится себестоимость продукции и повысится конкурентоспособность и рентабельность животноводческой продукции.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сельманович, В.Л. Кормопроизводство: учеб. пособие / В.Л. Сельманович. – Минск: Новое знание, 2008. – 256 с.
2. Шелото, Б.В. Пастбищное хозяйство: учеб. пособие / Б.В. Шелото, А.А. Шелото. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 184 с.

УДК:631.62(043.5)

**А.Н. РОКОЧИНСКИЙ, П.П. ВОЛК, В.Г. МУРАНОВ, С.В. ШАЛАЙ**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно  
Украина

#### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖА В ПРОЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

The present approach enables the assessment of drainage with the set of parameters in the projects of construction or reconstruction of drainage systems at different levels of effectiveness.

**Введение.** Неопровержимым является тот факт, что при различных уровнях продуктивности урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур на разных почвах требования, предъявляемые к работе дренажа, должны отличаться [1, 2, 3].

Для решения такого сложного вопроса на кафедре гидромелиораций НУВХП разработаны принципы построения и реализации комплексной модели оптимизации структуры и параметров дренажа [3]. Она основана на реализации связанных между собой конструктивно-технологического, прогнозно-имитационного и оптимизационного



ого блоков моделей, которые, в свою очередь, позволяют обосновывать оптимальные конструкции и параметры дренажа с учетом множественных природных, агро-технических и мелиоративных условий объекта.

Полученные при этом конструкция и параметры оптимального варианта  $i_0$  дренажа  $i_0 = \{b_0, d_0, \varphi_0, q_0, B_0\}$  ( $b_0$  – вид,  $d_0$  – диаметр,  $\varphi_0$  – фильтр,  $q_0$  – модуль дренажного стока,  $B_0$  – расстояние между дренажами) находятся в интервале от экологического до экономического уровней эффективности его работы относительно соответствующих значений модулей дренажного стока, однако при этом не рассматриваются все возможные периоды работы дренажа, в том числе и критические, когда при выпадении интенсивных атмосферных осадков ( $\approx 50$  мм) формируется модуль дренажного стока, превышающий расчетное его значение. Тогда превышение предельных допустимых значений продолжительности переувлажнения приводит к значительным потерям урожайности [4, 5, 6].

Основная часть. В связи с этим, уже на уровне проекта возникает необходимость в оценке эффективности работы дренажа относительно различных уровней его эффективности совокупности по соответствующим уровням достигаемой урожайности выращиваемых культур  $\{r\}$ ,  $r = \overline{1, n}$  ( $r=1$  – экологический,  $r=2$  – технологический,  $r=3$  – экономический,  $r=4$  – критический).

Оценка эффективности работы дренажа может быть выполнена на основе так называемых "показателей продолжительности", характеризующих различные аспекты его работы в пределах расчетного по условиям влаго- и теплообеспеченности периода вегетации.

В свою очередь, показатели продолжительности работы дренажа определяются по соответствующим значениям модулей дренажного стока совокупности  $\{q_{k_{гпр}}\}$  для каждой культуры  $k = \overline{1, n_k}$ , почвогрунта  $g = \overline{1, n_g}$ , расчетных по условиям влаго- и теплообеспеченности периодов вегетации  $p = \overline{1, n_p}$ , расчетных интервалов времени (дела)  $\tau = \overline{1, n_\tau}$ , которые формируются под влиянием множественных изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условий реального объекта, и сравнения их с расчетными [7].

Для определения модулей дренажного стока по всему спектру множественных изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условий реального объекта необходимо использовать комплекс имитационных моделей по прогнозной оценке на долгосрочной основе климатических условий местности [8], а также водно-теплового режима и условий работы дренажа на осушаемых землях [9].

Показатель общей продолжительности работы дренажа  $\theta_p^q$  в пределах расчетного периода вегетации выращиваемой культуры определяется как

$$\theta_p^q = \frac{t_{pt}^q}{t_{pt}}, \quad p = \overline{1, n_p}, \quad \tau = \overline{1, n_\tau}, \quad (1)$$

где  $t_{pt}^q$  – продолжительность работы дренажа в расчетный период вегетации выращиваемой культуры, сут.;  $t_{pt}$  – продолжительность расчетного периода вегетации выращиваемой культуры, сут.

Показатель продолжительности работы дренажа относительно различных уровней ее эффективности  $\theta_{pr}^q$  внутри общего периода работы дренажа определяется аналогично

$$\theta_{pr}^q = \frac{t_{prt}^q}{t_{pt}^q}, \quad p = \overline{1, n_p}, \quad r = \overline{1, n_r}, \quad \tau = \overline{1, n_\tau}, \quad (2)$$

где  $t_{prt}^q$  – продолжительность работы дренажа по разным уровням ее эффективности совокупности  $\{r\}$ ,  $r = \overline{1, n_r}$  в течение его работы.

Соответствующие значения показателей эффективности работы дренажа в пределах проектного срока определяются:

– относительно общей продолжительности работы дренажа

$$\theta^q = \sum_{p=1}^{n_p} \theta_p^q \cdot \alpha_p; \quad (3)$$

– относительно различных уровней эффективности работы дренажа

$$\theta_r^q = \sum_{p=1}^{n_p} \theta_{pr}^q \cdot \alpha_p, \quad r = \overline{1, n_r}, \quad (4)$$

где  $\alpha_p$  – значения долей типовых схем метеорологических режимов в расчетные периоды

вегетации  $\sum_{p=1}^{n_p} \alpha_p = 1$  в пределах проектного срока функционирования объекта.

Аналогичные значения показателей эффективности работы дренажа на уровне системы определяются:

– относительно общей продолжительности работы дренажа

$$\theta_s^q = \sum_{p=1}^{n_p} \theta_p^q \cdot \alpha_p \cdot f_k; \quad (5)$$

– относительно различных уровней эффективности работы дренажа

$$\theta_{sr}^q = \sum_{p=1}^{n_p} \theta_{pr}^q \cdot \alpha_p \cdot f_k, \quad r = \overline{1, n_r}, \quad (6)$$

где  $f_k$  – доленое участие  $k$ -й культуры проектного севооборота.

Пример оценки эффективности работы дренажа на осушаемых землях выполнен в условиях реального проекта, реализованного на землях СПК «Первомайский» осушительной системы «Иква» Ровенской области. Исходными данными для расчета выступают установленные оптимизационным расчетом конструкция и параметры дренажа (трубы пластмассовые с песчано-гравийной обсыпкой, диаметром 63 мм, расстояние между дренами 12 м при значении расчетного модуля дренажного стока 0,65 л/с) выращиваемые культуры с заданной проектной урожайностью (многолетние травы ( $f_k = 0,5$ )-35 ц/га, озимые зерновые ( $f_k = 0,3$ )- 47 ц/га, картофель ( $f_k = 0,2$ )-250 ц/га) виды почвогрунтов (дерновые слабоподзолистые песчаные ( $f_g = 0,1$ ), дерновоподзоленные глеевые связно-супесчаные ( $f_g = 0,3$ ), торфяные среднемощные малозольные ( $f_g = 0,6$ )) и способы водорегулирования (осушение) (рис. 1).

Для условий исследуемого объекта установлено, что по среднедекадным условиям формирования модуля дренажного стока при выращивании многолетних трав, зерновых и картофеля расчетная продолжительность периода вегетации составляет 214 суток (100%), из них общий период работы дренажа составляет – 60%, в том числе относительно различных уровней эффективности: экологическом – 39%, технологическом – 15,5%, экономическом – 5,5%. При этом продолжительность его работы в критическом режиме (формирование модуля дренажного стока превышает расчетное его значение) не превышает 5%.

**Заключение.** Таким образом, рассмотренный подход позволяет производить оценку работы дренажа с заданными или установленными параметрами в проектах строительства или реконструкции осушительных систем по различным уровням ее эффективности. Он может быть эффективно использован в общем комплексе прогностико-оптимизационных расчетов по обоснованию конструкции и параметров сельскохозяйственного дренажа с учетом множественных изменчивых природно-агроклиматических условий реального объекта.

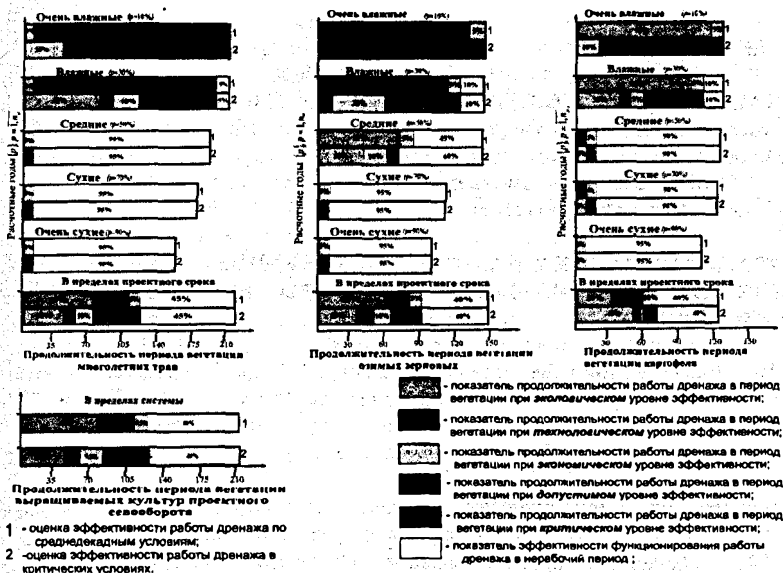


Рисунок 1 – Оценка эффективности работы дренажа

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо регулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За редакцією академіка УААН М.І. Ромашенка. – Рівне: НУВГП, 2010 – 351 с.
2. Волк, П.П. Обґрунтування необхідності удосконалення методів оптимізації конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваннях землях / П.П. Волк, А.М. Рокочинський // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 34. – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 83–88 с.

3. Волк, П.П. Оптимизация конструкции и параметров сельскохозяйственного дренажа с учетом метода обоснования проектной урожайности на осушаемых землях на основе долгосрочного прогноза: сб. материалов Международной науч.-практ. конф. / П.П. Волк, В.Г. Муранов, А.Н. Рокочинский – Ч.1. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2009. – С. 93–97.
4. Костяков, А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
5. Шкиннис, Ц.Н. Гидрологическое действие дренажа. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 312 с.
6. Янголь, А.М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. – М.: Колос, 1970. – 135 с.
7. Волк, П.П. Обґрунтування модуля дренажного стоку в оптимізаційних розрахунках сільськогосподарського дренажу на еколого-економічних засадах / П.П. Волк, А.М. Романчинський // Вісник НУВГП випуск 2(54) серія «Технічні науки». – Рівне, 2011. – С. 5–13.
8. Тимчасові рекомендації з прогностичної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем. Рівне: НУВГП, 2011. – 54 с.
9. НТД Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем: посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (розділ 3. Осушувальні системи). – Рівне: НУВГП, 2008. – 64 с.

УДК 631.6:628.112

**С.М. РОМАНОВА<sup>1</sup>, О.И. ПОНОМАРЕНКО<sup>1</sup>, Н.Б. КАЗАНГАПОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup> ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Щучинск, Республика Казахстан

### **ТРАНСФОРМАЦИЯ И НАКОПЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ «ВОДА – ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» ПРИ МУЛЬЧИРОВАНИИ ПОЧВЫ**

This article describes the research to identify the impact of different ways of mulching on soil properties and processes taking place in the ecosystem "irrigation water - soil - plant". In this case, the dynamics of the major nutrients, potassium and phosphorus. The chemical composition of plants (green mass and fruit).

Вопросы повышения плодородия почвы, сохранения влаги на полях и борьбы с сорной растительностью всегда оставались актуальными. В последние годы одним из способов решения этих проблем является мульчирование почвы различными материалами (солома, бумага, растительные остатки, пленочные материалы). Особую ценность этот способ приобретает при возделывании орошаемых пропашных культур, если учесть возрастающий с каждым годом дефицит водных ресурсов.

Мульчирование – это улучшение физических условий и повышение плодородия почвы через покрытие ее поверхности под растениями определенными материалами.

Мульчирование позволяет: повысить или понизить температуру почвы, снизить испарение влаги, ликвидировать почвенную корку, улучшить питание растений, уничтожить сорняки. Традиционными материалами для мульчирования служат теплонавоз (перегной), солома, сено, опилки, различного рода растительные остатки.

ные материалы в той или иной степени решают задачи мульчирования, кроме подпней – уничтожения сорняков. Более того, мульча из навоза, соломы, сена дополнительно насыщает почву сорняками.

Не умаляя значимости мульчирования органическими материалами, особенно в деле улучшения питания растений, отметим, что в мировой практике в последние 50 лет господствующее распространение в качестве мульчи получили черные полиэтиленовые пленки. Они практически непроницаемы для паров и жидкой воды, не задерживают газообмен кислорода и углекислого газа между почвой и воздухом, химически инертны и поэтому безвредны. В развитых зарубежных странах пленочное мульчирование стало обычным технологическим приемом при выращивании самых разнообразных культур как в открытом, так и защищенном грунте.

Проводимые нами исследования ставили следующие основные задачи: выявить действие различных способов пленочного мульчирования на свойства почвы и происходящие процессы в экосистеме «поливная вода-почва-растение», при этом исследовать динамику основных питательных компонентов калия и фосфора; изучить биологический состав растений (зеленой массы и плодов).

В качестве объекта исследования было выбрано опытное поле Племсовхоза «Актюбинский» Алматинской области, где высаживались огурцы сорта «Конкурент» при соблюдении всех правил агротехники и мелиорации. Работы проводились в нескольких вариантах: ширина пленки 90 см (вариант В-90), 40 см (вариант В-40), сплошная прозрачная пленка, черная пленка, контроль. Анализ почв выполнен по руководству [1], пленки – [2], поливной воды – [3]. Проверка методов анализа показала, что процент ошибок не превышал допустимых значений их точности.

Получены следующие результаты.

Почвы опытного поля относятся к незасоленным. За вегетационный период проявляется достаточно выраженная тенденция к накоплению минеральных солей в почвах под мульчей и без нее по всем вариантам опытов. Наибольшее количество солей (0,089%) накопилось в осеннее время в 20 см слое почвы, укрытой черной пленкой, что на 0,017% больше, чем в соответствующем слое контрольной пробы. Как правило, более глубокие слои содержат меньшее количество солей. Так, в вариантах В-90, сплошное укрытие почвы полиэтиленовой прозрачной пленкой – засоленность почвы на 20–40 см на 0,006–0,049% ниже почвенного слоя. А в варианте В-40 в течение всего вегетационного периода нижний горизонт почвы под пленкой содержал на 0,08–0,022% солей больше, чем верхние слои почвы.

Содержание подвижного калия в поверхностном слое почвы контрольных участков колеблется в пределах от 875 до 980 мг/кг, составляя в среднем за вегетационный период 931 мг/кг почвы (таблица 1). В более глубоких слоях почвы его содержание уменьшается на 70–301 мг/кг.

На опытных делянках, полностью укрытых пленкой шириной 90 см, практически постоянно наблюдается накопление подвижного калия в почве (от 915 до 1081 мг/кг) по сравнению с его содержанием в почвах междурядья (715–915 мг/кг). В двух других вариантах отмечен факт некоторого обеднения почвы калием.

В почвах опытного поля концентрация подвижного калия не выходит за пределы своих значений в почвах бывшего СССР (1,36 г/кг) [4] и сопоставима с результатами других авторов по изучению пищевого режима почв опытных полей Казахского института земледелия [5] и предгорных равнин Казахстана [6].

Таблица 1 – Динамика среднего содержания  $K_2O$  в почве за вегетационный период огурцов в зависимости от способа мульчирования почвы пленкой, мг/кг

Вариант	Горизонт, см	Межа	Рядок
Контроль	0-20	931	-
	20-40	756	-
В-90	0-20	909	1075
	20-40	915	955
В-40	0-20	1005	968
	20-40	752	917
Сплошное укрытие	0-20	1081	-
	20-40	993	-
Черная пленка	0-20	920	-
	20-40	962	-

Фосфор особенно необходим растениям в первую фазу развития, т.к. способствует лучшему укоренению и развитию корневой системы, более быстрому накоплению в клетках растительных тканей сахаров и других пластических веществ.

Содержание фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ ), более стабильного элемента питания (по сравнению с азотом в различных формах), приурочено к верхнему 0–20 см слоя почвы и колеблется в пределах: на контроле от 4,5 до 6,1 мг/кг; на делянках с пленкой от 2,7 до 8,8 мг/кг; в междурядье от 3,8 до 7,4 мг/кг (таблица 2). При этом наибольшее количество  $P_2O_5$  отмечено в вариантах, где почва полностью укрыта прозрачной черной пленкой. В нижних частях верхнего полуметра почвы содержание  $P_2O_5$  не выходит до 1,9–7,8 мг/кг.

В течение вегетационного периода наблюдается как увеличение, так и уменьшение содержания подвижного фосфора, обусловленное температурным фактором, влажностью, нарушением аэрации, содержанием органических веществ и другими факторами.

Таблица 2 – Динамика среднего содержания  $P_2O_5$  в почве за вегетационный период огурцов в зависимости от способа мульчирования почвы пленкой, мг/кг

Вариант	Горизонт, см	Межа	Рядок
Контроль	0-20	5,3	-
	20-40	4,1	-
В-90	0-20	5,4	5,9
	20-40	4,5	4,8
В-40	0-20	6,5	5,4
	20-40	4,8	3,8
Сплошное укрытие	0-20	6,2	-
	20-40	5,9	-
Черная пленка	0-20	7,3	-
	20-40	6,3	-

Установлено, что ботва огурцов, выращенная на мульчированной почве в различных вариантах, содержит фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ ) в 0,2–3,0 раза больше, чем на немумльчированной. Тенденции к постепенному накоплению фосфора в растениях в течение вегетационного периода выявить не удалось. Содержание калия в ботве огурцов находится в прямой зависимости от его содержания в почве. Овощи, собранные со всех вариантов, оказались более насыщенными калием, чем ботва: отношение содержания  $K_2O$  в овощах к его содержанию в ботве составляет для варианта В-90 –

В-40 – 5,0; сплошное укрытие прозрачной пленкой – 2,9, а черной пленкой – 6,2; контроль – 1,9. Кроме того, контрольные огурцы в 2,1–5,4 раза беднее калием, овощи, выращенные на мульчированной почве.

Таким образом, в сложной гетерогенной экосистеме «вода-почва-растение» протекают различные физико-химические (растворение и вымывание солей, гидролиз, катионный обмен, окислительно-восстановительные реакции), биохимические (нитрификация, минерализация растительных остатков) и др. процессы. В большинстве случаев укрытие почвы полиэтиленовой пленкой способствует накоплению элементов питания в различных горизонтах почвы. Как правило, нижние слои почвы (20–40 см) содержат большее количество веществ по сравнению с поверхностным слоем (0–20 см).

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Александрова, Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова – Л: Колос, 1976. – 280 с.
- Радов, А.С. Практикум по агрохимии / А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков – Л: Колос, 2001. – 197 с.
- Романова, С.М. Практикум по гидрохимии / С.М. Р – Алматы: Казак университет, 2010. – 88 с.
- Русанов, А.К. Основы количественного спектрального анализа руд и минералов / А.К. 2-е изд. – М: Недра, 1997. – 400 с.
- Разработать теоретические основы повышения плодородия почв в севооборотах в условиях юга и юго-востока Казахстана: отчет по теме РМСХ.001, КИЗ. Науч. рук. М.И. Рубенштейн, А.А. Жансугуров. – п. Алмалыбак, 1981. – 160 с.
- Федорин, Ю.В. Земельные ресурсы предгорных равнин Казахстана / Ю.В. Федорин. – Алматы: Кайнар, 1977. – 187 с.

УДК 504.54

А. ФЛИС

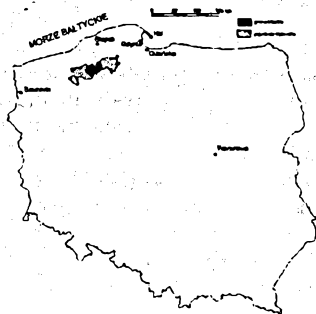
Поморская Академия, г.Слупск, Республика Польша

#### ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЛЬСКИХ ЛАНДШАФТОВ БЫТОВСКОГО ОЗЕРЬЯ В СВЕТЕ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ

This paper attempts to assess the landscape structure of the rural landscape of the Bytów Lake District the design and development of sustainable landscapes. The analysis of the natural conditions of the area has been made, i.e. abiotic components: relief, water conditions, soil, and biotic: real vegetation; the existing anthropogenic objects, their scale and location in the landscape have been recognized, as well as the basic elements of landscape environmental structures such as environmental corridors and nodes.

Согласно идее сбалансированного развития природные условия определяют развитие социально-экономических функций и оказывают влияние на потенциал развития области. Исследование ресурсов и ценных качеств (достоинств) окружающей среды является приоритетной задачей, реализация которой позволяет создать ландшафтное пространство, гарантирующее экологическую безопасность и соответствующее качество жизни человека (Герман 2004, Климко 2006, Солон, 2006).

Настоящая статья посвящена исследованию структуры сельских ландшафтов территориальной единицы Бытовского Поозерья: гмины Мясшко (рис. 1).



**Рисунок 1 – Локализация Бытовского Поозерья и гмины Мясшко на территории Польши**

Исследовательская проблематика включает анализ природных условий территории, а в особенности абioticких компонентов, таких как рельеф, водные условия, типы почв, поверхностных и биотических образований: фактической растительности; идентификацию форм землепользования, а на заключительном этапе оценку совместимости использования ландшафтного пространства с условиями природной среды. Результатом работы является попытка оптимизировать ландшафт, заключающаяся в указании действий, которые могут способствовать сохранению наиболее желательных функций сельских ландшафтов с точки зрения функционирования природы, а также их освоения и использования человеком (табл. 1).

**Таблица 1 – Оптимизация использования сельского ландшафта на территории гмины Мясшко**

Формы рельефа территории	Существующие типы землепользования/текущая функция	Литологические и почвенные характеристики	Соответствие пользования природным условиям	Желательные действия по оптимизации функций
Речные долины на высоте 75-125 м. н.у.м.	Пастбища, леса и зеленые массивы, городская застройка	Пойменные почвы, торф пастбища, средние слабые и очень слабые	На большей части территории направления пользования соответствуют природным условиям	Высадка плодовых растений на склонах крутых откосов
Речные долины на высоте 100-165 м. н.у.м.	Леса, луга, подмошки участки	Торф, Пастбища средние	Правильно сформированная структура использования территории	Сохранение и восстановление существующих элементов биологического разнообразия
Равнины на высоте 90-120 м. н.у.м.	Леса, пахотные земли	Пески глинистые, пески слабо глинистые и пески глинистые тугие на глине, коричневые почвы сельскохозяйственные ландшафты	Пользование соответствует абioticким условиям окружающей среды	Мероприятия по сохранению и уходу за существующими формами пользования



тематические научно-технические и экологические  
 проблемы сохранения среды обитания»

<p>нины на вы-          те 175-185 м.          н.у.м.</p>	<p>Пахотные земли,          небольшая доля          использования          лесных, луговых и          подмокших уго-          лий, залежные          земли</p>	<p>Пески слабо гли-          нистые, глини-          стые, частично за-          легающие на гли-          не, рыхлые пески          доминируют сель-          скохозяйственные          ландшафты</p>	<p>Пользование час-          тично соответст-          вует абиотическим          особенностям ок-          ружающей среды</p>	<p>Структура пользо-          вания требует час-          тичных преобра-          зований: посадка          лесов на самых          слабых почвах на          песках, высадка          зеленых насажде-          ний и поясов рас-          тительности для          противозрозион-          ной функции</p>
<p>Равнинно-          глинистые тер-          ритории высотой          0-140 м.н.у.м.</p>	<p>Пахотные земли с          небольшой долей          лесных массивов и          застройки</p>	<p>Пески глинистые          и тугие глинистые          на лине, коричне-          вые почвы, сель-          скохозяйственные          ландшафты</p>	<p>Пользование соот-          ветствует абиоти-          ческим условиям          окружающей сре-          ды</p>	<p>Мероприятия по          сохранению и          уходу за существ-          вующими форма-          ми пользования,          укрепление про-          тивозрозионной          функции на возде-          лываемых терри-          ториях</p>
<p>глинистые тер-          ритории высотой          0-200 м.н.у.м.</p>	<p>Мозаика лесо-          пользования (дос-          таточно крупные          компактные ком-          плексы) и          землепользования          (пашни и пастби-          ща), застроек и          озер</p>	<p>Пески слабо гли-          нистые и глини-          стые на песках          или на, глине, ко-          ричневые и псев-          доподзольные          почвы сельскохо-          зяйственные          ландшафты</p>	<p>В общем пользо-          вание территории          соответствует          абиотическим ус-          ловиям, требуется          улучшение про-          странственной и          функциональной          структуры ланд-          шафта</p>	<p>Мероприятия по          улучшению струк-          туры пользования          путем увеличения          постоянной расти-          тельности (обло-          жение дерном или          посадка деревьев)          с охранными и          противозрозион-          ными функциями          (напр., обрамле-          ния озер и водото-          ков, границы лес-          ов и полей, межи          внутри полей, мел-          лиорационные          рвы), повышения          уровня лесистости          путем облесения          наиболее слабых          почв</p>
<p>луговые тер-          ритории высотой          0-190 м.н.у.м.</p>	<p>Леса, пахотные          земли, застройка</p>	<p>Пески слабо гли-          нистые и глини-          стые, сельскохо-          зяйственные          ландшафты ко-          ричневые почвы</p>	<p>Пользование соот-          ветствует абиоти-          ческим условиям          окружающей сре-          ды</p>	<p>Мероприятия по          сохранению и          уходу за существ-          вующими форма-          ми пользования</p>

<p><b>Бугристые территории высотой 190-235 м. н.у.м.</b></p>	<p>Леса, подмокшие участки, воды, (озера) луга и пашни, единичная сельская застройка или небольшие ее скопления</p>	<p>Пески слабо глинистые и глинистые на глине или на песках, коричневые и подзолные почвы, сельскохозяйственные ландшафты</p>	<p>Пользование частично соответствует абioticеским особенностям окружающей среды</p>	<p>Структура пользования требует четких преобразований: посадок лесов на самых слабых почвах песках, обложение дерном крутых склонов, высадка зеленых насаждений и поясов ртительности для противозрозной функции</p>
<p><b>Территории с возвышенностями высотой 180-228 м.н.у.м.</b></p>	<p>Леса, подмокшие участки</p>	<p>Лесные массивы, местами торфянистые</p>	<p>Пользование соответствует абioticеским условиям окружающей среды</p>	<p>Сохранение существующего состояния, мероприятия по уходу в лесных территориях</p>
<p><b>Территории с возвышенностями высотой 200-239 м. н.у.м.</b></p>	<p>Леса с добавлением пахотных земель, лугов и водно-болотных участков</p>	<p>Лесные массивы, на открытых площадях: пески глинистые и слабоглинистые на глине, слабый комплекс сельхозпригодности почв, пастбища - средние</p>	<p>Пользование соответствует абioticеским условиям окружающей среды</p>	<p>Сохранение существующего состояния, свободных леса фрагменты укрепление водоохранной и противозрозной функции</p>

Проведенная оптимизация сельских ландшафтов центральной части Бытовского Поозерья может иметь практическое применение в процессе пространственного планирования, а в особенности на этапе разработки мероприятий, связанных с изменениями в использовании ландшафта анализируемой территории, как минимум в процедуре принятия решений относительно изменений в использовании территории условий застройки.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. German, K. Poła zastosowań wiedzy o środowisku przyrodniczym w strategii zrównoważonego rozwoju regionów // Problemy Ekologii Krajobrazu. – Kielce, 2004. – Т. XII.
2. Klimko, R. Restrukturyzacja krajobrazów – projektowanie dla przyszłości // Problemy Ekologii Krajobrazu / Red. R. Klimko. – W.: Restrukturyzacja i projektowanie systemów terytorialnych krajobrazowych, 2006 – Т. XV.
3. Solon, J. O potrzebie uwzględniania roślinności naturalnej i półnaturalnej w planowaniu przestrzennym w wiejskim krajobrazie kulturowym. W: krajobraz kulturowy – cechy, walory, rona // Problemy Ekologii Krajobrazu / Red. W. Wołoszyn. – Lublin, 2006. – Т. XVIII.

УДК 556.476.7

**Р.А. ЮРЕВИЧ, О.Е. ФРОЛОВА**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»,  
Минск

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ И КАНАЛОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Provides information on the current condition and use of reservoirs Mogilev region. The ways of using them in aspect. Provides data on drainage systems in the context of administrative districts.

This article is based on materials inventories of water bodies, held at RUE "CRI-UWR" in 2008–2010.

Для оценки современного состояния водных объектов РУП «ЦНИИКИВР» в 2008–2010 гг. проводилась их инвентаризация.

В ходе инвентаризации водохранилищного фонда выявлено, что регулирование стока в Могилевской области осуществляется 17 водохранилищами с суммарным полным объемом 131,17 и полезным 47,08 млн м<sup>3</sup>. Площадь водного зеркала всех водохранилищ составляет 55,58 км<sup>2</sup>. Наиболее крупными из них являются Чигиринское, Осиповичское, Тетеринское, в которых сосредоточено более 70 % полного объема зарегулированного стока области.

Основное количество водохранилищ в области – русловые водохранилища сезонного регулирования стока.

Создание водохранилищ в области связано с решением острых водохозяйственных и энергетических проблем.

Так, малые водохранилища создавались с организацией осушительно-увлажнительных мероприятий и рыборазведения, в современных условиях утратили свое первоначальное назначение и используются в целях рекреации местного населения.

В энергетических целях используются Осиповичское, Чигиринское и Тетеринское водохранилища. Установленная мощность Осиповичской ГЭС – 2175 кВт, Чигиринской – 1500 кВт и Тетеринской – 375 кВт.

В составе участников водохозяйственного комплекса Осиповичского и Чигиринского водохранилищ входит рекреация, причем наибольшее количество рекреационных учреждений функционирует лишь в летний период.

Анализ использования водохранилищного фонда Могилевской области показал, что их ресурсный потенциал используется недостаточно.

В целях интенсификации использования водохранилищ представляется необходимым их зарыбление, выполнение расчета рекреационной нагрузки для различных видов водной рекреации, обеспечивающих сохранение экологическое состояние водохранилищ.

Инвентаризация гидромелиоративных систем в пределах области проводилась в рамках административных районов. Источниками информации являлись данные предприятий мелиоративных систем (ПМС), топографические карты масштаба 1:25000, 1:10000, данные справочных и литературных источников.

Следует подчеркнуть, что при выполнении инвентаризации гидромелиоративных систем составлялись две таблицы.

В первой приводились данные о названии гидромелиоративных систем, площади протяженности открытой сети, в т.ч. магистральных каналов, наличии на открытой сети гидротехнических сооружений (мост, шлюз-регулятор, труба-регулятор, труба-переезд, пешеходный мост). Для каждой мелиоративной системы выполнена привязка к реке-водоприемнику.

Во второй таблице приводились сведения о наиболее крупных магистральных каналах, где указаны их морфометрические параметры, исток и устья, год строительства. Эти таблицы из-за большого объема не приводятся в данной статье, а даны лишь обобщенные данные.

В таблице 1 указано количество гидромелиоративных систем в административном районе и суммарные данные об их площади, протяженности открытой сети и магистральных каналов, количестве гидротехнических сооружений.

Таблица 1 – Общие сведения о мелиоративных системах Республики Беларусь

Название административного района	Площадь мелиоративной системы, тыс. га	Протяженность открытой сети, тыс. км	Протяженность магистральных, проводящих каналов, тыс. км	Гидротехнические сооружения				
				мосты	шлюз-регулятор	труба-регулятор	труба-переезд	пешеходный мост
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бельницкий	14,72	0,76	0,40	19	12	36	216	65
Бобруйский	24,85	1,22	0,53	52	30	136	363	116
Быховский	24,41	1,30	-	66	34	135	353	83
Глусский	26,39	1,22	0,72	28	21	166	383	84
Горещий	19,44	0,44	0,28	14	4	20	104	32
Дрибинский	5,47	0,20	0,13	1	1	8	63	26
Кировский	15,03	0,67	0,38	17	24	57	167	28
Климовичский	14,16	0,61	0,24	13	21	219	13	63
Кличевский	19,80	1,05	0,08	21	13	99	442	98
Костюковичский	12,12	0,61	0,52	12	14	24	278	63
Краснопольский	8,89	0,37	0,30	3	8	37	78	15
Кричевский	6,56	0,25	0,16	8	11	19	63	36
Круглянский	7,69	0,22	0,17	2	5	13	90	11
Могилевский	17,60	0,91	0,47	12	26	63	223	35
Мстиславский	10,27	0,53	0,15	20	3	13	164	37
Осиповичский	26,76	1,04	0,57	7	16	116	323	100
Славгородский	12,19	0,51	0,31	9	11	37	87	17
Хотимский	11,99	0,39	0,24	14	4	26	176	43
Чаусский	12,31	0,47	0,38	10	12	33	141	41
Чериковский	4,90	0,27	0,16	5	1	12	105	25
Шкловский	6,93	0,25	0,13	6	11	24	59	20

Как видно из приведенных в таблице данных, в настоящее время насчитывается 18 мелиоративных систем, их суммарная площадь составляет 302,7 тыс.га, протяженность открытой сети – 13,3 тыс.км.

Наибольшая протяженность мелиоративных каналов отмечена в Быховском, Глусском, Бобруйском районах, к 1,3; 1,22; 1,2 тыс.км.

В таблице 2 приведены основные сведения о 8 наиболее крупных магистральных каналах, являющихся приемниками мелиоративных вод.

Таблица 2 – Основные каналы Могилевской области

№ п/п	Наименование канала	Исток	Устье	Длина, км
1	Т-1, Трасна	1,3 км СВ д. Забродье, Быховского р-на	0,5 км Ю д. Никоновичи, р. Трасна Быховского р-на	10,8
2	Малиновский	д. Селец, Глусского р-на	3 км СВ д. Бабарово Глусского р-на	19,0
3	С-5, Славковичский	5,5 км СЗ д. Амур Глусского р-на	2,5 км д. Чапаева Глусского р-на Славковичско-Яминский к-л	16,6
4	Хороменский	3,5 км от д. Хоромцы Глусского р-на	4,5 км ЮЗ д. Катка р. Птичь Глусского р-на	83,0
5	Красная Канава	2 км СВ д. Красник Осиповичского р-на	д. Евсеевичи р. Птичь Глусского р-на	24,0
6	Протосевичский	оз.Громечи Пуховичского р-на	г. Осиповичи р. Синяя	20,0
7	Логинский	оз. Логинское Осиповичского р-на	1 км ЮВ д. Болоча р. Болочанка Пуховичского р-на	12,0
8	им. Ленина	1 км ЮЗ д. Затишье Шкловского р-на	1 км ЮЗ д. Вабич Шкловского р-на	14,0

**Секция**

***«Энерго- и ресурсосбережение, охрана  
воздушного бассейна»***

УДК 551.55:551.52

Г.Г. КАМЛЮК

Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр»  
департамента по гидрометеорологии Минприроды, г. Минск

## ОЦЕНКА ВЕТРО- И ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

The actualised information on the assessment of wind and solar energy resources on the territory of the Republic of Belarus which is available in the State Institution "Republican Hydrometeorological Center" are presented in this paper. The recommendations and the main guidelines of effective use of these resources for power-engineering are made.

Энергетика Республики Беларусь является жизнеобеспечивающей системой, базовым элементом, гарантирующим целостность и эффективность работы всех отраслей и субъектов экономики. В Республике Беларусь, имеющей дефицит собственных энергоресурсов, уделяется большое внимание использованию как традиционных источников получения электроэнергии, так возобновляемых ресурсов, в частности ветро- и гелиоэнергетических, которые являются экологически безопасными и общедоступными.

1 Оценка ветроэнергетических ресурсов.

1.1 Ветер как энергетический источник характеризуется большой изменчивостью скоростей и направлений движения воздушных масс. Это приводит к изменению кинетической энергии ветрового потока в больших пределах за короткие промежутки времени: от нулевой энергии при штилях и до многократно превышающей среднюю годовую скорость – в периоды ураганных усилений скорости ветра. Как следствие, электроэнергия, вырабатываемая ветроэнергетической установкой (ВЭУ), отличается непостоянством напряжения и частоты тока.

На территории Республики Беларусь с учетом ветрового режима и рельефа определено более 1800 строительных площадок, которые обладают необходимым ветроэнергетическим потенциалом (ВЭП) для размещения ВЭУ и ветропарков [1]. На этих площадках средняя годовая скорость ветра на высоте 100 м от поверхности земли достигает значений 6–7 м/с и выше [6, 7].

В Государственном учреждении «Республиканский гидрометеорологический центр» в 2009–2010 годах была проведена работа по актуализации накопленной информации о ветроэнергетических ресурсах (ВЭР) в рамках выполнения задания «Оценка ветроэнергетических ресурсов и разработка рекомендаций по выбору мест размещения ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь» Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность».

Необходимость выполнения указанного задания продиктована потеплением климата и устойчивым снижением средних годовых скоростей ветра. Кроме того, начато внедрение ВЭУ мощностью свыше 1,5 МВт и высотами расположения осей вращения статоров 80–100 м (и более) над поверхностью земли [4].

1.2 Основываясь на многолетних данных приземных метеорологических наблюдений и радиозондирования атмосферы, полученных со стационарных пунктов гидрометеорологических наблюдений территории Республики Беларусь, были проведены исследования ВЭР и построены карты-схемы:

– распределения средних многолетних (по сезонам года и за год) скоростей ветра на различных высотах от поверхности земли [7];

– возможной годовой выработки электроэнергии с учетом технического ВЭП д ВЭУ установленной мощностью 2,5 МВт на различных высотах от поверхности земли. Все результаты исследований были использованы при составлении макета Атла ветров Республики Беларусь (существует в виде электронной версии) [5].

## 2 Оценка гелиоэнергетических ресурсов.

Солнечная энергия – универсальный и доступный источник энергии, которую можно использовать как в виде тепла, так и преобразовывать в электрическую энергию. Развитие гелиоэнергетики в мире в значительной степени зависит не только от величины гелиоресурсов каждой конкретной территории, но и от технического уровня развития преобразователей энергии, и в частности, от их коэффициента полезного действия (КПД).

2.1 По данным Республиканского гидрометеоцентра на территории Республики Беларусь приход суммарной солнечной радиации в виде накопленных в течение года сумм находится в пределах от 3800 МДж/м<sup>2</sup> по северо-востоку страны до 4100 МДж/м<sup>2</sup> – на северо-западе, юге и юго-востоке [8].

Доля прямой солнечной радиации в суммарной солнечной радиации составляет примерно 45-55 %, остальная часть приходится на рассеянную солнечную радиацию.

На территории страны наименее закрыта облаками юго-восточная часть (Гомельская область), наиболее закрыты – север и северо-восток (Витебская область). Продолжительность солнечного сияния в год на территории страны составляет от 1730 ч. в Гродненской области до 1855-1870 ч. – в Гомельской области.

Количество дней, в течение которых на небосводе полностью отсутствует солнечное сияние из-за сплошной плотной облачности, составляет от 98-103 в Брестской, Гомельской и Могилевской областях, до 102-112 – в Минской и Витебской. Это примерно 3,5 месяца в году, и, как правило, они приходятся на зимний период.

## 2.2 Перспективы развития гелиоэнергетики в Республике Беларусь.

Как показывает опыт, солнечные лучи ежегодно приносят в Беларусь в 20 раз больше тепловой энергии, чем мы потребляем. На сегодня в Республике Беларусь целесообразны три варианта использования солнечной энергии:

- для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных коллекторов;
- для строительства домов на принципах «солнечной архитектуры»;
- для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок.

Коэффициент полезного действия солнечных коллекторов – 40 % и выше. Зимнюю установку можно интегрировать со стандартной системой отопления. Срок службы коллектора составляет 20–25 лет, гарантия бесперебойной работы – 5 лет. Высококачественные в техническом отношении коллекторы позволяют рассматривать хозяйственное использование солнечной энергии уже не как дело будущего, а как реально испытанную в повседневной практике.

Если производить проектирование зданий с учетом гелиоэнергетического потенциала местности и условий для саморегулирования их теплового режима, то за счет использования гелиоресурсов расход энергии на теплоснабжение можно сократить на 20–60 %.

На территории Республики Беларусь, как и на европейской части России, гелиоресурсы при использовании фотогенераторов (фотоэлементов), наклоненных под углом, равным широте места, можно получить около 120 кВт·ч/м<sup>2</sup>, в то время как при использовании солнечного коллектора, наклоненного под тем же углом – 500 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

## Выводы

1. Представленные данные позволяют сделать вывод о том, что Республика Беларусь обладает достаточным ветроэнергетическим потенциалом для экономического обоснованного внедрения ВЭУ. По итогам исследований технический ВЭП территории



ни страны, определенный по годовой выработке электроэнергии на площадке с одной ВЭУ и с коэффициентом ее полезного действия около 0,25, оценен примерно в 5–9,0 млрд. кВт·ч.

С учетом особенностей рельефа и средних скоростей ветра наиболее перспективными для развития ветроэнергетической отрасли на территории Республики Беларусь являются районы с абсолютными отметками 250 м и более над уровнем моря. На этих территориях, на высотах 80–100 м и выше от поверхности земли целесообразно располагать оси роторов ВЭУ: установленной мощностью 1,5–2,5 МВт. Для территорий с абсолютными отметками ниже 250 м могут решаться локальные задачи выработки электроэнергии ВЭУ меньшей мощности [2].

Откорректированный подход к оценке ВЭП, правильное использование информации ближайших пунктов приземных метеорологических наблюдений при проведении мониторинга параметров ветра позволят избежать грубых ошибок при обосновании энергоэффективности внедрения ветроэнергетического оборудования.

2. Эффективность использования гелиоэнергетических ресурсов в условиях Республики Беларусь в первую очередь связана с повышением КПД преобразования солнечной энергии, что, например, для фотоэлектрических генераторов позволит уменьшить занимаемые ими площади и снизить их стоимость. Сегодня КПД солнечных установок для получения электрического тока находится в пределах 6–17 %, в то время как в системах отопления за счет тепловой энергии солнца КПД повышается до 30–45 % [3].

Очень важно, исходя из поставленных задач и правильно оценив гелиоресурсы каждой конкретной территории, а также свои финансовые возможности, выбрать наиболее оптимальный способ утилизации солнечной энергии.

Таким образом, наиболее эффективным является использование энергии солнца для обогрева домов и снабжения их горячей водой, тем более, что эти установки можно внедрять в уже существующие у нас системы отопления. Строительство зданий на принципах «солнечной архитектуры» позволит снизить годовое теплосодержание до 70–80 кВт/м<sup>2</sup> [3].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ветроэнергоресурсы и условия возведения ветроэнергетических установок на территории восточной Прибалтийско-Черноморской зоны Европы / Н.А. Лаврентьев, Г.В. Волобуева, И. Гноевой, Г.Г. Камлюк, В.И. Евчук – Мн.: ООО «Белветроэнерго», 2002. – 454 с.
- Ветроэнергетика Республики Беларусь: состояние и перспективы развития / Г.Г. Камлюк // Научно-практический журнал «Энергетическая стратегия». – Мн., 2011. – №2(26). – 66–68 с.
- Гелиоэнергетические ресурсы и перспективы развития гелиоэнергетики в Республике Беларусь / Научно-практический журнал «Энергоэффективность». – Мн., 2012. – № 6. – 35–37 с.
- К вопросу об оценке ветроэнергетического потенциала зон внедрения ветроэнергетических установок (ВЭУ) в Республике Беларусь / Г.Г. Камлюк // Научно-практический журнал «Энергоэффективность». – Мн., 2011. – № 1. – 21–24 с.
- Оценка ветроэнергетических ресурсов и разработка рекомендаций по выбору мест размещения ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь: отчет о НИР / У «Республиканский гидрометеорологический центр». – Мн., 2010. – 359 л.
- Оценка ветроэнергетического потенциала Республики Беларусь / Г.Г. Камлюк // Научно-практический журнал «Энергетическая стратегия». – Мн., 2011. – №1 (19). – 74–76 с.
- Справочник по климату Беларуси. – Мн., 2007. – Часть 4: Ветер, атмосферное давление. – 124 с.
- Справочник по климату Беларуси. – Мн., 2007. – Часть 5: Влажность воздуха, солнечное излучение, метеорологическая дальность видимости. – 65 с.

УДК 621.548

**А.Г. ЛУКАШЕВИЧ, Э.А. МИХАЛЫЧЕВА, А.Г. ТРИФОНОВ**

«Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны»  
НАН Беларуси, г. Минск

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОТУРБИНЫ**

This paper presents application of wind climate numerical modeling for the assessment wind energy resource and evaluation of the potential wind power output from wind turbine stallations of various capacity taking into account of district relief and meteorological data

Дефицит собственных ископаемых топливных ресурсов в Беларуси и особенно экономических взаимоотношений с поставщиками топлива и энергии из других стран требуют изменения подходов к обеспечению республики топливно-энергетическими ресурсами. Использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) в составе ветроэлектрических станций (ВЭС) поможет решить экологические и экономические проблемы энергетике, 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 и мощности турбин ветроэнергетических установок. Тщательный учет не только метеорологических условий местности, но и условий рельефа, застройки, шероховатости поверхности, а также определение возможной выработки энергии ВЭУ в зависимости от ее мощности, позволяет выбрать площадки для расположения ВЭУ и ВЭС, где скорость ветра значительно превышает фоновую, следовательно можно получить лучшие технико-экономические показатели ветроустановок.

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.

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:

$$P = \int_0^{\infty} P(u) f(u) du$$

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:

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

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,  $\rho$  – плотность воздуха.

В работе с использованием программного комплекса WASP определены ветровой потенциал площадки и возможное ежегодное производство энергии ветроэнергетическими установками в зависимости от выбранной мощности ветротурбин для площадки, находящейся вблизи д. Криштофово Дзержинского района Минской области. Топографическая карта участка расположения измерительной мачты и ВЭУ представлена на рисунке 1.

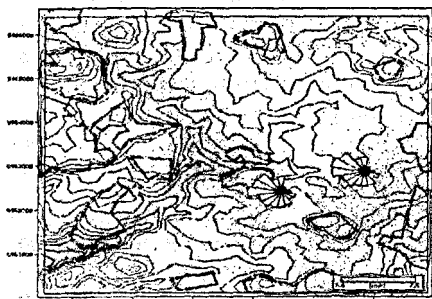


Рисунок 1 — Топографическая карта района вблизи д. Криштофово

Результаты расчета регионального ветроклимата представлены в таблице 1. Характеристики регионального ветроклимата были рассчитаны для четырех значений длины шероховатости (0,000 м, 0,030 м; 0,100 м; 0,400 м) и 3 высот (50 м, 100 м, 200 м) над уровнем поверхности. Расчеты суммарной годовой выработки энергии были проведены для установок с координатами размещения (56091,5995941), высота площадки 299,0 метра над уровнем моря. Расположение измерительной мачты и ветроустановки на оцифрованной карте рельефа местности, статистическое распределение удельной мощности ветрового потока по секторам для измерительной мачты и ветроустановки представлено на рисунке 2.

Таблица 1 — Общие характеристики регионального ветроклимата

Высота, м	Параметр	Длина шероховатости, м			
		0,00	0,03	0,1	0,4
0,0	Коэффициент Вейбулла А	8,0	6,6	6,0	5,3
	Коэффициент Вейбулла k	2,38	2,30	2,25	2,24
	Средняя скорость U, [м/с]	7,11	5,87	5,35	4,65
	Удельная мощность E, [Вт/м <sup>2</sup> ]	361	208	160	106
100,0	Коэффициент Вейбулла А	8,7	7,9	7,2	6,3
	Коэффициент Вейбулла k	2,31	2,45	2,46	2,54
	Средняя скорость [м/с]	7,71	6,97	6,38	5,62
	Удельная мощность [Вт/м <sup>2</sup> ]	471	332	253	169
200,0	Коэффициент Вейбулла А	9,6	9,8	8,9	7,7
	Коэффициент Вейбулла k	2,19	2,34	2,36	2,45
	Средняя скорость U, [м/с]	8,52	8,66	7,87	6,86
	Удельная мощность E, [Вт/м <sup>2</sup> ]	665	660	491	317



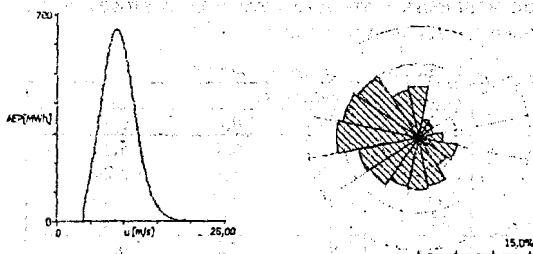
**Рисунок 2 — Расположение измерительной мачты и ветроустановки на оцифрованной карте рельефа местности, частотное распределение удельной мощности ветрового потока по секторам для измерительной мачты ветроустановки**

Средняя мощность и ежегодное производство энергии были оценены для четырех ветроустановок мощностью 1; 1,5; 2 и 2,5 МВт с высотами центров ветроколес 60 и 100 м. Результаты вычисления суммарной годовой выработки энергии ВЭУ для отдельных турбин представлены в таблице 2.

**Таблица 2 — Результаты вычисления суммарной годовой выработки энергии ВЭУ турбин различной мощности**

Тип турбины	Высота ветроколеса, [м]	Суммарная годовая выработка энергии, [ГВт·ч]
Вопус 1 МВт	60	1,513
Вопус 1,5 МВт	80	2,315
Вопус 2 МВт	100	4,620
2,5 МВт	100	4,620

Гистограмма частотного распределения скорости ветра по секторам и возможная годовая выработка энергии ВЭУ (турбина Вopус 1 МВт) в зависимости от частотного распределения скорости ветра представлены на рисунке 3. Годовая выработка энергии, вычисленная с помощью параметров Вейбулла, составляет соответственно для четырех типов турбин: 1,513; 2,315; 4,620; и 4,620 ГВт·ч.



**Рисунок 3 — Гистограмма частотного распределения скорости ветра по секторам для площадки Криштофово возможная годовая выработка энергии ВЭУ 1 МВт**

Выработка энергии ВЭУ зависит от конструктивных особенностей ВЭУ (площадь ветроколеса) и средней скорости ветра, а значит, и удельной мощности ветрового потока. Скорость ветра растет пропорционально увеличению высоты расположения ветроколеса турбины ВЭУ, поэтому с увеличением последней можно достичь большей годовой выработки энергии (таблицы 1, 2). Однако увеличение мощности используемой ветротурбины более 2 МВт при скоростях ветра менее 10 м/с не дает заметного увеличения выработки энергии вследствие конструктивных особенностей ВЭУ и

ительного времени остановов из-за большой начальной пусковой скорости ВЭУ. Оптимальная мощность ветроустановок для условий нашей республики – от 1 до 2 МВт. Стоимость ветроустановок, особенно большой мощности достаточно высока, поэтому предварительная оценка ветрового климата в предполагаемом районе размещения ВЭУ, определение ветропотенциала с учетом влияния сложного рельефа местности, искусственных препятствий и шероховатости поверхности земли и соответствующих характеристик ветротурбины ВЭУ позволяет повысить эффективность строительства и использования ветроэнергетических установок.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ветер и атмосферное давление: справочник по климату Республики Беларусь / Республиканский гидрометеорологический центр. – Минск: Минприроды РБ, 2000. – 425 с.
- Правила размещения и проектирования ветроэнергетических установок: ТКП 17.02-02-010 (02120). – Введ. 01.05.2010. – Минск: Минприроды РБ, 2010. – 19 с.
- Trifonov, A. Use of geoinformation technologies for a choice of wind-driven powerplant sites taking into account of relief and incomplete meteorological data/ A.Trifonov, R. Heling, A.Lukashевич, E. Mikhalycheva, A.Andrijievskij// Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – Minsk, 2009. – №1. – P. 81–86.

УДК 62-784.43

**В.М. НОВИКОВ, С.Г. НАГУРНЫЙ**

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

#### **СТРУЙНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ ВОЗДУХА НА ОБЪЕКТАХ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

Considered inkjet system for localization and purification of significant quantities of air.

В результате проведенных экспериментальных исследований доказано, что с помощью струйных комплексов, образованных водосливами с круглым ребром, установленных ступенчато, можно значительно повысить устойчивость работы объектов гражданской обороны и длительность пребывания на них людей при том же технологическом оснащении систем очистки воздуха (не считая струйного комплекса).

В частности, можно повысить продолжительность работы фильтров-поглотителей без ухудшения качества очистки воздуха) в 3–4 раза.

Струйный комплекс, оснащён струйным аппаратом с водосливами с круглым ребром, установленным ступенчато, что позволяет навести куполообразную жидкостную завесу значительных размеров. Куполообразная жидкостная завеса выполняет роль гидрофильтра, он значительно уменьшает содержание продуктов радиоактивного распада и газа, содержащего в воздухе, подаваемого на объект гражданской обороны.

На рисунке представлена схема струйного комплекса для локализации и очистки значительных объёмов воздуха на объектах гражданской обороны.

Комплекс размещается на удалении 40...50 м от убежища и устраивается в специальном котловане или защищается земляным валом I.

Локализованный объём воздуха 2 соединён с системой вентиляции убежища главным воздуховодом 16, который в верхней своей части имеет оголовок и жалюзи.

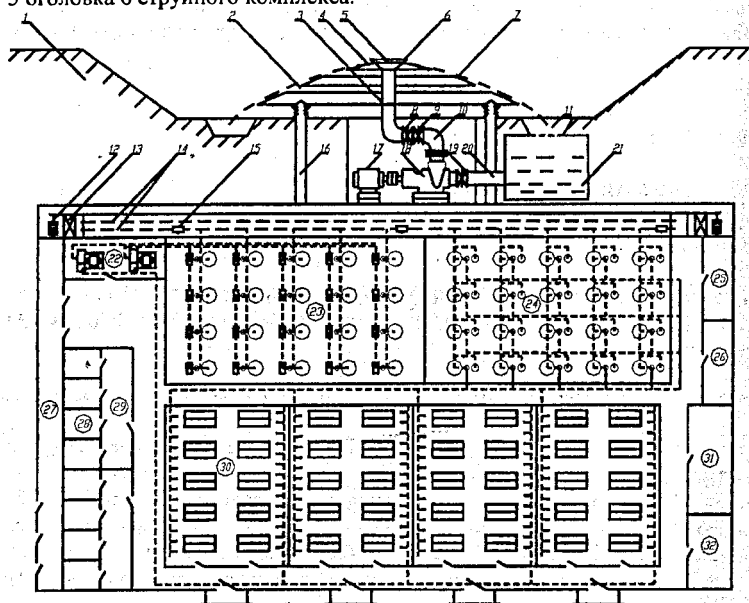
Куполообразная жидкостная завеса 4 защищает локализованный объём воздуха от радиоактивной пыли, бактериальных средств и частично от отравляющих веществ и газов, а также является гидрофильтром при значительном заборе воздуха из атмосферы.

Струйный комплекс включается в работу с помощью системы автоматического управления, которая реагирует на вспышку при ядерном взрыве (или включается вручную при использовании химического или бактериологического оружия) [1...3].

Система автоматического управления включает в электрическую сеть электродвигатель 17, который осуществляет привод центробежного насоса 18.

Вода или реологический раствор из приёмного резервуара 21 по всасывающему трубопроводу 20 подаётся в нагнетательный трубопровод 10. В контур всасывающего 20 и нагнетательного 10 трубопроводов включены две задвижки 8 и 19, а также обратный клапан 9.

Из нагнетательного трубопровода 10 вода подаётся в стояк 3 и далее в приёмную чашу 5 оголовка 6 струйного комплекса.



- 1 – земляной вал, 2 – локализованный объём воздуха, 3 – стояк, 4 – куполообразная жидкостная завеса, 5 – приёмная чаша, 6 – оголовок, 7 – водослив с круглым ребром, 8, 19 – задвижки, 9 – обратный клапан, 10 – нагнетательный трубопровод, 11 – обводнительный канал, 12 – противовзрывное устройство, 13 – противопыльные фильтры, 14 – воздуховод, 15 – герметический клапан, 16 – главный воздуховод, 17 – электродвигатель, 18 – насос, 20 – всасывающий трубопровод, 21 – приёмный резервуар, 22 – вентиляторы, 23 – фильтровентиляционные агрегаты, 24 – отделение регенерации воздуха, 25 – электростанция, 26, 27, 28, 29, 31, 32 – бытовые помещения, 30 – отсеки размещения людей

*Рисунок 1 – Схема струйного комплекса для локализации и очистки значительных объёмов воздуха на объектах гражданской обороны*

На выходе из приёмной чаши 5 образуется куполообразная жидкостная завеса 4, которая, переливаясь с одной ступени водосливов с круглым ребром 7 на другую, выкается в нижней своей части с поверхностью обводнительного канала 11, локализуя значительный объём воздуха 2.

В локализованный объём воздуха 2 внедрены два оголовка с жалюзи главных воздухопроводов 16. Главные воздухопроводы 16 являются всасывающей линией вентиляторов 22 и соединены с камерами, в которых расположены противозрывные устройства 12 и противопыльные фильтры 13.

Предварительно очищенный воздух подаётся в убежище по двум воздухопроводам, проходящим вдоль убежища. Из воздухопровода 14 воздух забирается по распределительным воздухопроводам в отделение фильтровентиляционных агрегатов 23, где установлено расчётное количество агрегатов ФВА-49. В фильтровентиляционных агрегатах ФВА-49 воздух окончательно очищается от отравляющих веществ и газов, а также от бактериальных средств. Очищенный воздух вентиляторами 22 по воздухопроводам подаётся по отсекам 30, где размещены люди.

В отсеках 30, кроме воздухопроводов приточной вентиляции, размещены воздухопроводы вытяжной вентиляции. По воздухопроводам вытяжной вентиляции отработанный воздух подаётся в отделение регенерации воздуха 24. Отделение регенерации воздуха оборудовано расчётным числом блоков регенеративных патронов и кислородных баллонов. В отделении регенерации воздуха 24 проводится очистка последнего от углекислоты и стично влаги, а также обогащение кислородом. Очищенный воздух повторно подается по воздухопроводам во всасывающую линию вентиляторов и далее подмешивается к свежему воздуху, всасываемому из локализованного объёма воздуха 2.

Убежище оборудовано дизельной электростанцией 25, которая питает всё энергетическое оборудование струйного комплекса и убежища (электродвигатель насоса, электродвигатели вентиляторов, нагревательные печи, водогрейный котел, холодильники, освещение и т.д.).

В убежище предусмотрен целый ряд санитарно-бытовых помещений 26, 27, 28, 29, 31, 32, которые обеспечивают длительное пребывание людей на объекте гражданской обороны (до 1 месяца).

Струйные комплексы, образованные водосливами с круглым ребром, установленные ступенчато, необходимо широко внедрять на объектах гражданской обороны на предприятиях атомной энергетики и химической промышленности.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Устройство заглубленного воздухозабора убежища, локализованного куполообразной жидкостной завесой: пат. 9244 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) А 62В 13/00, В 05В 17/00, Е F1/00 / В.М. Новиков, С.Г. Нагурный, А.А. Шляхов; заявитель УО «Брест. гос. техн. ун-т». № и 20121078; заявл. 03.12.2012; опубл. 30.06.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3(92). – С. 171.
- Новиков, В.М. Применение струйных комплексов для защиты воздушной среды / В.М. Новиков, О.Б. Меженная, Ю.Н. Холязников // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. – Минск, 2005. – Том 2. – 258 с.
- Новиков, В.М. Закономерности диффузии газовых выбросов под куполообразную жидкостную завесу / В.М. Новиков, П.П. Строкач, Н.П. Яловая // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2003. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. – С. 69–75.

УДК 699.86

**В.Г. НОВОСЕЛЬЦЕВ**

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

## **ОБЗОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В БЕЛАРУСИ И ЗА РУБЕЖОМ**

The article suggests the installation of thermal neutralization of gas and air emission and using the workflow layer pulsating combustion.

### **Введение**

Постановлением правительства № 706 от 1 июня 2009 г. утверждена Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь. Она включает совокупность организационно-технических, нормативных и законодательно-правовых мер, охватывающих все этапы жизненного цикла здания, и определяет прогнозные объемы строительства энергоэффективных жилых домов на 2009–2015 гг. и на период до 2020 г.

### **Энергоэффективные дома за рубежом**

Под энергоэффективным жилым домом в Комплексной программе понимается жилой дом с удельным потреблением тепловой энергии на отопление не более 60 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год и в перспективе до 2020 года – до 30–40 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.

Понятие низкоэнергетический дом варьируется в Европе и в мире. Данный термин применяется к зданиям, построенным по стандартам с низким энергопотреблением, но поскольку в разных странах разные критерии оценки низкоэнергетического строительства, то в данном понятии существуют различия.

В Европе существует следующая классификация зданий в зависимости от уровня энергопотребления:

«Старое здание» (здание, построенное до 1970-х гг.) – оно требует для своего отопления около трехсот киловатт-часов на квадратный метр в год: 300 кВт·ч/м<sup>2</sup>год.

«Новое здание» (построенное в период с 1970-х до 2000 года) – не более 150 кВт·ч/м<sup>2</sup>год.

«Дом низкого потребления энергии» (с 2002 года в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта) – не более 60 кВт·ч/м<sup>2</sup>год.

«Пассивный дом» – не более 15 кВт·ч/м<sup>2</sup>год.

«Дом нулевой энергии» (здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что пассивный дом, но инженерно оснащенное таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает) – 0 кВт·ч/м<sup>2</sup>год.

«Дом плюс энергии» или «активный дом» (здание, которое с помощью установленного на нём инженерного оборудования – солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников и т.п. – вырабатывает больше энергии, чем само потребляло).

Директива энергетических показателей в строительстве (Energy Performance Buildings Directive), принятая странами Евросоюза в декабре 2009 года, требует, что



к 2020 году все новые здания были близки к энергетической нейтральности. В США стандарт требует, чтобы потребление энергии на отопление дома было бы не более 1 BTU на квадратный фут помещения. В Великобритании пассивный дом должен потреблять энергии на 77 % меньше обычного дома. В Ирландии пассивный дом должен потреблять энергии на 85 % меньше стандартного дома и выбрасывать в атмосферу CO<sub>2</sub> на 94 % меньше обычного дома.

Ограждающие конструкции (стены, окна, крыши, пол) стандартных домов имеют довольно большой коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительным потерям: например, теплопотери обыкновенного кирпичного здания – 250–350 кВт·ч с м<sup>2</sup> обогреваемой площади в год. Технология энергоэффективного дома предусматривает эффективную теплоизоляцию всех ограждающих поверхностей – не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента. В энергоэффективном доме формируется несколько слоёв теплоизоляции — внутренняя и внешняя. Это позволяет одновременно не выпускать тепло из дома и не впускать холод внутрь него. Также производится устранение «мостиков холода» в ограждающих конструкциях. В энергоэффективном доме используются вакуумные стеклопакеты, 1 – (два стекла) или 2-мерные (три стекла) стеклопакеты, заполненные низкотеплопроводным аргоном или криптоном, или стеклопакеты, собранные по принципу стеклоблоков или стеклопакеты с тепловой дистанцией (дистанционная рамка изготовлена из резины и пластика категорическим избеганием примыкания металла рамки к стеклу). Применяется более герметичная конструкция примыкания окон к стенам, утепляются оконные проёмы. Стёкла обрабатываются особым образом — закалываются с целью избегания теплового шока, покрываются диоксидной солнцезащитной и энергосберегающей плёнкой. Иногда для дополнительной теплоизоляции на окнах устанавливают ставни, жалюзи или шторы. Самые большие окна направлены на юг (в северном полушарии) приносят в среднем больше тепла, чем теряют.

На сегодняшний день технология строительства пассивных домов весьма редко позволяет отказаться от активного отопления.

В обычных домах вентиляция осуществляется за счёт естественного побуждения движения воздуха, который обычно проникает в помещение через специальные пазы (иногда через оконные проветриватели - клапаны приточной вентиляции) в окнах и обеспечивается пассивными вентиляционными системами, расположенными в кухнях и санузлах. В энергоэффективных зданиях используется более сложная система: вместо окон с открытыми пазами используются звукоизолирующие герметичные стеклопакеты, а приточно-вытяжная вентиляция помещений осуществляется централизованно через установку рекуперации тепла.

Одно из первых энергосберегающих зданий – сооружение, построенное в 1972 году в городе Манчестер в штате Нью-Гэмпшир (США). Оно обладало кубической формой, что обеспечивало минимальную поверхность наружных стен, площадь остекления не превышала 10 %, что позволяло уменьшить потери тепла за счёт объёмно-планировочного решения. По северному фасаду отсутствовало остекление. Покрытие плоской кровли было выполнено в светлых тонах, что уменьшало её нагрев и, соответственно, снижало требования к вентиляции в тёплое время года. На кровле здания были установлены солнечные коллекторы.

В 1973–1979 годах был построен комплекс «ECONO-HOUSE» в городе Отанием Финляндия. В здании, кроме сложного объёмно-планировочного решения, учитывающего особенности местоположения и климата, была применена особая система вентиляции при которой воздух нагревался за счёт солнечной радиации, тепло которой аккумулировалось специальными стеклопакетами и жалюзи. Также в общую схему теплообмена здания, обеспечивающую энергосбережение, были включены солнечные коллекторы и геотермальная установка. Форма скатов кровли здания учитывала широту мест строительства и углы падения солнечных лучей в различное время года.

В 1996 году создан «Институт пассивного дома» в городе Дармштадт.

В мире уже к 2006 году было построено более 6000 пассивных домов, офисных зданий, магазинов, школ, детских садов. Большая их часть находится в Европе.

На Украине первый пассивный дом был построен в 2008 г.

В России энергопотребление в домах составляет 400–600 кВт·ч/год на квадратный метр. Этот показатель предполагается снизить к 2020 году на 45%. В Москве построено несколько экспериментальных зданий с использованием технологии пассивного дома. В 1998–2002 реализован проект «Энергоэффективный жилой дом в микрорайоне Никулино-2» Минобороны РФ совместно с Правительством Москвы, Минпромнауки РФ, НП «АВОК» и ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» в рамках «Долгосрочной программы энергосбережения в г. Москве». Целью проекта являлось создание, натурная апробация и последующее внедрение в жилищное строительство города новых технологий и оборудования, обеспечивающих, как минимум, двукратное снижение энергозатрат на эксплуатацию жилого фонда. Стратегия проекта предполагает реализацию трех основных этапов: проведение измерительной кампании по натурной оценке теплового режима типового жилого дома (базовый дом); проведение комплексных научных исследований и разработка проекта энергоэффективного жилого дома; строительство энергоэффективного жилого дома и проведение измерительной кампании по натурной оценке его теплового режима. Экспериментальные исследования показали, в основном, соответствие проектным данным. Демонстрационный проект такого дома также построен под Петербургом. Начато строительство первого посёлка пассивных домов под Санкт-Петербургом. В Нижнем Новгороде построен демонстрационный пассивный дом с использованием солнечных коллекторов, теплового насоса, вертикальных ветрогенераторов, системы воздухообмена с рекуперацией. Практика строительства энергоэффективных домов в России показывает, что цифра энергопотребления для одинакового по конструктиву дома выше Европейских норм на 35–50 %. Однако это значительно эффективнее, чем традиционные методы строительства в России. С 2010 года экспериментальное строительство малоэтажных энергоэффективных домов для расселения ветхого и аварийного жилья финансирует Фонд ЖКХ. На начало 2011 года несколько энергоэффективных зданий с участием Фонда уже построено в разных регионах России. Первый сертифицированный пассивный дом построен в России в 2011 году компанией «Мосстрой-31» по проекту Тома Кнехта. Удельный расход тепловой энергии на отопление составляет 24 кВт·ч/м<sup>2</sup>год.

#### **Энергоэффективные дома в Беларуси**

В Республике Беларусь накоплен большой практический опыт в проектировании и строительстве энергоэффективных зданий, потребляющих на отопление менее 40 кВт·ч м<sup>2</sup>/год, что соответствует требованиям ТКП 45-2.04-196-2010 "Теплозащита зданий" (РБ) и ниже требуемого для соответствия высшему классу «А» классификации СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (РФ).

В г. Минске в 2007г. введен в эксплуатацию первый в СНГ энергоэффективный многоквартирный жилой дом, спроектированный в ГП «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.». Дом спроектирован на базе крупнопанельного здания серии 111-90 с минимальными изменениями в конструкции, что обеспечивает возможность его широкого тиражирования.

В здании использованы различные методы снижения энергопотерь, в том числе за счет применения окон нового поколения с термическим сопротивлением более  $1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  стеновых панелей с увеличенным сопротивлением теплопередаче, а также квартирных блоков систем принудительной вентиляции и отопления с рекуперацией тепла входящего из помещений воздуха. Квартирные блоки изготовлены преимущественно из материалов и комплектующих отечественного производства, они компактны, имеют приемлемый вес, гармонично встраиваются в интерьер современной квартиры. Потребление данной системой электрической энергии для подогрева холодного воздуха с температурой  $-24^\circ\text{C}$  до температуры  $+20^\circ\text{C}$  не превышает 2 кВт·ч.

Мониторинг эксплуатации в осенне-зимний период показал, что расход энергии на отопление квартиры в энергоэффективном доме в среднем в 3 раза ниже, чем в аналогичной квартире обычного дома той же серии.

Увеличение стоимости строительства энергоэффективных жилых домов за счет применения вышеперечисленных технических решений составляет 10–15% при среднем сроке окупаемости 6–10 лет при текущих ценах на энергоносители.

В соответствии с комплексной программой по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь предусмотрено строительство энергоэффективных зданий-представителей в каждом областном центре. В настоящее время такие здания построены в Минске (2007 год), Гродно (2009 год), Витебске (2010 год) при научном сопровождении подведомственной Минройархитектуры организации ГП «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.» Построено два энергоэффективных дома в Гомеле, один – в Витебске, а также два - в Новополоцке. Проектируются энергоэффективные дома в Чаусах, Смолевичах, Логойске, Слуцке, Пинске, Малорита, Орше.

В Брестской области в настоящее время построено три энергоэффективных жилых дома: один в г.Малорита, два других в г.Пинске. Все эти дома спроектированы специалистами ОАО «Брестпроект». В этих домах применены: механическая система вентиляции с утилизаторами теплоты, система отопления с газовым двухконтурным котлом для каждой квартиры. В настоящее время наблюдается повышенное по сравнению с проектным энергопотребление в некоторых энергоэффективных домах в нашей стране, в том числе и в Брестской области, что требует проведения мониторинга их технического состояния для выявления причин этого повышения.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 года.

2. Васильев, Г.П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 // АВОК. – 2002. – № 4. – С. 10–18.

3. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин – М.: АВОК–ПРЕСС, 2003.

4. Режим доступа: <http://niptis7.com>.

УДК 534.142

**Д.В. НОВОСЕЛЬЦЕВА**

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

### **УСТАНОВКА СО СЛОЕВЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ**

The article suggests the installation of thermal neutralization of gas and air emission and using the workflow layer pulsating combustion.

#### **Введение**

Одной из важнейших проблем в природоохранной деятельности является защита атмосферы от загрязнений, которые в значительных масштабах выбрасываются промышленностью, энергетическими производствами и сельскохозяйственными объектами.

Птицефабрики, животноводческие фермы и свиноводческие комплексы, как и перерабатывающие цеха этих предприятий, не являются основными поставщиками вредных веществ в атмосферу, однако являются основным источником поступления в атмосферу веществ с резким и неприятным запахом, часто называемых «дурнопахнущие вещества».

Хотя концентрация каждого компонента в составе дурнопахнущих веществ в вентиляционном воздухе часто не превышает ПДК, их присутствие в атмосфере создает дискомфортные условия жизни людей вокруг предприятий – источников таких выбросов. Границы такой зоны дискомфорта не являются фиксированными, а зависят от направления и скорости ветра.

Загрязнение окружающей среды дурнопахнущими выбросами стало большой социальной проблемой, и единственным способом решения этой проблемы является очистка вентиляционного воздуха от дурнопахнущих веществ перед его выбросом в атмосферу. Один из методов очистки таких выбросов – термическое обезвреживание в частности сжигание. Однако при низких концентрациях загрязняющих веществ эффективность данного метода значительно снижается.

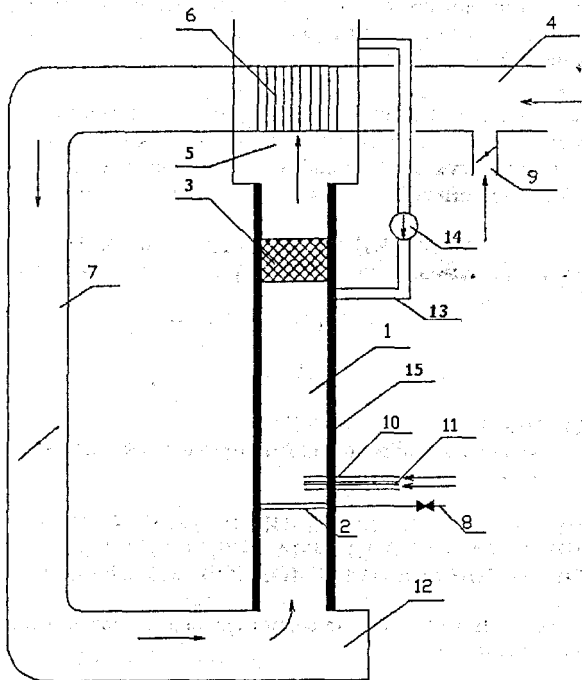
#### **Установка со слоевым пульсирующим горением**

Для сжигания газовых выбросов целесообразно использование высокоэффективного способа сжигания топлива – пульсирующего горения.

Цель настоящей работы – создание простой и недорогой установки для обезвреживания газовых выбросов с устройством по их дожиганию для снижения концентраций вредных веществ. Автором статьи предлагается установка для обезвреживания газовых выбросов со слоевым пульсирующим горением, показанная на рисунке 1.

Установка для обезвреживания газовых выбросов работает следующим образом. В слоевую горелку 2, представляющую собой коробку с соплами для жидкого и газообразного топлива и отверстиями для воздуха, расположенную на 1/4 длины цилиндрического резонирующего канала 1, по топливопроводу 8 подается топливо, а воздух подается из приемного газохода 4 вместе с обезвреживаемым газовым выбросом, подаваемым по патрубку 9, в количестве, необходимом для горения топлива и окис-

нения обезвреживаемых веществ (коэффициент избытка воздуха больше 1). При помощи электросвечи или любым другим запальником, не показанным на чертеже, топливо зажигается. Обезвреживаемый выброс и воздух, необходимый для горения топлива и окисления газовых выбросов, подается к горелке снизу - из короба 12 по соединительному газоходу 7. В том случае, когда обезвреживается особо ядовитый выброс с малой концентрацией и расходом, чтобы избежать его разбавления и утечки, предусмотрена подача непосредственно в зону горения выброса по патрубку 10 и усилителя топлива по патрубку 11. Продукты сгорания топлива и основная часть прореагировавшего выброса движутся по цилиндрическому резонирующему каналу 1 через слой огнеупорного кускового материала 3, занимающий всё его сечение и расположенный на 3/4 длины цилиндрического резонирующего канала 1 от его нижнего конца. Непрореагировавшие органические вещества разлагаются на поверхности кускового огнеупора под действием высокой температуры и пульсаций. В цилиндрическом резонирующем канале 1 газы движутся вверх в пульсирующем режиме.



1 - цилиндрический резонирующий канал, 2 - слоевая горелка, 3 - слой огнеупорного кускового материала, 4 - приемный газоход, 5 - выхлопной газоход, 6 - поверхностный теплообменщик, 7 - соединительный газоход, 8 - топливопровод, 9, 10 - патрубки подачи обезвреживаемого выброса, 11 - патрубок подачи воздуха, 12 - короб, 13 - трубопровод для частичной рециркуляции газовых выбросов, 14 - осевой вентилятор, 15 - утеплитель

**Рисунок 1 - Установка для обезвреживания газовых выбросов со слоевым пульсирующим горением**

Обработанные газовые выбросы далее проходят через поверхностный теплообменник 6, нагревая поступающий на обезвреживание выброс и воздух для горения, выбрасываются наружу через выхлопной газоход 5. При палинии в уходящих из установки дымовых газах большого количества остаточных концентраций вредных веществ, включается осевой вентилятор 14 и по трубопроводу для частичной рециркуляции газовых выбросов 13 подает непосредственно перед слоем огнеупорного кузового материала 3 в цилиндрический резонирующий канал 1 на дожигание до 50% общего удаляемого объема выбросов. За счет утеплителя 15, который расположен обеих сторон цилиндрического резонирующего канала, отсутствуют бесполезные потери теплоты установки в окружающую среду и устойчивее режим слоевого пульсирующего горения.

Технико-экономический эффект заключается в небольшой стоимости установки при ее стабильной работе по обезвреживанию газовых выбросов за счет применения процесса слоевого пульсирующего горения, утепления цилиндрического резонирующего канала, отсутствие просочка вредных веществ в уходящих дымовых газах за счет применения рециркуляции.

#### **Заключение**

В работе описана предложенная впервые усовершенствованная конструкция установки со слоевым пульсирующим горением для обезвреживания газовых выбросов. Эта установка может быть использована на промышленных предприятиях и объектах сельского хозяйства для обезвреживания газовых и вентиляционных выбросов.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Технологическое пульсационное горение / Под ред. В.А. Попова – Москва: Энергоатомиздат, 1993. – С. 292–293.

УДК 681.51

**О.А. ОЛЕЙНИК, В.Н. КОВАЛЬЧУК**

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

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ**

Analysis of the system of automatic control units on the actual temperature of the that has three modes of the fan.

#### **Введение**

В качестве экспериментального стенда для определения целесообразности применения устройств автоматического регулирования работы приточной установки использован электрический канальный агрегат АКЭ-3-3, который предназначен для обогрева, очистки, нагрева и подачи воздуха в небольшие помещения зданий различного назначения (офисы, коттеджи, магазины и др.).

Управление работой агрегата в заданном режиме осуществляется системой автоматического управления и защиты (САУ). САУ состоит из шкафа автоматического

правления, встроенного в агрегат, и выносного пульта управления (комнатный контроллер), обеспечивающих контроль и управление компонентами вентиляционных агрегатов. САУ обеспечивает:

- включение двигателя приточного вентилятора;
- переключение скоростей приточного вентилятора (при комплектации агрегата высокоскоростным вентилятором);
- задержку на выключение двигателя приточного вентилятора в режиме "Продувка" для обеспечения охлаждения нагревательных элементов после выключения агрегата;
- управление воздушонагревателем электрическим;
- продувку электрического нагревателя после выключения установки;
- индикацию аварийных статусов;
- индикацию загрязненности фильтров.

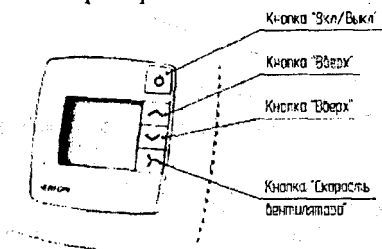


Рисунок 1 – Выносной пульт Regio RC с дисплеем

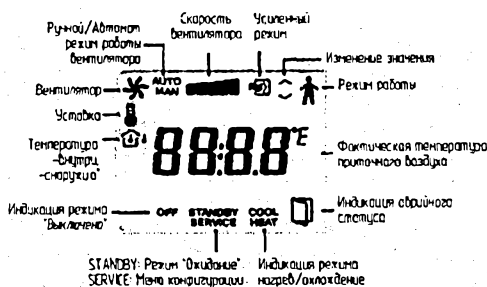


Рисунок 2 – Дисплей выносного пульта Regio RC

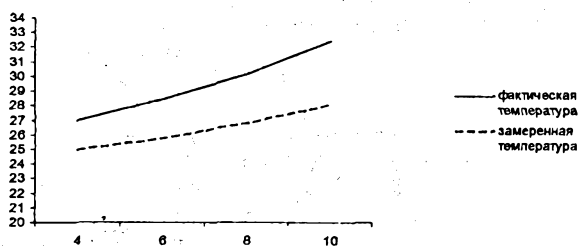
### Методика проведения эксперимента

Эксперименты и анализ полученных данных произведен следующим образом:

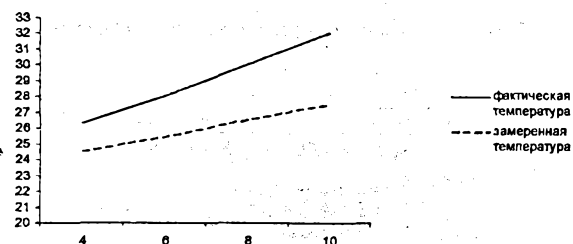
1. Замер температуры воздушного потока (с помощью термогигрометра цифрового ТГЦ-МГ4). Измерения производились при установившемся режиме. Установившийся режим характеризуется стабильностью фактической и замеренной температур.
2. Сравнение фактической температуры с замеренной.
3. Расчет погрешности показаний (результаты занесены в таблицу 1).
4. Построение графика зависимости фактической и замеренной температур от шага изменения температуры ( $\Delta T$ ) (рисунок 3).

Таблица 1 – Результаты измерений

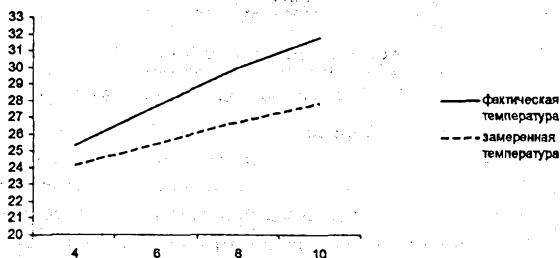
$\Delta T$ параметры	4°C			6°C			8°C			10°C		
	Режим работы вентилятора											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Фактическая температура, °C	27	26,3	25,3	28,4	28	27,7	30,1	30	30	32,4	32	31,8
Замеренная температура, °C	24,9	24,5	24,1	25,7	25,3	25,4	26,8	26,5	26,7	28	27,5	27,8
Относительная погрешность, %	7,8	6,8	4,7	9,5	9,6	8,3	11	11,7	11	13,6	14	12,6
Ср. показатель погрешности, %	6,4			9,1			11,2			13,4		



а)



б)



в)

а) режим работы вентилятора I, б) режим работы вентилятора II,  
в) режим работы вентилятора III

Рисунок 3 – График зависимости фактической и замеренной температур от  $\Delta T$



## Вывод

Автоматика управления приточной системой вентиляции имеет малые габариты, имеет возможность плавно регулировать температуру воздуха и установить параметры микроклимата помещения. Ряд автоматических типовых функций позволяет выбирать режим работы, пользуясь уже заложенной в контроллер программой.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при увеличении шага изменения температуры от базовой увеличивается относительная погрешность показаний.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Агрегат капальный электрический АКЭ-3-3. ЯЛВ АКЭ-3-3-769.00.000ПС: паспорт. – Брест, 2010.

Система автоматического управления агрегатов типа АКЭ: паспорт, техническое описание, инструкция по эксплуатации. – Брест, 2009.

УДК 662.986

## С.Н. ПАВЛЕНКО

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

## ПАРОГАЗОГЕНЕРАТОР ПУЛЬСАР — АППАРАТ С МИНИМАЛЬНЫМИ ПРЕДЕЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ

The steam and gas generator is shown in this article. Installation has been made for wood burning of fuel. It can be used in agriculture.

## Введение

На основе анализа современного состояния систем распыления жидкостей термовлажностной обработки 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 термовлажностной обработки требуется собственная котельная или подключение к магистральным паропроводам [7]. Топочные устройства котельных, использующие традиционные способы сжигания топлив, имеют достоинства и недостатки и позволяют определить пути поиска новых высокоэффективных источников теплоты [6].

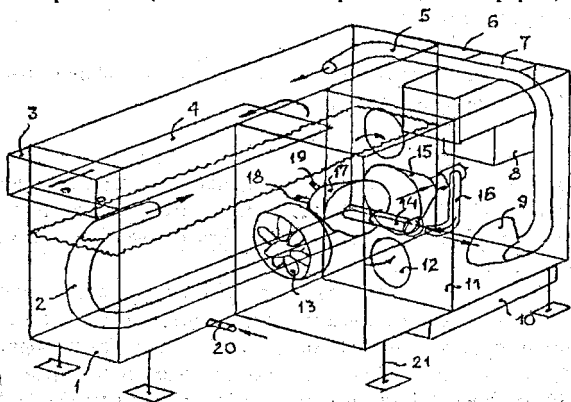
В условиях усиления работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов особым вниманием заслуживает новый высокоэффективный теплоноситель – так называемый парогаз. Парогаз – это смесь продуктов сгорания и водяных паров. Устройства, в которых производится парогаз, называют парогазогенераторами. Парогазогенераторы предназначены для термовлажностной обработки различных изделий, а также распыления различных жидкостей [1...5].

### Описание аппарата

В Брестском государственном техническом университете, в научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» под руководством д.т.н. профессора В.С. Северина разработан парогазогенератор на основе пульсирующего горения топлива (жидкого или газообразного).

Источник теплоты — камера пульсирующего горения (КПГ), требует своего охлаждения (температура факела внутри нее порядка 1200 °С), чтобы отказаться от дорогих жаростойких сталей. При охлаждении стенок КПГ водой образуется пар. Пульсирующее горение позволяет сжигать топливо без недожогов, вредные и нежелательные соединения в продуктах сгорания отсутствуют, и смешение пара с этим газовым потоком дает теплоноситель — парогаз высокого качества для термовлажностного воздействия.

Конструкция парогазогенератора (ПГГ) (см. рис. 1) представляет собой КПГ (камера воспламенения, резонансная труба, аэродинамический клапан, форсунка, пусковая электросвеча, топливный насос), погруженную в водяную ванну с элементами подачи воды (поплачковый 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).



- 1 – водяная ванна; 2 – резонансная труба; 3 – выход парогаса; 4 – направляющий лист;
- 5 – напорная труба; 6 – глушитель; 7 – блок зажигания и управления топливом;
- 8 – блок подачи воды; 9 – улавливающий конус; 10 – топливный бак; 11 – перегородка;
- 12 – отверстия; 13 – вентилятор; 14 – аэродинамический клапан; 15 – конфузор;
- 16 – дутьевая трубка; 17 – камера воспламенения; 18 – форсунка (горелка); 19 – пусковая электросвеча; 20 – подача воды; 21 – стойка (шасси)

Рисунок 1 – Парогазогенератор

Достоинства ПГГ: высокое качество процесса горения; отсутствие недожогов. Происходит самоочистка от отложений (накись, шлак) за счет вибраций при горении. Теплопередача от газового потока и пару в несколько раз интенсивнее.

в стационарном режиме теплопередающих сред. Благодаря действию аэродинамического клапана происходит автоматическое засасывание воздуха и выброс продуктов сгорания. Интенсификация горения и теплообмена дает уменьшение габаритов глушителя устройство в 2-3 раза меньше аналогичных той же мощности). Избыточное давление в объектах ПГГ отсутствует. КПГ допускает свободную компоновку внутри аппарата, так и с объектами воздействия. Отсутствие дорогих легированных сталей, простота конструкции и эксплуатации обуславливают сравнительно невысокую цену.

Краткая техническая характеристика ПГГ:

-расход топлива (соляр, печное и т.п.).....	5–15 кг/ч
-производительность: по газу.....	100–500 м <sup>3</sup> /ч
по пару.....	50–150 кг/ч
-температура: продуктов сгорания.....	700–1200 °С
пара.....	до 100 °С
парогаза.....	200–500 °С
-давление парогаза.....	атмосферное
-относительная влажность парогаза.....	до 100%
-тепловая мощность.....	50–120 кВт
-емкость водяной ванны.....	150–200 л
-излучаемый шум (с глушителем).....	80–85 дБ
-частота.....	30–50 Гц
-общая масса без воды.....	около 300 кг
-расход воды (водопроводная).....	50–160 л/час
-габариты с глушителем.....	2x1,2x1 м

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 0–80 °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).

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.с. профессора В.С. Северянина разработана физико-математическая модель процесса получения водяного пара контактным методом в пульсирующем потоке, проведена серия опытов, получены зависимости по влиянию некоторых параметров газового потока (скорости, частоты пульсаций, температуры) на эффект распыления, которые позволят определить оптимальные основные геометрические размеры парогазогенератора.

### Заключение

Парогазогенератор можно использовать не только в заводских условиях, но и непосредственно на строительных площадках, а также в других отраслях. Например, в сельскохозяйственном производстве: для пропарки кормов и изготовления гранулированных комбикормов, приготовления субстрата для выращивания грибов, санитарной обработке помещений для крупнорогатого скота и свиноматок.

В птицеводстве: для удаления пуха и пера с забитой птицы. В табачной промышленности: для создания необходимой влажности в производственных помещениях. В деревообрабатывающей промышленности: в сушильных камерах для сушки пиломатериалов для создания влажности при сушке ценных пород древесины (дуб, бук и др.). В производстве строительных материалов и строительстве: на растворобетонных узлах и заводах по производству товарного бетона для подогрева инертных материалов, на строительных площадках для удаления снега и льда с поверхностей и арматуры под заливку бетона в зимний период, подогрева битума. При производстве пенополистирола. В целлюлозно-бумажной промышленности: при производстве бумаги для подогрева сушильных барабанов (туалетная и фильтровальная бумага, в производстве гофротары). В топливном хозяйстве: при разгрузке мазута и других густых ГСМ для их разогрева и пропарке емкостей. На строительных площадках, при аварийных и ремонтных работах в коммунальном хозяйстве для размораживания песчано-щебня, оттаивания наледи, грунта, дренажных и канализационных систем, прогревания машин и механизмов также оказывается полезна парогазовая смесь.

Изготовление установок ПГГ малозатратно, они просты в эксплуатации и в то же время высокоэффективны. Применение данных установок позволит снизить вредное воздействие на окружающую среду.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Северянин, В.С. Парогазогенератор с пульсирующим горением / В.С. Северянин, Ю.П. Дьяков, С.Н. Павленко // Инженер-механик. – №1 (38). – 2008. – С. 31.
2. Парогазогенератор: патент РФ № 5854 F 22 В 1/00/ В.С. Северянин, С.Н. Павленко, Е.Н. Тромза, В.С. Паргин, 2009.
3. Парогазогенератор: патент РФ № 4935 F 22 В 1/00 / В.С. Северянин, Ю.П. Дьяков, И.А. Черников, М.Г. Горбачёва, С.Н. Павленко, Е.Н. Тромза, В.С. Паргин, 2008.
4. Парогазогенератор: патент РФ № 6988 F 22 В 1/00 / В.С. Северянин, В.М. Ракецкий, С.Н. Павленко, 2010.
5. Распыление топлива пульсирующим газовым потоком / В.С. Северянин // Известия высших учебных заведений. – Энергетик – 1991.
6. Технологическое пульсационное горение / В.А. Попов, В.С. Северянин. – М.: ЭАИ, 1998.
7. Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988.

УДК 699.86

**С.Р. САЛЬНИКОВА**

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

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИ ГРАМОТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СНИЖЕНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Methodology of training of architects and engineers must change significantly. Architecture in the technical aspect has been developing vigorously, using new technologies and materials. To get closer to new ideas and concepts must be conscious desire to discard the old styles and imaginary values.

Энергетический кризис помог понять, насколько ограничены ресурсы нашей планеты. Возникла необходимость экономить и снижать энергопотребление любимыми способами.

Первое, что стали делать в этом направлении – это тепловая реабилитация старых и утепление фасадов вновь строящихся зданий. Но такие действия имеют и недостатки. Дома были герметизированы настолько, что полностью прекратилась утечка воздуха через стены, окна и двери. Однако такая изоляция не сопровождалась улучшением вентиляционных систем, что привело к значительному ухудшению микроклимата помещений, следовательно, к проблемам со здоровьем у множества людей. Несвежий воздух и сырость стали серьезнейшими проблемами и в новостройках и в старых зданиях.

Никто не против экономии энергии, но сегодня все должны понимать, без каких функций можно обойтись, а без каких — нет.

**Без вентиляции обойтись нельзя!**

Вместе с тем уже вполне популярно использование инженерно-технических средств и мероприятий (солнечные коллекторы и батареи, тепловые насосы, рекуперация тепла, навесные стеклянные витражи и др.).

Однако в нашей республике перед проектировщиками не ставится задача существенного сокращения энергетических затрат за счет архитектурно-планировочных решений.

Организуя пространственную среду дома, района, города, можно сэкономить не меньше, чем все перечисленные технические мероприятия.

Солнце – единственный источник энергии на Земле – позволило накопить огромные ресурсы минерального сырья, ископаемого топлива (процесс фотосинтеза), но эти разведанные запасы уже почти израсходованы. XXI век должен стать веком новых технологий в строительстве. В процесс создания новостроек необходимо вовлекать интеллектуальный потенциал человечества, включая не только архитекторов и инженеров, но и экологов, физиков, математиков.

Ценность вновь созданных сооружений станет значительно выше, если будут применены средства, позволяющие улучшить и их эксплуатационные показатели. Идеальными станут сооружения, постройки, обеспечивающие высокий комфорт проживания без значительных энергетических затрат, то есть без сжигания природных невозобновляемых ресурсов (угля, торфа, нефтепродуктов).

Создание проекта энергосберегающего здания должно решаться по-разному в каждом конкретном регионе и даже в одном городе.

Займаться зарубежным опытом надо осмотрительно: что хорошо в Германии и Италии, то не всегда целесообразно в Беларуси.

Не секрет, что при проектировании и монтаже многих объектов энергосберегающие технологии не применялись ввиду дороговизны соответствующего оборудования. Однако рост цены на газ, как основной энергоноситель делает проблему энергосбережения более актуальной. Существуют некоторые стандартные технические решения, которые при сравнительно небольших материальных затратах способны привести к экономии затрат на энергоносители в холодный период года. При сегодняшних ценах на газ окупаемость таких решений 1–3 года.

Доступные технические решения при проектировании и строительстве зданий сооружений:

- Автоматизация системы отопления, позволяющая при использовании дежурных режимов сократить энергопотребление на отопление на 30%.

- Установка радиаторных термостатов, сокращающих подачу излишнего тепла от отопительного прибора в периоды теплоступлений от солнечной радиации, людей, электробытовых приборов, исключая перегрев помещения, обеспечивая в нем комфортную температуру воздуха.

- Установка теплоотражающих экранов за радиаторами повышает температуру воздуха в помещении на 1–2 °С.

- Применение датчиков постоянной освещенности K2010 уменьшает потребление электроэнергии примерно на 25%. Уровень естественного солнечного света распределяется неравномерно – чем ближе к окну, тем более интенсивно освещение солнечным светом и наоборот. Необходимость включения электроосвещения приводит к излишней освещенности и необоснованному расходованию электроэнергии. Датчик способен поддерживать заданный уровень освещенности, автоматически уменьшая или увеличивая световой поток группы светильников в зависимости от уровня естественного света, проникающего через окна. В светлое время суток светильники, расположенные ближе к окнам, будут работать с меньшей яркостью.

- Разработка и применение децентрализованной индивидуальной приточно-вытяжной системы с утилизацией теплоты. Эта система обладает следующими преимуществами: постоянное вентилирование всего внутреннего пространства; относительная влажность воздуха в помещении не превышает 45%; благодаря двукратной фильтрации обеспечен подвод чистого воздуха; экономия теплоты за счет утилизации доходит до 20%.

- Применение рекуперативных теплообменников в системах централизованной децентрализованной вентиляции позволяет сократить энергопотребление для подогрева приточного воздуха на 20–30%.

- Регулирование расхода воздуха в соответствии с потребностью – «вентиляция по потребности».

Правильно спроектированная вентиляционная установка не потребляет много электроэнергии. Напротив, в зданиях с принудительной вентиляцией при эксплуатации

ли общее потребление электроэнергии сокращается по сравнению со зданиями, оборудованными вентиляцией на естественной тяге.

В вентиляционных системах, основанных на использовании естественной тяги, теплый воздух выходит через воздуховоды, а приточный наружный воздух попадает внутрь за счет естественной конвекции. В отличие от систем с принудительной вентиляцией для работы такой системы не требуется электроэнергия.

Тем не менее, естественная вентиляция является причиной лишнего расхода электроэнергии. Так как вместе с удаляемым воздухом из помещения уходит тепло. Поэтому вместо того, чтобы отапливать здание, отапливаем окрестности.

Наиболее высокой энергетической эффективностью обладают системы с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией и утилизацией тепла. В таких системах тепло удаляемого воздуха используется для нагрева приточного воздуха.

Очень важно, чтобы в помещение поступало столько воздуха, сколько необходимо. Таким образом, для того чтобы система работала исправно и при этом была экологичной, необходимо, чтобы расход воздуха регулировался в соответствии с потребностью.

Следует отметить, что каждый объект индивидуален, и технические решения, позволяющие экономить энергоресурсы для каждого объекта, также индивидуальны. Точные технико-экономические показатели (стоимость, срок окупаемости и т.д.) могут быть определены только после исследования объекта.

### Заключение

Модернизация существующих систем с целью снижения энергопотребления – сложная техническая задача. Возможности решений ограничены бюджетом (сроком окупаемости), отсутствием места для размещения дополнительного оборудования, сложностью монтажа в условиях эксплуатируемого объекта и т.д. В данных условиях особо возрастает роль технически грамотного проектирования как единственного инструмента минимизации затрат.

Методика подготовки архитекторов и инженеров должна существенно измениться. Архитектура в техническом аспекте развивается по восходящей, используя новые технологии и материалы. Чтобы приблизиться к новым представлениям и понятиям, необходимо осознанное желание отбросить прежние стили и мнимые ценности. Проектировщик не в состоянии кардинально изменить ситуацию, но, принимая решение, он обязан каждый раз ставить вопросы, сознательно беря ответственность на себя.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соболевский, А.А. Энергосбережение – высшая математика архитектуры. – [Электронный ресурс]: портал Энерго.
2. Поздеев, В.В. Энергосбережение в системах вентиляции и кондиционирования.
3. Прижижецкий, С.И. Опыт проектирования и эксплуатации современных систем естественной вентиляции, МНИИТЭП. – Россия (по материалам Форума, Heat Vent Moscow), 2003.
4. Бодруг, Н.С. Энергосбережение в школах / Амурский государственный университет. – Благовещенск.
5. LÖWEX Trycksaker AB. – Växjö, 2004.

УДК 658.26

**В.С. СЕВЕРЯНИН**

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

## **ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Energy industry progress as main part of society development has been very strong influence on nature use. This article shows some factors of those. Heat discard, oxygen consumption, green plants burning, nuclear installations, new energy sources demand more attentive relation, with another wide know factors.

Развитие общества обусловлено техническим прогрессом, который, в свою очередь, является проявлением энергопроизводства и энергопотребления. Энергетика это промышленное использование физических законов с целью удовлетворения определённых потребностей человека. Взаимодействие таких сфер и объектов, как ресурсы, промышленность, коммунальное и сельское хозяйство, окружающее пространство, сопровождается, согласно всеобъемлющему второму закону термодинамики, такими неблагоприятными последствиями для потребляющего субъекта (человеческое общество), как отбросы, отходы, ненужные вещества и обстоятельства, поступающие в среду обитания. О некоторых из них (мусор, химические отравления, «парниковый эффект»), различные загрязнения, шум, радиация, шлейф негативных проявлений вспомогательных и сопутствующих производств) достаточно много говорится в научно-технической литературе, ведутся соответствующие исследования и принимаются меры, однако необходимо отметить некоторые другие факторы, не имеющие широкого отражения в учёном мире.

Тепловое загрязнение окружающей среды – это не столько «парниковый эффект выброса «теплдиизолирующих» газов – продуктов сгорания топлив и разложения органических остатков (это в основном  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  и другие трёх – и выше атомные газы), сколько отвод части низкотемпературной теплоты из термического цикла энергетических установок. Например, Тепловой КПД (коэффициент полезного действия) современных ТЭС (тепловых электростанций, производящих около 80 % мировой электрической энергии) составляет максимум 30-40%, т.е. около 60% исходного тепла, полученного при сжигании топлива, выбрасывается (в основном через конденсаторы турбин) в окружающую среду (это – действие II закона термодинамики!). Тепловой КПД АЭС (бурно развивающейся ядерной энергетике) несколько ниже, порядка 20% (это объясняется особенностью работы материала в ядерных реакторах). Почему всё-таки ядерная энергетика сейчас приоритетна? Потому, что расход ядерного топлива в тысячи раз меньше, чем органического, для выработки того же количества энергии. Проблема КПД возникло и широко используется как раз для оценки расхода топлива. Таким образом, мировая энергетика – мощный источник теплового загрязнения окружающей среды. Следует изыскивать способы снижения этого влияния. Например можно усилить тепловое излучение планеты в космос (идеи, предложения имеются).

Энергопотребляющим объектом являются системы теплоснабжения, отопления, кондиционирование. Важно отметить, что они действуют при условиях, когда име



разность температур внутри обслуживаемого пункта и окружающей среды. Поэтому всегда есть выход теплоты наружу, это законы теплообмена. Неуместны поэтому высказывания: «мы греем улицу». Такое тепловое загрязнение окружающей среды проявляется для арктических строений: приходится возводить их на сваях. Тепловой поток в виде тепловых потерь зависит от теплозащитных свойств ограждений и других технических мероприятий, но он никогда не равен нулю, как и тепловые сбросы электростанций.

Фототермия, фотогальваника, геотермия и др., являясь вспомогательной энергетикой, незначительной по объёму производимой энергии, обладают в принципе теми же качествами.

Ветро- и гидроэнергетика – это энергетические преобразования на основе энергии солнца, имеют энергетические отходы в виде материальных потоков после ветро- и гидроустановок, потери через перерасчёт можно приравнять к тепловым.

Более внимательного отношения заслуживает так же факт интенсивного расходования человеческой цивилизацией кислорода атмосферы планеты. Только на сжигание органического топлива в мире потребляется примерно  $10^{10}$  тонн в год кислорода. При общей массе атмосферы  $5 \cdot 10^{15}$  тонн кислорода в ней содержится в среднем 20%, т.е.  $10^{15}$  тонн. Казалось бы, имеем необъятное количество ценного ресурса, хватит на века. Но надо иметь в виду следующее.

На сжигание, например, углерода требуется:  $C + O_2$ , т.е.  $12+32 = 44$  (кг), почти в 3 раза больше кислорода, чем исходного топлива; водорода  $2H_2+O_2=2H_2O$ , т.е.  $4+32=36$  г) – в 8 раз больше, и т.д. Оказывается, только эта сфера промышленности потребляет не столько топлива, сколько кислорода. Мы всё время говорим об экономии топлива, хотя запасы его на Земле огромны: только угля при нынешнем потреблении хватит более, чем на 1000 лет; все разговоры об «исчерпаемости» нефти и газа – лозунги монополистов. Всё время открываются новые месторождения, новые виды углеродного топлива (только метангидрата больше, чем все известные горючие запасы). Об экономии кислорода общественность не задумывается.

Источник кислорода на Земле – это, в основном фотосинтез растений:  $6CO_2 + 6H_2O + h\nu$ , хлорофилл  $\rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ , т.е. его меньше по массе, чем исходного  $CO_2$ . Общая «выработка» кислорода растениями на Земле составляет 200 млрд тонн в год, это условие биологической эволюции. По приведённым цифрам видно, что только химическое сжигание забирает порядка 5% этого кислорода в год, вполне ощутимая величина. Техническое производство кислорода (ректификация, электролиз  $H_2O$  и др.) очень энергозатратно и невозобновляемо.

Кислород расходуется также на окисление органических отходов (только в США мусора образуются 200 млн тонн в год). Потребление нефти в США –  $20 \cdot 10^6$  баррелей в сутки, в Китае ~ 5, в Индии – 2. Быстро растущая экономика Китая становится громадным опустошителем кислорода в регионе. Следует так же упомянуть о сжигании попутного газа нефтяных месторождений в виде «факелов», о постоянных масштабных лесных пожарах, других природных катаклизмах.

Интересны факты о неравномерности содержания кислорода по земному шару. Атмосферные течения, глобальные и местные, вроде бы должны усреднить этот параметр, но, например, за полярным кругом (Воркута) кислорода на 20% меньше среднего значения; о чём даже предупреждают врачи выезжающих туда, рекомендуя там проживать не более 7 лет, в промышленных конгломератах снижение количества  $O_2$  ещё больше.

В то же время во всём мире идёт масштабная вырубка лесных массивов. Темпы обезлесения в Бразилии (Амазония – самый крупный поставщик кислорода свыше 35 тыс. кв. км в год, в Индонезии – 15, и т.д. потребление древесины в США 90 млн м<sup>3</sup> в год, в России – 20 (трудно и медленно воспроизводимые лесные ресурсы!). Снижение общего количества кислорода в атмосфере является ударом по организмы жизни так же через факт уменьшения количества атмосферного озона O<sub>3</sub> образуется на определённых высотах из O<sub>2</sub> за счёт действия космических и других средств, и сам процесс его образования, на который расходуется энергия, приносящая вред живым организмам, является защитой в виде «озонового слоя».

Вышесказанное приводит к выводу о необходимости сохранения и расширения растительного покрова Земли, особенно лесов. Живая растущая древесная масса является не только генератором кислорода, но и аккумулятором теплоты, утилизатором некоторых промышленных выбросов, очистителем воздушного бассейна.

Технический прогресс и природопользование должны быть связаны критериями максимальной разумной пользы и минимальным нежелательным экологическим воздействием, для чего необходимо учитывать и изучать все значащие факторы.

В научно-исследовательской лаборатории ПУЛЬСАР кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского технического университета ведутся исследования по разработке новых энергоисточников с учётом минимизации вредного воздействия на окружающую среду. Разработанный и запатентованный парогазогенератор имеет высокие технические показатели, однако пульсирующее горение топлива сопровождается шумом и вибрациями. Поэтому особое внимание уделено этой проблеме. Этот аппарат можно применять не только в промышленности, но и в сельском хозяйстве, коммунальных предприятиях, т.к. он характеризуется отсутствием вредных выбросов, высоким КПД. Запатентовано также много разработок по ветро- и солнечной энергетике.

УДК 621.311.25

**П.Ф. ЯНЧИЛИН, Л.Т. МОРОЗ**

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

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФОРМЫ ГЕЛИОКОНЦЕНТРАТОРА**

In article the mathematical description of the form of a helio-concentrator "ЛУЧ" is presented. The calculated geometrical parameters of a helio-concentrator are compared with received parameters for the ideal paraboloidal concentrator.

Для повышения эффективности существующих гелиоустановок используются сложные конструкции и дорогие материалы, это повышает срок окупаемости солнечных энергетических установок. Необходимо решение удешевления конструкции принципа действия, возведения и эксплуатации гелиоустановок для условий Республики Беларусь. В научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ под руководством д.т.н., профессора Северянина Виталия Степановича ведётся разработка над гелиоустановкой «ЛУЧ», основными особенностями которой являются простота конструкции гелиоконцентратора и ориентирование на Солнце механизмом слежения.

В работах [1, 2] показано, что принятую за основу концентратора форму параболоида требуется изменить так, чтобы упростить его конструкцию, процесс изготовления и эксплуатации. В ходе геометрических преобразований получаем новый вид концентратора, показанный на рисунке 1. Используя графоаналитический метод, основанный на геометрических построениях, будем отображать лучи, падающие и отраженные зеркалом. При этом используем закон зеркального отражения и будем рассматривать параллельный пучок лучей, распределение излучения в пучке по направлениям принимаем равномерным. Упрощать конструкцию будем расщеплением параболоида вращения на отдельные конусы [3]. Получаем, что концентратор представляет собой совокупность концентрических конусов. Каждый конус — это лента из листового материала, согнутая в виде усеченного конуса, внутренняя поверхность которой выполнена зеркальной. Угол образующей конуса к его оси выбираем таким, чтобы солнечный луч после отражения был направлен в фокус. Понятно, что все конуса имеют один и тот же фокус.

Концентраторы, у которых образующая отражающей поверхности является кривой второго порядка — окружностью, параболой, гиперболой и т.п. — относятся к группе сильноконцентрирующих систем. Идеальный параболоидный концентратор фокусирует параллельный пучок лучей в точку, что соответствует бесконечно большой степени концентрирования ( $K_C \rightarrow \infty$ ). Геометрию параболоидного отражателя характеризуют двумя независимыми параметрами: диаметром концентратора  $D_K$  (или фокусным расстоянием  $f_K$ ) и углом полуоткрытия  $U_K$  (или отношением  $D_K / f_K$ ). Третий параметр всегда является зависимым и определяется из уравнения [4]:

$$D_K = \frac{4 \cdot f_K \cdot \sin U_K}{1 + \cos U_K} \quad (1)$$

Приведенные параметры показаны на рисунке 1, где индексы обозначают: п — для параболоидного концентратора, л — для концентратора «ЛУЧ».

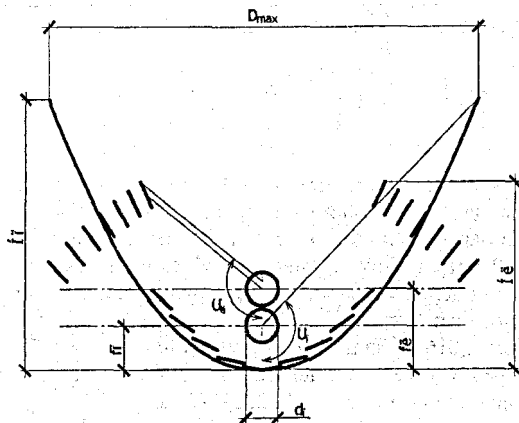


Рисунок 1 — Совмещение двух концентраторов и их основные размеры

Для нахождения основных параметров параболоидного концентратора и площадь отражающей поверхности концентратора (зеркала)  $S_{нов.}$  воспользуемся известными формулами для параболы. Каноническое уравнение параболы в прямоугольной системе координат имеет вид:

$$y^2 = 2px, p > 0,$$

где  $p$  – фокальный параметр параболы, он равен расстоянию от фокуса до директрисы.

Поскольку каждая точка параболы равноудалена от фокуса и директрисы, то вершина тоже, поэтому она лежит между фокусом и директрисой на расстоянии  $p$  от обоих. Отсюда фокусное расстояние  $f_K$ , м:

$$f_K = \frac{p}{2}$$

Высота параболы  $h$  находится из соотношения:

$$h = \frac{R^2}{2p},$$

где  $R$  – радиус окружности, описываемой ветками параболы при вращении вокруг  $OY$  (параболоида), в плоскости перпендикулярной этой оси на расстоянии  $h$  от вершины параболы, м.

Площадь поверхности параболоида или площадь отражающей поверхности концентратора (зеркала)  $S_{нов.}$  можно найти из уравнения:

$$S_{нов.} = \frac{2\pi}{3p} \cdot \left( \sqrt{(p^2 + R^2)^3} - p^3 \right)$$

Поставим задачу найти такой параметр параболы (и соответственно параболоида)  $p$ , при котором его площадь поверхности  $S_{нов.}$  будет стремиться к минимуму. Для этого нужно взять производную от уравнения (6) и определить безусловный максимум функции, приравняв её к нулю.

$$\begin{aligned} S'_{нов.}(p) &= \frac{2\pi}{3} \cdot \frac{1}{p} \left[ 3p \sqrt{(p^2 + R^2)^3} - 3p^2 - \frac{1}{p} \left( \sqrt{(p^2 + R^2)^3} - p^3 \right) \right] = \\ &= \frac{2\pi}{3p} \cdot \left[ \sqrt{p^2 + R^2} \left( 2p - \frac{R^2}{p} \right) - 2p^2 \right] = 0. \end{aligned}$$

Корень этого уравнения получится  $R=0$ . Поэтому нужно искать условный (локальный) экстремум, для этого принимаем ограничения, установленные опытным путём. Т.к. радиус  $R$  и параметр  $p$  связаны соотношением (5), то будем задавать диапазон высот от 0,1 до 2 метров. Этот промежуток обусловлен тем, что рассчитываемый идеальный параболоид должен максимально соответствовать геометрическим размерам нашего составного концентратора, а высота  $h_L$  рассчитанного гелиоконцентратора «ЛУЧ» составляет 1,016 м. Задаёмся значением радиуса параболоида  $R_L = 1,2$  м, что соответствует радиусу гелиоконцентратора «ЛУЧ» и соответственно площади улавливаемого солнечного потока  $S_{с.п.} = 4,523893421 \text{ м}^2$ .

Последовательность расчёта: находим площадь  $S_{нов.}$  из формулы (7), параметр  $p$  из (5), фокусное расстояние из (4). В таблице 1 приведены некоторые полученные данные расчёта.

Таблица 1 – Результаты расчёта параболоида

$S_{\text{пов}}, \text{ м}^2$	$h_{\text{п}}, \text{ м}$	$p$	$f, \text{ м}$	$K_{\text{п}}$
4,555165398	0,1	7,2	3,6	1,006912625
4,647321924	0,2	3,6	1,8	1,027283689
4,795839565	0,3	2,4	1,2	1,060113296
4,994420203	0,4	1,8	0,9	1,104009255
5,236159937	0,5	1,44	0,72	1,157445468
5,514406294	0,6	1,2	0,6	1,218951416
5,82321797	0,7	1,028571429	0,514285714	1,287213784
6,157521601	0,8	0,9	0,45	1,361111111
6,192184516	0,81	0,888888889	0,444444444	1,368773298
6,227055715	0,82	0,87804878	0,43902439 = $f/h$	1,376481525
6,262131494	0,83	0,86746988	0,43373494	1,384234974
6,886466176	1	0,72	0,36	1,522243239
6,92466841	1,01	0,712871287	0,356435644	1,530687787
6,963017355	1,02 = $h_{\text{п}}$	0,705882353	0,352941176	1,539164765
7,001510542	1,03	0,699029126	0,349514563	1,547673628
7,274804307	1,1	0,654545455	0,327272727	1,608084813
7,314368253	1,11	0,648648649	0,324324324	1,616830365
<del>7,393866505</del>	<del>1,12</del>	<del>0,642857143</del>	<del>0,321428571</del>	<del>1,62503356 = <math>K_{\text{п}}</math></del>
7,393866505	1,13	0,637168142	0,318584071	1,634403337
7,67579544	1,2	0,6	0,3	1,696723315
8,087547539	1,3	0,553846154	0,276923077	1,787740511
8,508506744	1,4	0,514285714	0,257142857	1,880792926
8,937390537	1,5	0,48	0,24	1,975597059
9,373134472	1,6	0,45	0,225	2,071917616
9,814849971	1,7	0,423529412	0,211764706	2,169558179
10,26179093	1,8	0,4	0,2	2,268353822
10,71332728	1,9	0,378947368	0,189473684	2,36816527
11,16892395	2	0,36	0,18	2,468874243

Анализируя полученные данные видим, что минимальная площадь поверхности достигается при минимальной высоте параболоида. При увеличении высоты  $h$  возрастает площадь поверхности и уменьшается фокусное расстояние, очевидно, что с увеличением площади поверхности возрастает и коэффициент  $K_{\text{п}}$  (рисунок 2).

Т.к. радиус параболоида и гелиоконцентратора «ЛУЧ» равны, то соответственно площадь улавливаемого солнечного потока  $S_{\text{с.л.}}$  у этих двух концентраторов одинаковая. Это означает, что тепловая мощность  $Q$  принятая, отражённая, сконцентрированная и «утилизированная» (переданная теплоносителю в теплоприёмнике) у них так же одинакова. С экономической точки зрения невыгодно производить концентратор с большими геометрическими размерами, если его тепловая мощность соответствует концентратору с меньшими габаритами. Поэтому нужно учитывать соотношение между геометрическими параметрами концентратора ( $R, h, f$ ) для данной тепловой мощности гелиоустановки.

Сопоставим рассчитанные ранее графоаналитическим методом геометрические параметры гелиоконцентратора «ЛУЧ» с полученными параметрами для параболоидного концентратора (таблица 1, выделенные строки).

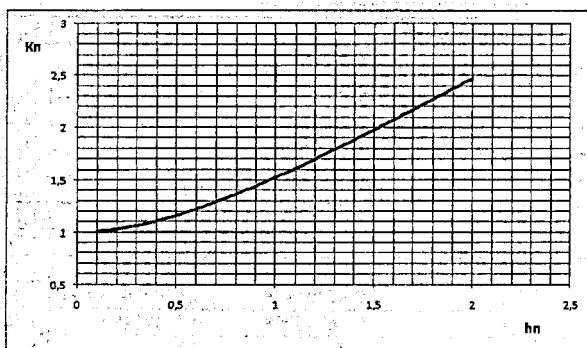


Рисунок 2 – График зависимости  $K_n$  от  $h_n$

Рассчитанные геометрические параметры гелиоконцентратора «ЛУЧ» [3]:

- Общая высота  $h = 1,016$  м.
- Диаметр максимальный  $D = 2,4$  м, радиус  $R = 1,2$  м.
- Фокусное расстояние  $f = 0,438$  м.
- Площадь поверхности зеркал  $S_{нов.} = 7,3591$  м<sup>2</sup>.
- Коэффициент  $K_n = 1,6267$ .

Рассчитанные геометрические параметры параболического концентратора с одинаковой высотой  $h$ :

- Общая высота  $h = 1,02$  м.
- Диаметр максимальный  $D = 2,4$  м, радиус  $R = 1,2$  м.
- Фокусное расстояние  $f = 0,3529$  м.
- Площадь поверхности зеркала  $S_{нов.} = 6,96302$  м<sup>2</sup>.
- Коэффициент  $K_n = 1,5392$ .

Рассчитанные геометрические параметры параболического концентратора с одинаковым фокусе  $f$ :

- Общая высота  $h = 0,82$  м.
- Диаметр максимальный  $D = 2,4$  м, радиус  $R = 1,2$  м.
- Фокусное расстояние  $f = 0,439$  м.
- Площадь поверхности зеркала  $S_{нов.} = 6,22705$  м<sup>2</sup>.
- Коэффициент  $K_n = 1,3764$ .

Рассчитанные геометрические параметры параболического концентратора с одинаковой площади поверхности зеркала  $S_{нов.}$  и одинаковым коэффициенте  $K_n$ :

- Общая высота  $h = 1,12$  м.
- Диаметр максимальный  $D = 2,4$  м, радиус  $R = 1,2$  м.
- Фокусное расстояние  $f = 0,3214$  м.
- Площадь поверхности зеркала  $S_{нов.} = 7,35405$  м<sup>2</sup>.
- Коэффициент  $K_n = 1,6256$ .

По нашему мнению, наилучшее соотношение между геометрическими параметрами концентратора для определённой тепловой мощности гелиоустановки учитывает коэффициент  $K_n$  (отношение площади отражающей поверхности концентратора  $S_{нов.}$

площади улавливаемого солнечного потока  $S_{c,n}$ ). Опытным путём установлено, что коэффициент  $K_n$  должен быть в пределах от 1,3 до 1,7.

Анализируя приведённые геометрические параметры двух концентраторов, можно сделать следующие выводы:

- Достигнута поставленная цель создания новой конструкции концентратора – геометрически преобразовать параболидный концентратор так, чтобы упростить его конструкцию для изготовления и эксплуатации.

- При равных геометрических и оптико-энергетических параметрах разработанная конструкция гелиоконцентратора «ЛУЧ» близка к идеальной параболидной, на порядок максимальное отклонение высоты концентратора составляет менее 10 см при диаметре в 2,4 м.

- По величине фокусного расстояния можно оценить степень «освещённости» поверхности теплоприёмника, его равномерности, помещённого в этой точке. Чем больше фокус, тем меньшей поверхностью теплоприёмник воспринимает концентрированное излучение. И наоборот, чем меньше фокусное расстояние, тем большая часть поверхности теплоприёмника освещена.

- Наиболее близкое совпадение геометрических и оптико-энергетических параметров двух концентраторов получается при одинаковых площади поверхности зеркала  $S_{пов}$  и коэффициенте  $K_n$ , что позволяет нам записать математическое выражение концентратора «ЛУЧ» в виде канонического уравнения параболы:

$$y^2 = 2px = 2 \cdot 0,642857143x = 1,285714286x.$$

- Явным преимуществом разработанной конструкции является улучшение аэродинамических свойств, а именно – уменьшение ветровой нагрузки на строительные конструкции (большая продуваемость конструкции концентратора). Это позволяет производить концентратор с большими поперечными размерами и повысить тепловую мощность одной гелиоустановки.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гелиоустановка: пат. 3998 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070327 заявл. 02.05.2007, опубл. 01.08.2007.
2. Гелиоконцентратор: пат. 4296 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070576 заявл. 03.08.2007, опубл. 17.12.2007.
3. Особенности расчета оптической системы гелиоустановки «Луч» / В.С. Северянин, П.Ф. Янцелин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 74–77.
4. Андреев, В.М. Фотозлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / В.М. Андреев, В.А. Гриллхес, В.Д. Румянцев. – Л.: Наука, 1989. – 310 с.

**Секция**

***«Инженерная экология и химическая  
технология в решении проблем  
рационального природопользования»***



УДК 152

**А.М. БАКУНОВ, О.М. БАКУНОВА, В.А. РЫБАК**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ГЕОЛОГИИ**

Researches of information of DZZ are used in various areas as it is possible to receive quickly and qualitatively reliable result. In our researches information of DZZ will be used for monitoring of ruslovy processes on the cross-border water objects, being of special importance as Frontier of Republic of Belarus

На современном этапе развития общества вопросам защиты окружающей среды уделяется большое внимание. Это связано как с возрастающей антропогенной нагрузкой вследствие организации новых производств, так и с необходимостью ограничить благоприятное воздействие поллютантов на здоровье населения.

Одним из наиболее перспективных способов мониторинга экологического состояния является дистанционное зондирование Земли.

Н. Н. Абраменко, В. Н. Губиным, И. Ф. Пастернацким, А. А. Святогоровым разрабатывались методы дешифрирования аэрокосмических снимков для нужд геологии. В результате этих работ явилось построение космогенетических карт Беларуси масштаба 1:1 000 000 (1981 г. и 1983 г.). В БелНИГРИ была создана группа дистанционных методов под руководством В.Н. Губина. Дальнейшее развитие получили методика и технологии аэрокосмических исследований, которые отработывались на полигонах «Селява», «Полесский» и др.

Ф.Е. Шалькевичем и А.А. Лепешевым (Институт почвоведения и агрохимии) выполнены исследования по картографированию почвенного покрова на основе дистанционных методов. Основное внимание было уделено почвам, расположенным в пределах пойм крупных рек.

В работе А.П. Иванова представлены методы и реализация лазерного (лидары), фотометрического (Simel) и спутникового зондирования атмосферы. В обработке лидарных сигналов используются одновременно данные измерений фотометра Simel. Алгоритм обработки основывается на формировании модели аэрозольного слоя по данным Simel; формировании базовой системы уравнений: построении функции правдоподобия для модели; расчете высотных профилей концентраций мелкой и крупной фракций, которые обеспечивают максимум функции правдоподобия. Все это повышает точность интерпретации лидарных сигналов и позволяет простым способом определять распределение аэрозолей по размерам на разных высотах. Так же автор указывает, что Европа, в том числе и Беларусь, подвержена регулярным (2-3 раза в месяц) выносам пыли из пустыни Сахара. При мощных выбросах лидарная техника показывает, что на высотах 4-8 км наблюдаются пылевые облака, концентрация аэрозолей в которых может быть в десятки раз больше, чем вне их. Сильное влияние на загрязнение атмосферы в Беларуси оказывают пожары, возникающие не только у нас, но и далеко за ее пределами.

В водной среде, ввиду сильного рассеяния света, использовать обычное лидарное уравнение, применимое в относительно чистой атмосфере для определения ее состава, нельзя. Необходимо учитывать многократное рассеяние. Был рассчитан лидарный сигнал обратного рассеяния в малоугловом приближении и разработан алгоритм обращения соответствующего уравнения с целью восстановления глубинной структуры оптических характеристик воды: показателей ослабления и поглощения.

Автор обращает внимание что фотоприемник на космическом носителе регистрирует спектральный коэффициент яркости (СКЯ) системы атмосфера – подстилающая поверхность, который является сложной суперпозицией откликов этих двух подсистем. При этом возникают две связанные проблемы: определение спектральных характеристик подстилающих поверхностей (суша, водные бассейны) и восстановление спектральной оптической толщины аэрозоля. Атмосфера искажает спектральные характеристики сигнала от подстилающей поверхности, причем особенно сильно при малых значениях коэффициентов отражения поверхности. Поэтому успешное измерение индексов цвета широко используемых при решении проблем экологического мониторинга Земли, определении состояния посевов, фитосанитарного состояния лесов, оценки биопродуктивности океана и т. д., невозможно без проведения атмосферной коррекции.

А. В. Костюкевич, В. М. Мирончик, В. А. Саечников, В. Я. Туруто в своей работе «Система оперативного контроля паводковой обстановки на на водосборах рек» выяснили, что из-за чрезвычайно большой площади (5 речных бассейнов) и достаточно скудной информации, получаемой в настоящее время из гидрометеорологической службы, никакая детерминистическая модель не может быть успешно использована. Поэтому в основу была положена достаточно простая статистическая модель. Кроме того, оказалось, что при использовании большого количества цифровых картографических слоев, включая крупномасштабные специализированные, используемые для расчета прогнозируемого экономического ущерба (инфраструктура, почвы, растительность, сельское хозяйство и так далее), возникли большие сложности при использовании стандартных ГИС-систем типа ArcView или ArcInfo. Поэтому была разработана специализированная ГИС «OverCalc-2». Однако Наземная сеть мониторинга гидрологической обстановки в нашей республике в настоящее время явно недостаточна. Поэтому вопрос качества и полноты исходных данных для оценки паводковой опасности стоит очень остро. Необходим и интенсивно проводится поиск новых каналов получения информации для повышения оперативности и достоверности прогнозов. В частности, были опробованы возможности использования в качестве каналов входных данных многозональные изображения, получаемые со сканера Aster-Terra разрешением 15 м. Как показали результаты испытаний, использование этих данных позволило идентифицировать границы области затопления с точностью не менее 10% и получить дополнительную информацию об особенностях речной сети. Подключение канала данных дистанционного зондирования к системе видится как реальное решение вопроса оперативности и достоверности входной информации.

Л.А. Белозерский, Н.И. Мурашко в своей работе «Проблемы построения автоматизированных программно-информационных комплексов спутникового мониторинга локальных наземных объектов заданных территорий» выяснили, что, несмотря на уже многолетнюю научную и практическую деятельность в данном направлении, попытки конкретного применения наработанных методов ДЗЗ в тех или иных задачах наталкиваются на трудности и нерешенные проблемы. Достаточно часто в понятие «спутниковый мониторинг» вкладывают представление об оперативности получения спутниковых данных. Оперативность базируется на возможностях охвата как можно большей территории за 1 пролет спутника, что для традиционных способов землеописания было растянуто на годы. Зарубежные интернет-продукты отличаются универсальным характером, предлагающим реализацию всех известных авторам методов обработки изображений, чаще всего основывающихся на использовании человеческих способностей в выборе того или иного метода и оценки с помощью полученного результата.

При локальном же мониторинге преследуется цель определения состояния объекта распознавая их по внешнему облику некоторого множества состояний, в которых они могут находиться.

Проблемы создания программно-информационных комплексов (ПИК) мониторинга можно разделить на требующие решения и уже решенные ОИПИ НАН Беларуси.

1. Необходимость согласования постановок задач мониторинга локальных объектов возникающими здесь ограничениями, определяющие временные характеристики последовательностей изображения объектов. К этим ограничениям относятся

1.1) орбитальные возможности спутников LPP;

1.2) погодно-климатические условия спутниковой съемки.

2. Отсутствие согласованности межведомственных или ведомственных документов определяющих:

1.1) виды и пространственные размеры агрессивных природно-климатических воздействий на объекты различного назначения подлежащих обнаружению при спутниковом мониторинге;

1.2) виды и пространственные размеры вмешательства третьих лиц в процесс функционирования контролируемых объектов;

1.3) допустимые временные задержки оповещения подразделений эксплуатации о тех или иных агрессивных природно-климатических воздействиях и вмешательстве третьих лиц в функционирование объекта.

Автоматизация обработки и анализа изображений космической съемки.

В наших исследованиях информация ДЗЗ будет использоваться для мониторинга условий процессов на трансграничных водных объектах, имеющих особую важность в качестве Государственной границы Республики Беларусь. Также получаемые данные будут обрабатываться для определения зон повышенного экологического риска в плане загрязнения и миграции биогенных веществ, основным источником которых является сельское хозяйство.

УДК 556.531

**А.Г. ВАСЕНКО, Н.В. МЕЛЬНИКОВА**

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем  
(УКРННИЭП), г. Харьков, Украина

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ УКРАИНСКОЙ ЧАСТИ Р. ДУНАЙ**

The evaluation of the water quality of the Danube delta, using different approaches (classification), which used in neighboring states were performed. The comparability of the results were analyzed.

Ключевым аспектом государственной водной политики Украины является международное сотрудничество по вопросам использования и охраны водных ресурсов. Не последнее место занимает дальнейшее развитие трансграничного сотрудничества, которое требует создания долгосрочных и многосторонних договоренностей о совместном использовании и охране трансграничных водотоков. Ярким примером такого сотрудничества является дельта Дуная. Ее уникальность и международное значение требуют принятия управленческих решений, направленных на сохранение, рациональное использование и восстановление природных ресурсов и повышение экологической безопасности водных объектов дельты Дуная.

Для эффективного бассейнового управления трансграничными реками большое значение имеет оценка качества поверхностных вод бассейна реки или его частей.

Исходными данными для оценки качества поверхностных вод являются результаты комплексных мониторинговых исследований состояния водных экосистем. При выполнении исследований очень важным моментом является согласованность действий соседних государств для получения сравнимых результатов. Одним из таких действий было проведение совместных исследований дельты Дуная тремя странами (Украина, Румыния, Молдова) осенью 2011 года [1].

Поскольку экспедиционные исследования носят эпизодический характер, строение оценки, опираясь лишь на их результаты, невозможно. Более объективная характеристика качества воды может быть получена только на основе постоянных, долгосрочных наблюдений. Следует также учитывать, что предлагаемые методики оценки качества поверхностных вод предполагают использование ряда данных как минимум за годичный период.

В рамках «Программы комплексного экологического мониторинга окружающей природной среды при возобновлении глубоководного судового хода Дунай-Черное море» нами с 2004 г. проводятся ежегодные системные мониторинговые исследования украинской части р. Дунай [2]. Более детальные комплексные обследования проводятся в рамках специальных сезонных исследований Украинским научным исследовательским институтом экологических проблем (УкрНИИЭП) [3].

Выбор пунктов отбора проб для международных исследований дельты Дуная осенью 2011 года был основан на существующих национальных и международных сетях мониторинга. Это позволило нам провести сравнительный анализ полученных экспедиционных данных с результатами комплексного экологического мониторинга украинской части р. Дунай. Для сравнения взяты средние значения основных показателей качества вод за 2011 год по совпадающим пунктам [4].

Анализ показал, что значения физических и гидрохимических показателей, определенных в конкретных пунктах наблюдения, не имеют значительных расхождений. Поэтому для расчета оценки качества воды были использованы данные, полученные в ходе проведения комплексного экологического мониторинга украинской части р. Дунай в 2011 году. Для оценки взяты результаты, полученные в следующих пунктах наблюдения: на р. Дунай выше г. Рени и ниже рук. Тульчинского, на Килийском рукаве ниже г. Измаил, ниже г. Килия и выше г. Вилково, а также в устьевой части рук. Быстрый.

При управлении трансграничными водными объектами обязательными условиями достижения их экологической безопасности является разработка и внедрение в действующую практику единых экологических нормативов.

Методологические основы разработки экологических нормативов в Украине подробно сформулированы нами в «Концепції екологічного нормування» [5]. Нормирование качества воды природных водных объектов предлагается выполнять в соответствии с экологическими критериями, по показателям свойств воды и содержанию ней загрязняющих веществ. Эти концептуальные положения получили практическое воплощение при разработке межотраслевого нормативного документа [6], который сегодняшний день пересматривается с целью его усовершенствования.

Согласно расчетам, выполненным по украинской методике [6], по средним значениям гидрохимических показателей качество воды р. Дунай соответствует II классу, т.е. «хорошему» экологическому состоянию реки. По степени загрязненности вод р. Дунай характеризуется как «чистая». Наихудшие показатели расчета наблюдаются на трансграничном участке выше г. Рени.

Проводилась оценка и по максимальным показателям, которая отражает эпизодический характер ухудшения качества воды в р. Дунай до III класса экологической классификации. Основные показатели, которые влияют на такое ухудшение качества воды, относятся к трофо-сапробиологической группе.

Одним из важных шагов к достижению «хорошего химического состояния» поверхностных вод является установление начальных (эталонных) условий [7], т.е. для каждого типа поверхностных водных объектов должны быть установлены типоспецифические физико-химические условия, репрезентующие соответствующие условия качества воды [8].

Опираясь на положения Водной Рамочной Директивы (ВРД), Международной Дунайской комиссией (ICPDR) предложена классификация качества воды в р. Дунай для представления текущего статуса и оценки тенденций изменений [9].

Результаты оценки качества поверхностных вод, выполненной по классификации ICPDR, в целом показали, что исследуемый участок относится преимущественно к I-II классам, предельные значения которых соответствуют целевым показателям качества воды для р. Дунай. Исключение составляет показатель бихроматной окисляемости (ХПК) на участке выше г. Рени, значение которого соответствует III классу качества.

Существенным шагом к сближению с основными подходами ВРД для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА) является разработка Рекомендаций [10], в которых предлагается принцип управления качеством вод на основе многообразия видов водопользования, в частности, функционирование водных экосистем, рыбное хозяйство, питьевое водоснабжение, купание и орошение. Таким образом, виды водопользования классифицируются в иерархической последовательности в соответствии с ужесточением или смягчением требований к качеству вод. Увязка градации качества вод с их назначением на основе классов водопользования позволяет установить целевые показатели качества поверхностных вод с требованиями условий водопользования. В [10] приводится пример системы классов водопользования.

Сравнение данных гидрохимического мониторинга р. Дунай [2-4] с предельно допустимыми значениями параметров системы классов водопользования, которые устанавливаются Рекомендациями для стран ВЕКЦА, показало, что фактическое качество трансграничного участка р. Дунай соответствует III классу водопользования. Поверхностные воды III класса водопользования пригодны для разведения карповых видов рыб, питьевого водоснабжения после обычной водоподготовки, купания и отдыха людей, орошения, промышленного водоснабжения, транспортного использования, в т.ч. судоходства.

Проблемными параметрами являются такие, как фенолы, растворенный кислород, общее содержание железа, медь. В отношении этих параметров рекомендуется [10] подвергнуть экспертной оценке результаты проверки соответствия классам водопользования во избежание принятия неверных управленческих решений.

Таким образом, несмотря на различия в подходах, полученные результаты оценки качества поверхностных вод трансграничного участка р. Дунай, выполненной с использованием классификаций сопредельных государств (Украина, Румыния, Молдова), в целом можно считать сопоставимыми. Оценка позволила выделить проблемный трансграничный участок р. Дунай (выше г. Рени).

Следует отметить, что нет согласованности в перечне показателей, негативно влияющих на качество воды р. Дунай, определенных по разным методикам. Так, по украинской методике [6] такими показателями являются биогенные элементы (нитра-

ты и нитриты), по классификации Дунайской комиссии [9] – показатель ХПК, по коммундациям для стран ВЕКЦА [10] – фенолы, растворенный кислород, тяжелые металлы. В связи с этим возникает необходимость согласования экологической классификации и методик оценки качества поверхностных вод трансграничных водных объектов на межгосударственном уровне.

Кроме того, рассмотренные классификации имеют различные назначения. Для предоставления экологического статуса водного объекта наиболее приемлемой является экологическая классификация украинской методики [6], которая включает в себя широкий набор гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, бактериологических и других показателей. Проведенная на ее основе экологическая оценка качества поверхностных вод является базой для установления экологических нормативов качества воды отдельных водных объектов или их частей по бассейновому принципу.

Следует также отметить, что для получения достоверной информации о состоянии водных объектов необходимо учитывать данные ряда лет, полученные в ходе системного мониторинга. Оценка качества поверхностных вод по разовым (экспедиционным) наблюдениям позволяет делать лишь предварительные, ориентировочные выводы.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Joint Danube Delta Survey. Scientific Report – Project “Joint environmental monitoring, assessment and exchange of information for integrated management of the Danube delta region”. 30.11.2012
2. Васенко, А.Г. Програма комплексного экологического мониторинга окружающей природной среды при возобновлении глубоководного судового хода Дунай-Черное море / А.Г. Васенко, П.П. Станкевич // Людина і довкілля. Проблеми неоекології: зб. наук. пр. – Х: Вид-во ХНУ, 2006. – № 8. – С. 50–58.
3. Васенко, О.Г. Щодо наслідків виконання Програми комплексного екологічного моніторингу довкілля при відновленні та експлуатації глибоководного суднового ходу (ГСХ) Дунай-Чорне море / О.Г. Васенко, М.Л. Лунгу // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: міжнар. наук.-практ. конф., 8-12 вер. 2008 р.: зб. наук. ст. у 2-х т. / УкрНДІЕП. – Райдер, 2008. – Т. 1 – С. 297–300.
4. НТЗ: Комплексний екологічний моніторинг довкілля при відновленні глибоководного судового ходу Дунай – Чорне море у 2011 році – Х.:УкрНДІЕП, 2012. – 270 с.
5. Концепція екологічного нормування / О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко, А.В. Грищенко [та ін.] – К.: Мінекобезпеки, 1997. – 20 с.
6. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Маненко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіок [та ін.]. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – (Міжвідомчий керівний нормативний документ) – 28 с. – [Затверджена Мінекобезпеки України, 1998 р.]
7. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза № 2000/60/ЕС, устанавливающая основы для деятельности сообщества в области водной политики (Водная рамочная Директива).
8. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Definitions of Main Terms. – Київ, 2006. – 240 с.
9. Water Quality in the Danube River Basin. TNMN Yearbook 2003. – Published by: ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, 2003.
10. Создание динамичной системы регулирования качества поверхностных вод: Рекомендации для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии / Environment Directorate, Environment Policy Committee. – Секретариат ОЭСР/СРГ ПДОС, 2011. – 53 с. – (Методический документ).

УДК 556.5(476.1)

**А.А. ВОЛЧЕК, Е.Н. БИРУК**

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

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДЫ НА РЕКЕ ЛЕСНАЯ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ 1965 И 2013 ГГ.**

The aim of this study is a comparative analysis of the temperature regime during the spring flood in 1965 and 2013, p. Forest. By the nature of variation in the time the water temperature of rivers can be judged on the natural changes in the environment and on human impact.

Многие физические, биологические и химические характеристики поверхностных вод зависят от температуры воды. Знания о температуре воды реки имеют большое научное и практическое значение для определения потерь на испарение, для оценки загрязнения реки воды и очистки сточных вод, для адекватного использования воды в качестве питьевой, орошения, промышленности и для многих объектов водного хозяйства. Любое изменение речной воды в тепловом режиме может быть сформировано как за счет естественных изменений окружающей среды, так и за счет антропогенной деятельности. При естественном характере температурный режим рек зависит от окружающей среды, при искусственном характере тепловой режим изменяется за счет потоков с другими температурными параметрами. Таким образом, по характеру колебаний температуры воды в реках можно судить об антропогенном воздействии. От температуры воды зависят многие водные сообщества. Содержание растворенного кислорода также связано с температурой воды. В теплой воде содержится меньше растворенного кислорода и в устойчиво теплый период это может привести практически к полному его исчезновению. По мере увеличения температуры воды требуется большее количество растворенного кислорода для поддержания водной жизни. Изменения температуры может вызвать цветение водорослей с последующим изменением вкуса, запаха и цвета потока. Таким образом, температура является важным параметром качества воды.

Цель данного исследования – сравнительный анализ температурного режима в период весеннего половодья 1965 и 2013 гг. на р. Лесная. Исходными данными для анализа явились материалы наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра по гидропосту Камень на р. Лесная за период март-май 1965 г. и 2013 г. (температура воды и воздуха). 1965 г. был положен в основу исследований, т.к. это был последний год перед началом массовых мелиораций. Сравнительный анализ 1965 г. с 2013 г. связан с тем, что температура воздуха в зимне-весенний период данных лет имела схожую динамику.

Правым притоком Западного Буга является р. Лесная. Общая ее длина составляет приблизительно 85 километров с площадью водосбора около 2,65 тыс. км<sup>2</sup>. Река Лесная протекает через Прибужскую равнину и Брестское Полесье и формируется путем слияния рек Левая и Правая Лесная. Ширина поймы реки от 2 до 4 километров. Главные притоки реки: Градовка и Кривуля. Река Лесная является водоприемником ряда мелиоративных систем.

Динамика температуры воды и воздуха в 1965 г. и 2013 г. на водосборе р. Лесная представлена на рисунке 1.

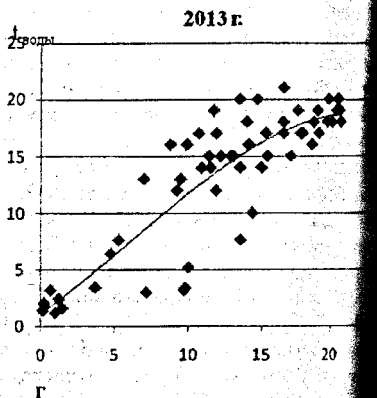
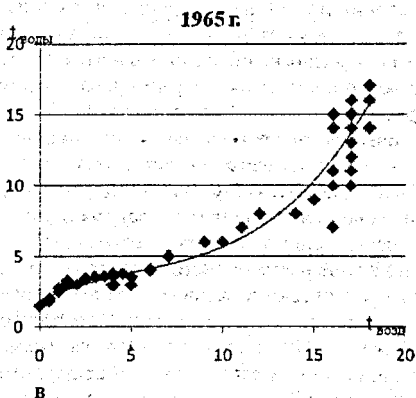
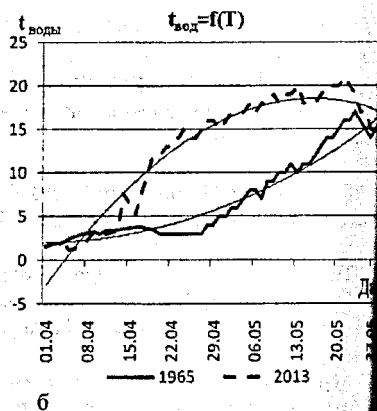
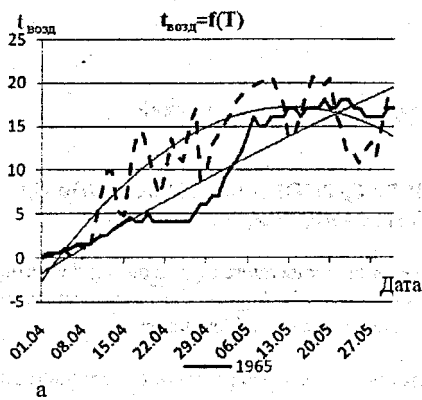


Рисунок 1 – Динамика температуры воды и воздуха в 1965 и 2013 гг. на водосборе р. Лесная

Среднесуточная температура воздуха в марте 1965 г. на водосборе р. Лесная была ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Апрель характеризовался пониженными температурами воздуха в первой и второй декадах и повышением среднесуточной температуры воздуха до  $+12^{\circ}$  во второй и третьей декадах. В мае среднесуточная температура воздуха составила  $+16^{\circ}$ . В третьей декаде температура воздуха прогрелась до  $+18^{\circ}$ . Среднесуточная температура воздуха в марте 2013 г. составила  $0^{\circ}$ . Первая декада апреля характеризовалась низкими температурами воздуха, а вторая и третья – ростом среднесуточных температур (от  $+10,5^{\circ}$ ). Максимум температур днем составил  $+15...+18^{\circ}$ , а 23 и 27 апреля воздух прогрелся до  $+23^{\circ}$ . Ночью температура воздуха опускалась до  $-5^{\circ}$ . В мае среднесуточная температура воздуха составила  $+16,2^{\circ}$ . В первую и вторую декаду месяца наблюдались высокие температуры для данного периода и днем составили  $+23...+25^{\circ}$ . Ночная температура воздуха колебалась от  $+10^{\circ}$  до  $+17^{\circ}$ . В третьей декаде наблюдалось снижение дневной и ночной температур, и соответственно они составили  $+10^{\circ}$  и  $+7^{\circ}$ . Анализ рисунка 1(а) показал схожесть характера хода температуры воздуха в 1965 и 2013 гг.



1965 г. и 2013 г. За период апрель-май в 1965 г. среднесуточная температура воздуха ставила +10,5°, а в 2013 за тот же период +12,5°. Отличительной особенностью 13 г. от 1965 г. является большая (8°) и частая амплитуда колебаний. Для анализа температурного режима были построены линии тренда, которые представлены полиномом второй степени:

$$1965г.: t_{\text{возд}} = 0,0355T^2 + 0,5224T + 15,443; R^2 = 0,96;$$

$$2013г.: t_{\text{возд}} = -0,0114T^2 + 0,4274T + 13,244; R^2 = 0,80,$$

$t_{\text{возд}}$  – среднесуточная температура воздуха, °;  $T$  – время, дней.

Температура воздуха является основным фактором, влияющим на температурный режим воды в реке. Переход воды через 0,2° был зафиксирован 22.03.1965 г. и 03.2013 г. (что относится к поздним срокам). Среднесуточная температура воды за период март-май в 1965 г. и 2013 г. составила +7,3° и +10,1° соответственно. В третьей декаде марта и первой декаде апреля 1965 г. и 2013 г. вода не прогревалась выше 0°. Во второй декаде апреля температура воды в 1965 г. достигла лишь +6°, а в 2013 наблюдался резкий рост температуры до +14°, который сохранился до середины мая (+20°). В 1965 г. вода прогрелась до +18° только в третьей декаде мая.

Из рисунка 1(б) видно, что температура воды имела различную динамику во второй и третьей декадах апреля и первой декаде мая. Для термического режима р. Лесная нами были построены линии тренда, которые представлены полиномом второй и третьей степени:

$$1965г.: t_{\text{вод}} = 0,0033T^2 - 0,4827T + 18,175; R^2 = 0,94;$$

$$2013 г.: t_{\text{вод}} = -0,0059T^2 + 0,094T + 17,843; R^2 = 0,90,$$

$t_{\text{вод}}$  – среднесуточная температура воды, °;  $T$  – время, дней

Особое внимание необходимо уделить температуре +4°, для которой плотность воды имеет максимальное значение. Переход через эту температуру, как правило, рассматривается как граничный член между теплым и холодным периодом. В 1965 г. температура воды +4° была зафиксирована на протяжении длительного периода с 05.04 до 25.04. В 2013 г. момент перехода через данную температуру был в течение двух суток (13.04 – «+3,4°», 14.04 – «+7,6°»). Можно предположить, что резкое изменение температуры воды оказало влияние на уровень воды, который в 2013 г. достиг максимума (254 см). Анализируя динамику температуры воды и воздуха, видим, что вода имеет инерционный характер, таким образом «сглаживая» колебания воздуха.

На рисунке 1(в) и 1(г) представлены зависимости температуры воды от температуры воздуха в 1965 и 2013 гг. соответственно. Данные зависимости можно описать следующими уравнениями:

$$1965: t_{\text{вод}} = 0,004(t_{\text{возд}})^3 - 0,0625(t_{\text{возд}})^2 + 0,6057(t_{\text{возд}}) + 1,9; R^2 = 0,92;$$

$$2013: t_{\text{вод}} = -0,0016(t_{\text{возд}})^3 + 0,0289(t_{\text{возд}})^2 + 0,9292(t_{\text{возд}}) + 1,2; R^2 = 0,74.$$

Анализ полученных графиков показывает, что связь между температурой воды и воздуха изменяется со временем.

Для определения тесноты связи между температурой воды и воздуха была построена корреляционная зависимость между данными величинами (рис. 2).

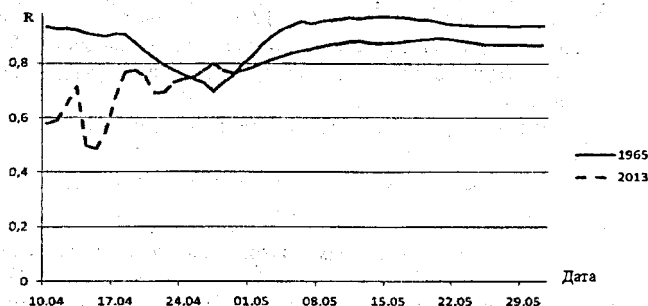


Рисунок 2— График корреляционной зависимости температуры воды и воздуха

Как видно из рисунка 2, 1965 г. характеризовался более тесной связью температуры воды и воздуха, чем 2013 (0,89 и 0,79 соответственно). В апреле 2013 г. наблюдались колебания корреляционной зависимости от 0,5 до 0,8; в 1965 г. снижение корреляционной зависимости до 0,7 отмечается в третьей декаде апреля. По тесноте связи можно предположить, что в настоящее время на температуру воды оказывают влияние не только метеорологические показатели. По колебаниям корреляционной зависимости можно судить об антропогенном воздействии на реку. К наиболее значимым факторам, которые оказали влияние на изменение термического режима на р. Лесная (река малой водности) можно отнести вырубку растительности вдоль берегов, а также смешивание с потоками с другими температурными параметрами.

УДК 543.3:628.16

**А.П. ГОЛОВАЧ, С.В. МОПТИК**

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

### **ВЛИЯНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПАРАМЕТРЫ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ В ПРОЦЕССЕ МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

On the basis of the data of research of a molecular-mass distribution and fluorescence of the dissolved organic matters of surface natural waters the conclusion about influence of high-polymeric fractions of humic substances on pollution of membranes in straining action is made.

Начало применения мембранных методов водоподготовки (микро- и ультрафильтрация) связано с источниками воды достаточно высокого качества, имевшим малую мутность и требовавших минимальной очистки. Для устранения мутности было достаточно только мембранной фильтрации, не было необходимости в применении дополнительных методов обработки воды. Успешное применение мембранно-

льтрации позволило распространить данную технологию на воду, требующую более глубокой очистки, например, с помощью коагулянтов [1].

Однако из-за того, что взаимодействие между коагулянтном, различными компонентами природной воды и материалом мембран является комплексным, не до конца изучено, какое влияние оказывает коагуляция на пропускную способность мембран. Важным фактором, определяющим характер влияния коагуляции на характеристики мембран (улучшение или ухудшение), является доза коагулянта. При низких дозах степень загрязнения мембраны, как правило, увеличивается по сравнению с экспериментами без коагуляции, однако при дозах, обеспечивающих интенсивную коагуляцию, практически во всех случаях наблюдается улучшение характеристик мембран. Между способностью коагуляции к удалению растворенных органических веществ (РОВ) и улучшением характеристик мембран была обнаружена прямо пропорциональная линейная зависимость [1]. Коагулянт (сульфат алюминия, сульфат трехвалентного железа или оксихлорид алюминия), обладающий наибольшей эффективностью в отношении удаления РОВ из воды определенного источника, является наиболее эффективным и в отношении улучшения характеристик мембран.

Количество РОВ в исходной воде не может служить индикатором степени загрязнения мембраны: более низкие концентрации не обязательно соответствуют меньшему загрязнению. Эти результаты позволяют предположить, что мембраны загрязняются, в основном, лишь некоторая часть растворенных органических веществ, образованная коллоидными частицами с размерами приблизительно от 3 до 20 нм. Причем эти частицы могут составлять всего лишь 10–15 % от общего содержания РОВ, и доля этой части меняется от одного источника воды к другому. Установлено также, что условия коагуляции, эффективные в отношении удаления общего содержания органических веществ, оказываются эффективными и в отношении той его части, которая обуславливает загрязнение мембраны.

Изучение состава РОВ поверхностных источников Беларуси [2] позволяет предположить, что данным характеристикам соответствуют высокомолекулярные фракции веществ гумусовой природы – фульвовых и, особенно, гуминовых кислот (ФК и ГК). В поверхностных водах гумусовые вещества (ГВ) составляют 60–90 % от общего количества растворенных органических веществ и, находясь в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, формируют, в основном, естественный фон примесей. Значительная часть гуминовых кислот, высокомолекулярных фракций фульвокислот и их соединений в природных водах существует в виде частиц коллоидной дисперсии.

Исследование молекулярно-массового распределения ГВ методом гель-хроматографии позволяет рассчитать содержание фракций с разными молекулярными весами. В изучаемых образцах речных и торфяно-болотных вод соединения гуминовых кислот с молекулярными массами более 10000 а.е.м. составляли приблизительно 8–10 %, а ФК – 5–8 %. Гумусовые вещества имеют высокую степень окисления перманганатом калия, поэтому между цветностью и перманганатной окисляемостью существует положительная корреляция — коэффициент равен 0,7–0,8. Среди ГВ преобладают фульвокислоты (до 97 %). Речная вода содержит меньшее количество гуминовых кислот (1,3–3 %), чем торфяно-болотная (3–8 %).

Результаты потенциометрического титрования позволяют сделать вывод о том, что соединения гумусовых веществ обладают высокой обменной емкостью: для гуминовых кислот – 2,5–5,8 мг-экв/л, для фульвовых – 6,7–15 мг-экв/л, для гумусовых веществ в целом – 3–13 мг-экв/л. В соединениях с большой молекулярной массой значительную роль играют карбоксильные группы, а с меньшей – фенольные.

Применение метода флуоресцентных зондов позволило получить информацию о комплексообразующих свойствах гумусовых веществ [3]. С помощью флуоресцент-

ного зонда могут быть исследованы слабые, не образующие связей взаимодействия определяемые поверхностным потенциалом и конформацией макромолекулы. Проникающее при связывании зонда изменение параметров флуоресценции характеризуется константой связывания и количеством центров связывания. Экспериментальные зависимости взаимодействия зонда с молекулами ФК и ГК имеют два линейных участка, что свидетельствует о присутствии на данных молекул двух типов связывающих центров А и В. При возрастании молекулярных масс фракций ФК и ГК устойчивость образующихся координационных узлов как типа А, так и типа В понижается. Количество связывающих центров типа В во всех случаях больше таковых типа А. Общее содержание их растет с увеличением молекулярных масс во фракции и от ФК к ГК.

Исследования показали [2, 3], что координационные центры типа А представлены основным функциональными группами, а для центров типа В наряду с последними существенную роль играют поверхностный потенциал и наличие гидрофобных поверхностей молекулах гумусовых веществ, то есть их конформационные превращения. Трехмерная структура молекулы имеет пустоты, достаточно большие, чтобы разместить пептиды, молекулы воды и другие растворенные вещества, а также большое количество гидрофильных функциональных групп на внешней стороне вторичной структуры [4].

Координационные узлы типа В играют значительную роль в коагуляционной обесцвечивании природных поверхностных вод. При добавлении к очищаемой воде раствора сульфата алюминия или хлорного железа в течение первых 30...180 с происходит гидролиз введенных солей и формирование коллоидных гидроксидов алюминия и железа, имеющих огромные активные поверхности. Гумусовые примеси, находящиеся в воде, адсорбируются на поверхности цепочек гидроксидов. При этом различают два процесса: собственно адсорбцию и фиксацию (закрепление) адсорбированных коллоидов на поверхности. В основе процесса адсорбции лежат силы молекулярного взаимодействия. Величина адсорбции коллоидных частиц пропорциональна их дисперсности: она тем больше, чем выше дисперсность и чем меньше стойчивость частиц. Большое значение в процессе фиксации адсорбированных примесей принадлежит их коагуляции, вызываемой разномножеством зарядов, адсорбированных частиц и поверхности адсорбента. Знак и величина заряда у адсорбируемых коллоидных частиц влияют на их адсорбируемость.

Так как от величины дозы коагулянта может зависеть, улучшатся или ухудшатся характеристики мембран в процессе фильтрования, определение оптимальной дозы коагулянта является важной задачей. Расчет дозы коагулянта может быть основан на данных исследования молекулярно-массового распределения и флуоресцентного зондирования растворенных органических веществ поверхностных природных вод.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Влияние коагуляционной очистки воды на процесс мембранной фильтрации / Ken Howe, Mark M. Clark // Вода и экология: проблемы и решения. – 2007. – № 1. – С. 18–44.
2. Головач, А.П. Исследование органических примесей в воде методом флуоресцентной спектроскопии / А.П. Головач // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов Международной научно-технической конференции. – Брест: Из-во БрГТУ, 2010. – С. 274–277.
3. Golovatch, A.P. Laser spectrofluorimetry of humic substances conformational transformation in water / A.P. Golovatch, N.A. Nemkovich, A.S. Kozlovski, I.I. Lishtvan, A.N. Rubinov // Proceedings SPIE. – 1995. – Vol. 2503. – P.1254–1259.
4. Geoffrey, D. Ghabbour Humic Acids: Marvelous Products of Soil Chemistry / D. Geoffrey, A. Elham // Journal of Chemical Education. – December 2001. – Vol.78, №12. – P. 1609–1614.

УДК 561: 551.79 (476)

**Я.К. ЕЛОВИЧЕВА, Е.Н. ДРОЗД**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск

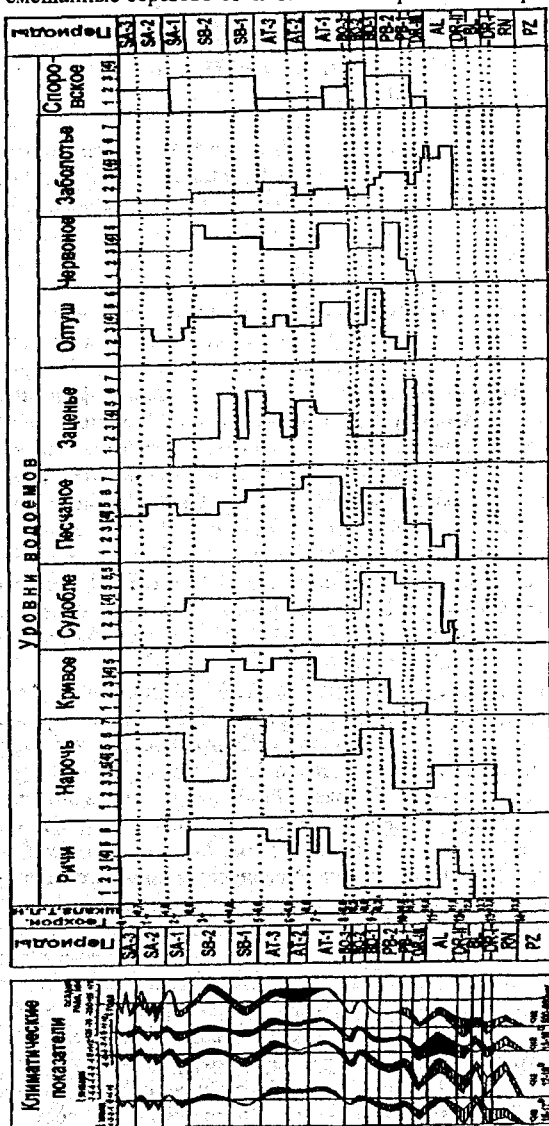
## **ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ВОДОЕМОВ БЕЛАРУСИ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ**

The change of a water relationships of the pools of locale both nature of terraneous and water green during Late Glaciation and Holocene under influencing of a climate in different parts of terrain of locale is rotined. The decrease of levels of pools in a present phase is connected to an alteration of speed and power of accumulation of precipitations in the end of the Holocene interglacial cycle.

Палинологические исследования озерных и речных отложений в поозерское позднеледниковье и голоцене на территории Беларуси позволили по соотношению состава и смены фаз развития наземной травянистой, водной и болотной растительности проследить изменение уровня водоемов в различных геоморфологических провинциях, относящихся к бассейнам рек Балтийского (Ричи, Нарочь, Глубелька, Кривое) и Черного (Судoble, Олтуш, Червоное, Споровское, Песчаное, Заценье, Заболотье) морей (Tarasov et al., 1996; Еловичева, Дрозд, 2003; Дрозд, 2010). Как оказалось, большая амплитуда этого колебания была свойственна мелководным озерам и малым рекам, а меньшая – глубоководным водоемам и крупным рекам. В позднеледниковое время существования перигляциальной растительности в условиях холодного и сухого климата (травянистые ассоциации степного и тундрового типа, островные разреженные березовые и березово-сосновые лесные формации) обширные приледниковые водоемы имели, как правило, высокий уровень (DR-II, AL), который имел тенденцию к резкому снижению уже в DR-III в оз. Ричи и Нарочь.

В раннем голоцене в связи с нарастанием теплообеспеченности, отступанием поозерского ледника на северо-запад и спуска основной водной массы через долину Витви на запад, а через водные системы Днепра и Припяти на юг, возникло большее число замкнутых озерных котловин. При этом озера Белорусского Поозерья (Ричи и Нарочь на северо-западе и Кривое на востоке) в РВ-1 сохраняли низкий уровень воды, в центре региона озер Судoble и Заценье, на севере Полесья озер Песчаное, Заценье, Споровское – высокий, а на юге – Олтуш, Червоное, Заболотье – низкий. Растительность была представлена сосновыми лесами. Увеличение влажности климата в РВ-2 привело к увеличению водной массы практически во всех исследованных водоемах, только в оз. Ричи ее величина сохранялась прежней, а в Заценье и Олтуш – резко снизилась. Преобладающим типом растительности стали сосново-еловые лесные формации. В ВО-1 нарастание тепла при сохранении влажности выразилось в прежней стабильности низкого уровня воды в оз. Ричи, Заценье, некотором снижении в Заболотье и возрастании этой величины практически до максимальной в озерах севера (Нарочь) и центра (Судoble) региона, а также Олтуш на крайнем юго-западе, Споровское в центре и Песчаное на окраине Полесья, и некотором понижении уровня воды в оз. Червоное, Заболотье. На территории исследований получили распространение березовые леса с примесью сосны. Последующее нарастание тепла при снижении влажности климата в ВО-2 и кратковременное снижение при уменьшении температуры

(ВО-3) привело к повсеместному снижению воды во всех водоемах или сохранению их низкого уровня (Заценье, Ричи, Заболотье). Основной растительный фон ландшафта слагали смешанные березово-сосновые леса с примесью широколиственных пород



Условные обозначения: вариabельность изменения уровня водоемов соответствует: 1 — очень низкий, 2 — низкий, 3 — относительно низкий, 3,5 — умеренно низкий, 4 — промежуточный, 5 — умеренно высокий, 5,5 — относительно высокий, 6 — высокий, 7 — очень высокий

Неоднородность климатических условий оптимума голоцена (атлантический период) проявилось и на характере их водного режима. Увеличение тепла и влажности в П-1 ознаменовалось повсеместным распространением широколиственных лесов и существенным ростом водной массы даже уже и в оз. Ричи, столь долго сохранявшем свой низкий уровень с DR-III, а также максимумом подъема в оз. Песчаное, Олтуш и Червоное. Препятствием для своего уровня сохранили Судобле, Нарочь и Кривое, а тенденция к понижению проявилась в оз. Споровское. Последующее некоторое снижение климатических показателей в середине атлантики (АТ-2; смешанные и широколиственные леса) отразилось в понижении уровня водоемов (Ричи, Песчаное, Олтуш, Червоное, Заболотье, Споровское) или сохранении прежнего (Нарочь, Кривое, Судобле), а рост массы воды — в Заценье. Вторая половина оптимума (АТ-3) с ростом тепла и влажности выразилась в широком развитии широколиственных лесов и сохранении прежних уровней водоемов или их повышении в большинстве изученных озер, лишь в оз. Споровское сохранился минимально низкий уровень.

В постоптимальное время со свойственным ему общим понижением тепла и влажности, изменением водности водоемов имело меньшие колебания по сравнению с предоптимальным. Так, понижению температуры и влажности в начале суббореала (SB-1; сосновые и сосново-березовые леса) был адекватен повсеместный рост уровня озер и только в оз. Кривое, Олтуш, Заболотье он несколько понизился. К концу суббореала (SB-2) с некоторым увеличением тепла и значительным ростом влажности было свойственно увеличение роли ели в сосновых лесах, абсолютное повышение водной массы в водоемах за исключением оз. Нарочь, Заценье, в которых ее величина резко снизилась и сохранилась в прежнем уровне в Заболотье.

На протяжении позднего голоцена (субатлантический период) стабильность уровней в водоемах значительно возросла, хотя климатические показатели и характер растительности изменялись неоднократно. Для SA-1 и SA-3 были характерны лесные массивы сосновых, а SA-2 — сосновые и еловые ассоциации. В озерах Ричи, Кривое, Судобле, Червоное, Заценье, Споровское водная масса в SA-1-3 существенно снизилась и оставалась неизменной, в оз. Нарочь она значительно увеличилась, а в озерах Олтуш и Песчаное колебание водной массы было противоположным: в SA-1 и SA-3 (повышение температуры и снижение влажности) высокий уровень сохранялся в оз. Олтуш и низкий в оз. Песчаное, в SA-2 (снижение температуры и увеличение влажности) уровень воды несколько уменьшился в оз. Олтуш и повысился в оз. Песчаное.

Таким образом, проведенная корреляция природных событий на территории Беларуси в позднеледниковье и голоцене свидетельствует о взаимосвязи климата, наземной растительности водосбора, состава макрофитов и водного режима водоемов и речной системы. Существенную роль имели местные особенности эволюции каждого отдельного озера в совокупности с геоморфологическими особенностями его расположения. Максимумы влажности и абсолютные увеличения водной массы имели место в AL, PB-2, АТ-1, АТ-3, SB-2, что совпадает и с палинологическими данными по повышению роли темно-хвойных пород в серии разрезов. Эти же абсолютные максимумы водной массы были одновременны в разных водоемах: для оз. Ричи это АТ и SB, Нарочи — SB-1, Кривое — АТ-2-3, SB-2, Судобле — PB-2-BO-2, Песчаное — АТ-1, Заценье — DR-III, АТ-2, SA-1-2, Олтуш — BO-1, Червоное — PB-2, АТ-1, SB-2, Споровское — BO-2. Снижение теплособеспеченности в большинстве случаев адекватно и понижению уровня водоемов. Абсолютный минимум уровней озер также был неоднородным.

временным: в оз. Ричи это длительный интервал с DR-III по BO-3, в Нарочи и Кривое – с DR-III по PB-1, Судoble и Песчаное – в одну из фаз AL, BO-2-3, Заценье – PB-2 BO-2, в одну из фаз AT-3, SB-1, Олтуш – в начале PB-2, Червоное – PB-1, Споровское – DR-III, AT-2-3. В целом же со времени возникновения озер и до нынешнего этапа их развития уровень воды в них имел тенденцию от изначально низкого к максимальному с различной его вариабельностью и последующему своему понижению как результат эволюции природной среды за климатостратиграфический межледниковый ритм голоцена.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Tarasov, P.E Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Documentation of the Second Version of the Database / P.E. Tarasov, M.Ya. Pushenko, S.P. Harrison, L. Saars, A.A. Andreev, Z.V. Aleshinskaya, N.N. Davydova, N.I. Dorofeyuk, Yu.V. Efremov, G.A. Elin, Ya.K. Elovicheva, L.V. Filimonova, V.S. Gunova, V.I. Khomutova, E.V. Kvavazde, I.Yu. Nuestrava, V.V. Pisarcva, D.V. Sevastyanov, T.S. Shelekhova, D.A. Subetto, O.N. Uspenskaya, V.P. Zelnitskaya – USA, Boulder, Colorado, 1996. – 224 p. (Belarus – P. 17–37).
2. Еловичева, Я.К. Изменение водного режима позднеледниковых и голоценовых водоемов Беларуси / Я.К. Еловичева, Е.Н. Дрозд // Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии: материалы Международной научно-практической конференции к 30-летию кафедры общего земледения и лаборатории озероудения БГУ, Минск, 20–24 октября 2003 г. Мн.: БГУ, 2003. – С. 153–155.
3. Дрозд, Е.Н. Колебания уровней в позднеледниковых и голоценовых водоемах Беларуси // Вестник БГУ. – Сер. 2. – 2010. – № 1. – С. 86–90.

УДК 627.81

**И.И. КИРВЕЛЬ<sup>1</sup>, М.С. КУКШИНОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Поморская академия, г. Слупск, Республика Польша

<sup>2</sup> Научно-практический центр учреждения «Минское городское управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск

#### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗНОСТЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК**

The estimation method of artificial reservoir influence on temperature regime of the rivers is given in the article. This method allows the specialists to do not only qualitative but also quantitative analysis of the current changes, and can be used in hydroengineering projects substantiating nature protection measures.

Температура воды наряду с минерализацией и химическим составом растворенных веществ определяет ее качество. С ней связаны химические и биологические процессы, происходящие в реке, перенос течением взвешенных наносов и т.д. При росте термической нагрузки на реки возможно усиление процессов эвтрофирования, смещение в видовом составе фитопланктона к видам с более высоким температурным оптимумом, ухудшающим качество воды [1]. Даже минимальные сдвиги в одну или другую сторону могут иметь серьезные последствия для функционирования водной экосистемы. Одним из антропогенных факторов, оказывающих существенное

216



Влияние на естественный гидрологический режим рек, в том числе их термический режим, является создание искусственных водоемов. При этом установлено, что с увеличением размеров искусственных водоемов, их влияние на окружающую среду возрастает. Влияние средних водохранилищ (в соответствии с градацией В.М. Широкова и др. [2]) сказывается на температурном режиме зарегулированных рек на расстоянии более 130 км ниже плотины [3]. Учитывая масштабы антропогенных воздействий на природу, раздел ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) в последние десятилетия стал обязательным в проектах гидротехнического строительства. В этих условиях возрастает потребность в научно обоснованной информации по влиянию на окружающую среду уже существующих искусственных водоемов, также в поиске новых методов прогнозной оценки возможных изменений в будущем. Наиболее достоверной информацией обладают результаты исследований, проведенных в районах предполагаемого гидротехнического строительства, учитывающие природные и хозяйственные условия территории.

В 2000–2010 гг. в рамках диссертационного исследования была выполнена оценка изменений в термическом режиме зарегулированных рек под воздействием речных водохранилищ Беларуси [4]. Исходной информацией послужили материалы многолетних инструментальных наблюдений Республиканского гидрометцентра Беларуси (1945–2010), а также результаты собственных полевых исследований (2000–2006). Для достижения поставленной цели потребовалось разработать методику, позволяющую провести не только качественный, но и количественный анализ. Ниже приводятся методологические основы разработанной методики, основанной на использовании метода пространственных разностей, графического анализа и критериев математической статистики.

Первичный анализ рядов наблюдений за гидрологическими характеристиками предусматривает их графический анализ. При исследовании термического режима рек наиболее наглядным является метод оценки связи соответствующих величин (температурных показателей) с привлечением информации по расчетному пункту и объекту-аналогу, при этом вся выборка разделяется на два периода: до и после создания искусственного водоема. Объективность указанных связей возрастает по мере увеличения объема информации. Ниже приведены данные по Вилейскому водохранилищу, зарегулировавшему сток р.Вилии. Для анализа изменений в термическом режиме р. Вилии после зарегулирования ее стока Вилейским водохранилищем использованы ряды наблюдений 4 водпостов: Стешицы (1958–2010), Вилейка (1958–2010), Залесье (1958–1986), Михалишки (1958–2010). По графикам связи температуры воды для в/п Стешицы, взятого в качестве аналога, с расчетными пунктами, расположенными в нижнем бьефе водохранилища (в/п Вилейка, в/п Залесье, в/п Михалишки), проведена качественная оценка произошедших изменений. По отклонению данных, что образуют новую связь после зарегулирования реки, от первоначального положения связи до зарегулирования делаем вывод о произошедшем изменении в сторону уменьшения максимальной и увеличения среднегодовой температуры воды в р.Вилию (рисунок 1).

Если графический анализ свидетельствует о нарушении однородности ряда температурных показателей после создания искусственного водоема, как в нашем случае, переходим к статистической оценке значимости выявленных изменений. Статистическая оценка достоверности различий между выборками за периоды до и после создания искусственных водоемов проводится с использованием статистических критериев при выбранном уровне доверительной вероятности (как правило, принимается равным 95%). Принимая во внимание симметричное распределение температурных характеристик, целесообразно применять параметрический "Т" критерий Стьюдента.

При асимметричном распределении, наиболее эффективно применение непараметрических критериев (например, при анализе характеристик водного режима наиболее обосновано применение непараметрического критерия Вилкоксона) [5]. После подтверждения (либо не подтверждения) нулевой гипотезы делаем вывод о достоверности влияния (либо отсутствия влияния) со стороны водохранилища и переходим к количественной оценке установленных изменений.

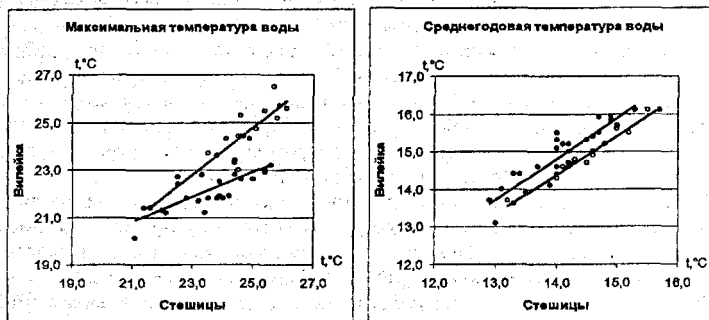


Рисунок 1 – Графики связи максимальных и среднегодовых температур воды (за 5–10 месяцев) для в/п Стешицы и в/п Вилейка за периоды до (1) и после регулирования (2)

Количественная оценка изменений термического режима зарегулированных рек под влиянием искусственных водоемов проведена методом оценки пространственных разностей соответствующих величин (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение среднегодовой (за 5–10 месяцев) и максимальной температуры воды в нижнем бьефе Вилейского водохранилища на в/п Вилейка (метод разности)

Данные/Показатель	Среднегодовая за 5–10 месяцев	Максимальная температура воды
водпост Стешицы 1958–1973 гг.	14,5	24,6
водпост Вилейка 1958–1973 гг.	14,8	24,4
Разность (Т <sub>1</sub> )	-0,3	0,2
Коэффициент корреляции между в/п за 1958–1973 гг.	0,99	0,89
водпост Стешицы 1975–2010 гг.	14,1	23,6
водпост Вилейка 1975–2010 гг.	14,9	22,3
Разность (Т <sub>2</sub> )	-0,8	1,3
Изменение температуры воды $\pm\Delta = T_1 - T_2$	0,5	-1,1
Оценка значимости различий по «Т» критерию Стьюдента	различия значимы	различия значимы

Сущность метода пространственных разностей заключается в том, что изменения температуры воды в реке на ближайших станциях (постах), расположенных в сходных природно-климатических условиях, происходят параллельно, и разности обладают постоянством. Это обстоятельство позволяет исключить влияние региональных изменений климата, не связанных с созданием водохранилищ.

Исходя из этого, можно записать:

$$T_1 = T_2 \pm \Delta, \quad \text{откуда,} \quad \pm \Delta = T_1 - T_2,$$

где  $T_1$  – разность средней температуры воды между постом-аналогом и постом, расположенным в нижнем бьефе водохранилища до зарегулирования;

$T_2$  – разность средней температуры воды между постом-аналогом и постом, расположенным в нижнем бьефе водохранилища после зарегулирования;

$\pm \Delta$  – изменение температуры воды, вызванное водохранилищем.

Представленная методика может быть рекомендована для оценки влияния различных гидротехнических сооружений и других объектов на термический режим реки при достаточном объеме достоверной информации, в качестве которой могут служить ледовые данные Гидрометцентра, и правильном подборе объектов-аналогов. Используя метод аналогий, результаты, полученные по данной методике, могут служить основой прогнозной оценки возможных изменений в будущем.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Первое национальное сообщение в соответствии с обязательствами Республики Беларусь по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата / Всемир. банк, М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; выполнили: О.А. Белый [и др.]. – Минск, 2003. – 279 с.

Водоохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой = Water reservoirs of Byelorussia: specific features of their influence upon the environment / М. Широков [и др.]; Белорус. ком. по программе ЮНЕСКО "Человек и биосфера", проект 10; Белорус. гос. ун-т, Геогр. о-во БССР; под ред. В.М. Широкова. – Минск: Университетское, 1991. – 204 с.

Кирвель, И.И. Преобразование термического режима рек в нижнем бьефе водохранилищ / И.И. Кирвель, М.С. Кукшинов // Природ. ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 95–101.

Кукшинов, М.С. Влияние речных водохранилищ Беларуси на гидрологический режим рек русловые процессы в нижнем бьефе: автореф. дис. канд. геогр. наук: 25.00.27 / М.С. Кукшинов; Институт природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2009. – 24 с.

Анализ однородности гидрологических рядов: метод. рекомендации / Центр. науч.-исслед. ин-т комплекс. использования вод. ресурсов; сост. В.В. Дрозд. – Минск, 1977. – 36 с.

УДК 502.51

**В.К. ЛИПСКИЙ, Л.М. СПИРИДЕНКО, Д.П. КОМАРОВСКИЙ,**

**А.Г. КУЛЬБЕЙ**

Учреждение образование «Полоцкий государственный университет», г. Полоцк

#### **СТАЦИОНАРНЫЕ РУБЕЖИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ НА ВОДОТОКАХ**

The text regarded proposed by experts on pipeline transportation of Polotsk State University variants equipping stationary borders intended to spill clean oil on the waterways. These variants will be included in the equipping newly under development technical normative legal document.

Одним из наиболее опасных и распространенных загрязнителей гидросферы является нефть, которая может поступать в водные объекты из разнообразных антропогенных источников, как путем систематических, так и залповых (аварийных) сбросов.

Систематические поступления характеризуются небольшими концентрациями и объемами нефти, в то время как при аварийных сбросах объемы разлившейся нефти могут измеряться сотнями тонн.

Наиболее тяжелые экологические последствия наступают при аварийных разливах нефти на водотоках.

Основным источником аварийных сбросов нефти на территории Республики Беларусь является трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Следует отметить, что трассы магистральных нефтепроводов проходят по территории Белорусского Поозерья, расположенной в водосборном бассейне Балтийского моря, и по территории Полесья, расположенной в водосборном бассейне Чёрного моря.

Около 45 % протяжённости трасс магистральных нефтепроводов проходит параллельно трансграничным рекам Западная Двина и Припять, а также пересекают крупные реки Западная Двина, Днепр, Сож и Припять.

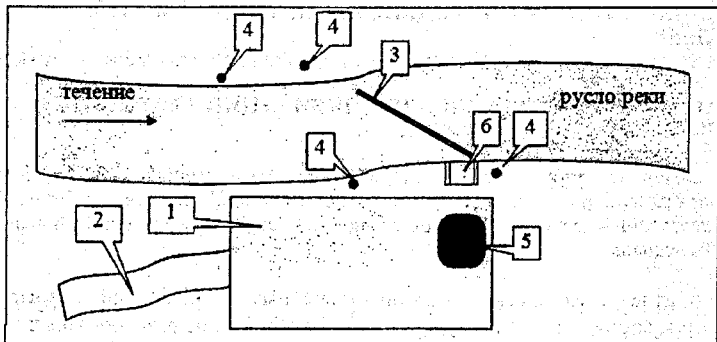
В связи с этим существует большая опасность попадания нефти в водотоки, распространение на большие расстояния по течению реки, в том числе трансграничный перенос.

В настоящее время для ликвидации аварийного разлива нефти (далее по тексту ЛАРН) на водотоках разработаны технологии локализации и сбора нефти в зависимости от времени года. Технологии включают развертывание в русле реки боновых заграждений, установку нефтесборных устройств и дальнейшую утилизацию собранной нефти.

Данные технологии не всегда эффективны при ЛАРН на средних и крупных реках, поэтому в последнее время для ЛАРН в этих случаях нашли широкое применение стационарные рубежи локализации и сбора нефти. Стационарный рубеж (далее по тексту – СР) – это комплекс сооружений и оборудования, расположенных на береговой и в русловой части водотока, позволяющий оперативно проводить работы локализации и сбора разлившейся нефти.

Специалисты кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики разработали 4 варианта комплектования СР в зависимости уровня предварительной подготовки СР к ЛАРН. Каждый вариант СР комплектуется определенным набором сооружений и оборудования.

Вариант 1 (рисунок 1). На СР размещаются: технологическая площадка; подъездная дорога; стационарный металлический бон; стационарный якорь; емкость для хранения нефтяной эмульсии; прибрежный котлован.



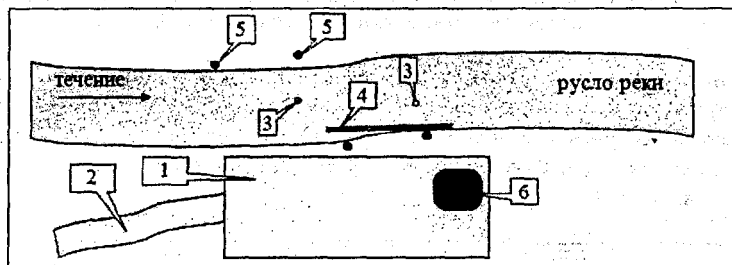
1 – технологическая площадка, 2 – подъездная дорога, 3 – стационарный металлический бон, 4 – стационарный якорь, 5 – емкость хранения нефтяной эмульсии, 6 – прибрежный котлован

*Рисунок 1 – Стационарный рубеж (вариант 1)*

Стационарный металлический бон устанавливается в русле реки на весь период открытого русла, что позволяет, в случае аварийного разлива нефти (далее по тексту – ЛАРН), локализовать нефтяное пятно при отсутствии персонала аварийной бригады и направить его в прибрежный котлован для сбора нефти, где она будет находиться до приезда аварийной бригады.

Рассматриваемый вариант СР рекомендуется применять, если река не является судоходной и аварийная бригада не успевает развернуть в русле реки и на берегу аварийное оборудование до подхода нефтяного пятна к СР.

**Вариант 2 (рисунок 2).** На СР размещаются: технологическая площадка; подъездная дорога; стационарный русловый якорь, полустационарный металлический бон, стационарный береговой якорь, емкость хранения нефтяной эмульсии.



- 1 – технологическая площадка, 2 – подъездная дорога, 3 – стационарный донный якорь,  
4 – полустационарный металлический бон, 5 – стационарный береговой якорь,  
6 – емкость хранения нефтяной эмульсии

*Рисунок 2 – Стационарный рубеж (вариант 2)*

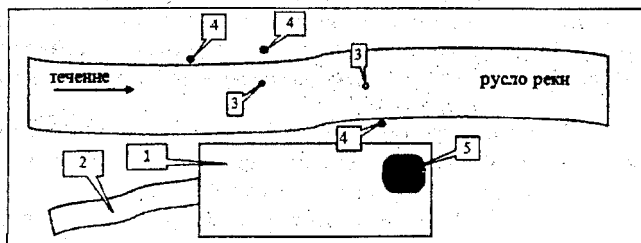
На СР для локализации нефти используют полустационарный металлический бон. В период, когда на СР не проводятся работы по ЛАРН полустационарный металлический бон находится в русле реки у береговой линии (рисунок 2). При проведении работ по ЛАРН аварийная бригада разворачивает полустационарный металлический бон, перекрывая русло реки, и устанавливает нефтесборное оборудование.

Полустационарное положение бона позволяет аварийной бригаде сократить время на его разворачивание. Рассматриваемый вариант СР можно применять на судоходных и несудоходных реках при условии, что аварийная бригада успеет развернуть в русле реки и на берегу аварийное оборудование до подхода нефтяного пятна к СР.

**Вариант 3 (рисунок 3).** На СР размещаются: технологическая площадка; подъездная дорога; стационарный русловый якорь, стационарный береговой якорь, емкость хранения нефтяной эмульсии.

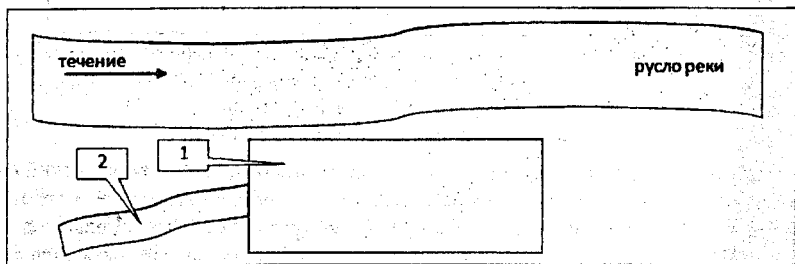
В предлагаемом варианте СР для локализации нефтяного пятна применяют оперативные боновые заграждения, которые аварийная бригада доставляет на СР только в случае аварийного разлива нефти специальным транспортом, разворачивает их и крепит к стационарным береговым и донным якорям.

Установленные на СР стационарные береговые и донные якоря позволяют сократить время на разворачивание боновых заграждений, но оно будет больше чем при втором варианте.



1 – технологическая площадка, 2 – подъездная дорога, 3 – стационарный донный якорь,  
4 – стационарный береговой якорь, 5 – емкость хранения нефтяной эмульсии  
*Рисунок 3 – Стационарный рубеж (вариант 3)*

**Вариант 4** (рисунок 4). На СР размещается технологическая площадка и подъездная дорога к ней. Необходимое аварийное оборудование на СР доставляется специальным транспортом при ЛАРН. Для локализации нефтяного пятна применяются оперативные боновые заграждения. Для их крепления аварийная бригада устанавливает береговые якоря.



1 – технологическая площадка, 2 – подъездная дорога  
*Рисунок 4 – Стационарный рубеж (вариант 4)*

Таким образом, предлагаемые варианты СР имеют разный уровень предварительной подготовки к ЛАРН и соответственно разное время на подготовку СР к работам по ЛАРН. Первый вариант СР обеспечивает локализацию нефтяного пятна без участия персонала аварийной бригады, а четвертый вариант СР требует наибольшего времени на подготовку СР к работам по ЛАРН.

Выбор варианта СР определяется сопоставлением времени движения нефтяного пятна от места аварии до СР со временем, необходимым для сбора аварийной бригады, движения её до СР и разворачивания боновых заграждений на рубеже.

Предложенные варианты СР будут включены во вновь разрабатываемый на федеральном уровне нормативный технический правовой акт СТП «Стационарные рубежи локализации и сбора нефти на водотоках. Правила размещения, обустройства и эксплуатации», предназначенный для регулирования деятельности по подготовке и проведению ЛАРН на предприятии по магистральному транспорту нефти.

УДК 008+574

А.С. НЕВЕРОВ<sup>1</sup>, З.А. НЕВЕРОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», г. Гомель

## КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭКОЛОГИИ

Problems of interaction of a society and the nature are considered. It is shown, that this interaction depends on character and features of culture. Essential differences in the relation to the nature in cultures of the West and the East are marked.

Одной из актуальных проблем современности является проблема взаимодействия общества и природы. При этом если ранее это взаимодействие рассматривалось с позиций зависимости человека от окружающей его природы, то в настоящее время на первый план выдвинулась проблема воздействия человека на окружающую среду. Сегодня человеческое общество понимается как субъект, оказывающий посредством своего материального производства глобальное воздействие на географическую среду [1].

Сжигание нефти, каменного угля, вырубание лесов, внесение в почвы, сливание в реки и водоемы и выброс в атмосферу вредных веществ привели к нарушению хрупкого равновесия в природной системе, и последствия этого могут оказаться необратимыми. При этом в масштабе отдельных стран и человеческого общества в целом проблема понимается, и принимаются соответствующие меры. Однако применительно к конкретной личности эти меры часто не срабатывают, так как на первый план выходит стремление к наживе, к личному обогащению. Никакие законы и указы не в состоянии изменить эту ситуацию до тех пор, пока каждый человек не поймет, что срубая дерево, он «рубит тот сук, на котором сам сидит». Помощь этому пониманию должна оказать экологическая культура. Ее задача состоит в воспитании ответственного, бережного отношения к природе. Для этого необходима целенаправленная работа по формированию системы научных знаний, норм и правил в отношении к природе, умений и навыков по ее охране и грамотному использованию природных ресурсов.

Экологическую культуру следует понимать как совокупность материальных и духовных ценностей, созданных человечеством в процессе исторического развития. Одной из важнейших составляющих понятия «экологическая культура» является формирование экологического мышления [2]. Его характерной чертой является то, что человек рассматривается не только как часть общества, но и как неотъемлемая часть природы. Отношения между природой и культурой зависят в первую очередь от культуры, от ее характера и особенностей, которые в свою очередь во многом обусловлены своеобразием религии. Так, имеются существенные различия между западной культурой, основанной на христианстве, и восточной, основанной на исламе и других восточных религиях.

*Восточный человек* – интраверт, ищет спасения в самом себе, в совершенствовании своей духовности. Для мусульманина или индуиста характерно смирение, преклонение и обожествление природы, достигающее своего апогея в джайнизме, в котором принцип непричинения вреда всему живому доведен до крайней точки. Последователи джайнизма не занимаются земледелием, чтобы случайно не убить каких-либо насекомых или червей. Ходить джайны могут только днем, когда светло, разметая пе-

ред собой дорогу специальным веничком, при этом они закрывают рот белым платком чтобы не проглотить какое-нибудь насекомое.

*Западный человек* – экстраверт, он ищет спасения не в самом себе, а в господстве над природой и окружающим миром. Для него «природа – не храм, а мастерская, человек в ней – работник». Тем не менее, и в западной культуре взгляды на природу периодически изменялись. *Древние греки* воспринимали труд земледельца как нечто героическое, они не столько пахали землю, сколько стремились вырвать из ее недра плоды, которые спрятали от них боги. *Для римлян* труд земледельца выступал как самое мирное, спокойное и естественное занятие. Они стремились к гармонии, согласию культуры и природы, выражая это и средствами искусства. *В средние века* господствовал взгляд на природу как источник соблазна и скверны. *В эпоху Возрождения* вновь восстанавливается античная, преимущественно римская традиция во взглядах на природу. В эпоху Ренессанса вновь провозглашается близость языка искусства и языка природы. *В Новое время* Западное общество, возвращаясь к воззрениям древних греков, вновь ставит целью покорение и подчинение себе природы. В этот период многие художники начинают считать искусство выше природы. По словам английского писателя О. Уайльда: «Искусство начинается там, где кончается природа» [3].

Экологический кризис, разразившийся в середине XX столетия, поставил под угрозу само существование не только природы, но и человечества. В этих условиях необходимо существенно пересмотреть наши взгляды на природу. Сегодня высказывания типа «мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее наша задача...» должны восприниматься не просто как анахронизм, а как преступление против будущих поколений, которым придется пожирать горькие плоды такой политики своих предков.

Противоречия между человеком и природой способны обостряться, помимо прочего, из-за того, что не существует предела росту материальных потребностей человека, в то время как способность природной среды удовлетворить их – ограничена. В этом одна из причин сложности решения экологических проблем. Блага цивилизации без которых мы уже не мыслим своего существования, часто достаются нам ценой нарушения экологического равновесия. В большинстве случаев согласно общественному мнению в качестве виновников этого выступают крупные предприятия, которые в погоне за сверхприбылью игнорируют природоохранные мероприятия. Подобным толкованием экологических проблем человек подсознательно снимает с себя всякую ответственность, за загрязнение окружающей среды, забывая, что и мы сами вносим немалый вклад в эти проблемы. Не говоря уже о том, что своим стремлением к материальному изобилию именно мы толкаем промышленников на эти преступления.

Не осознавая ответственности за причиненный природе вред, человек несет опасность для окружающей среды. Поэтому одной из главных задач, решение которых будет способствовать восстановлению экологического равновесия, является формирование человеческого мышления сознательной ответственности, не дающей ему возможности наносить вред природе. Таким образом, многие проблемы окружающей среды являются следствием низкого уровня экологической культуры [4]. Это понятие включает три составные части. *Неинформированность* – отсутствие у человека информации по тому или иному вопросу. Например, незнание того, что сливание отработанных нефтепродуктов в водоемы может нанести непоправимый вред окружающей среде. Эта проблема решается сравнительно просто с помощью средств массовой информации. *Несознательность* – человек понимает, что делать это плохо, но, тем не менее, совершает этот поступок. Например, выбрасывает мусор не в урну, а на асфальт. Здесь силами СМИ не всегда можно решить эту проблему. Необходимы меры наказания



ния, повышающие ответственность человека за свои поступки. *Равнодушие* – крайняя форма несознательности. Пример – браконьерство. Человек понимает, что наносит огромный вред, оставаясь безразличным к этому.

В эпоху варварства отсутствие экологической культуры порождает чисто животное отношение к природе, крайним следствием чего становится некомпенсируемое расхищение природных богатств, накапливаемых тысячами и столетиями, насилие над окружающей средой, в конце концов, делающие ее непригодной для обитания, как человека, так и других живых существ. Цивилизация означает возникновение такого исторического способа жизнедеятельности, при котором практически внедряются и отчасти соблюдаются хотя бы элементарные нормы восстановления, сохранения, обогащения даров природы и облагораживания природной среды человеческого обитания. Однако и после возникновения цивилизации временные исторические перемирия в отношениях с природой то и дело сменялись экологическими войнами, которые периодически развязывало человечество. Сегодня мощное освоение природы с помощью техники и науки обернулось невиданным по своим масштабам и к тому же – впервые в истории – глобальным экологическим кризисом. По существу это поистине самоубийственные, варварские «военные действия» человеческих индивидов и общностей против самих себя, а также против будущих поколений. Чтобы выйти из экологического кризиса, надо изменить систему базисных ценностей техногенной цивилизации. Но это только одна сторона дела. Другая, не менее важная, заключается в том, чтобы эта новая система ценностей стала нормой для людей, их императивом в отношении к природе. А этого можно достигнуть только в том случае, если у каждого человека будет сформировано действенное экологическое сознание.

Согласно антропоцентрическому подходу взаимоотношения человека и природы строятся по правилам, устанавливаемым самим человеком, который считает себя свободным от давления большинства тех сил, которые действуют в живой природе. Возникшие проблемы окружающей среды представляются как следствие неправильного ведения хозяйства, все они могут быть устранены путем технологической реорганизации и модернизации. Однако, как показывает практика, при таком отношении человека к природе не удастся избежать периодически возникающих экологических катастроф.

Согласно экоцентрическому подходу, человек, являясь биологическим видом, в значительной мере остается под контролем главных экологических законов и в своих взаимоотношениях с природой должен принимать ее условия. Развитие человеческого общества рассматривается как часть эволюции природы. Возникновение проблем окружающей человека среды связано с антропогенным нарушением регуляторных функций биосферы. Прогресс человечества ограничивается требованием подчинения законам природы. Только руководствуясь таким подходом к взаимоотношению человека и природы, можно, по нашему мнению, сохранить природу от глобального разрушения [5].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гумилев, Л.Н. Этногенез и биосфера Земли / Л.Н. Гумилев. – М.: Айрис-пресс, 2004. – 560 с.
2. Родзевич, Н.Н. Геоэкология и природопользование: учеб. для вузов / Н.Н. Родзевич. – М.: Дрофа, 2003. – 256 с.
3. Ахутин, А.В. Понятие «природа» в аптичности и Новое время: «Фюсис» и «Натура» / А.В. Ахутин. – М.: Наука, 1988.
4. Ожегов, Ю.П. Экологический импульс: проблемы формирования экологической культуры молодежи / Ю.П. Ожегов, Е.В. Никанорова. – М.: Мол. гвардия, 1990. – 271 с.
5. Акимова Т.А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 566 с.

УДК 621.311.25

**К. СЕДЛИСКА, Н. ВИКТОРОВИЧ**

Люблинский политехнический университет, г. Люблин, Республика Польша

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛИЗАРИНОВЫХ И КАТЕХИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ДЛЯ СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ (DSSC)**

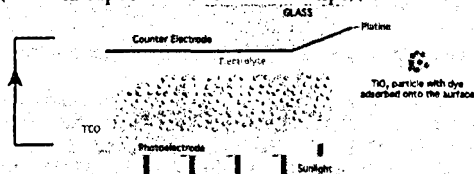
Optical and structural properties of alizarin and catechol dyes and their derivatives dye sensitized solar cell have been studied. The performance for different types of dyes has been tested. The highest efficiency of DSSC prepared was  $\eta=0,252\%$  for quinizarin dye.

### **Введение**

Одна из самых больших и актуальных проблем человечества – истощаемость запасов ископаемого топлива при нынешних темпах роста потребления энергии во всем мире и связанное с этим увеличение загрязнения окружающей среды. Решение этой проблемы заключается в создании недорогих способов использования общедоступных источников, таких как солнце, вода и ветер, которые уже были успешно использованы на протяжении миллионов лет. Именно поэтому использование солнечной энергии рассматривается как единственное экономически оправданное решение в интересах дальнейшего развития энергетического сектора.

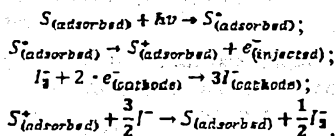
До сих пор на рынке были доступны только фотоэлектрические технологии на основе неорганических материалов, которые требуют больших затрат, а также высокие энергозатраты методов производства. Кроме того, многие из этих материалов, используемых при изготовлении солнечных фотоэлементов, таких как CdTe, являются токсичными и труднодоступными. Используя органические фотоэлементы (Organic Photovoltaics), мы можем избежать вышеуказанных проблем. Тем не менее эффективность органических солнечных фотоэлементов по-прежнему значительно ниже, чем технологий на основе неорганических материалов, таких как кремний.

В таком случае, является разумным развитие в этой отрасли фотовольтанки, в частности, сенсibilизированных красителем фотоэлементов типа DSSC (Dye Sensitized Solar Cell), называемых ячейками Grätzela, над которыми в настоящее время проводятся исследования по всему миру. Сенсibilизированные красителем фотоэлементы состоят из пяти компонентов: 1) конструкция – стекло, покрытое прозрачным слоем проводящим оксидом индия-олова ITO (indium Tin oxide); 2) полупроводниковый слой, как правило, состоящий из наночастиц  $TiO_2$ ; 3) краситель, нанесенный на поверхность полупроводника; 4) электролит (окислительно-восстановительная система); 5) платиновый электрод. Схема строения такой ячейки представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема строения ячейки DSSC [3]**

Принцип работы данного устройства является достаточно простым. При освещении фотоэлемента происходит поглощение фотона на верхнем электроде, и происходит возбуждение красителя. Затем в зону проводимости вводят электрон, который преобразует возбужденные молекулы красителя в положительный ион. Возникающий заряд проходит через кристаллическую решетку к внешней части электрической цепи. После прохождения через цепь и нижний электрод заряд достигает электролита, где происходит окислительно-восстановительная реакция, а затем регенерация молекулы красителя, и процесс завершается. Весь процесс можно описать с помощью следующих уравнений [3]:



Эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в этих устройствах составляет более 11% [2]. Одна из основных проблем при разработке сенситизированных красителем фотоэлементов является выбор сенситизатора, так чтобы спектр поглощения солнечного излучения был настолько широк, насколько это возможно. Наилучшие результаты достигнуты при исследованиях соединений рутения, но они достаточно дороги и токсичны. Поэтому исследуются другие столь же эффективные, дешевые и экологически чистые сенситизаторы. Отсюда и интерес к органическим веществам, таким как ализарин и катехин и их производным, хинизарин и трет-бутил пирокатехин, которые для целей настоящего исследования были использованы и рассматриваются как сенситизаторы в ячейках Grätzel. Их химическая структура показана на рисунке 2.

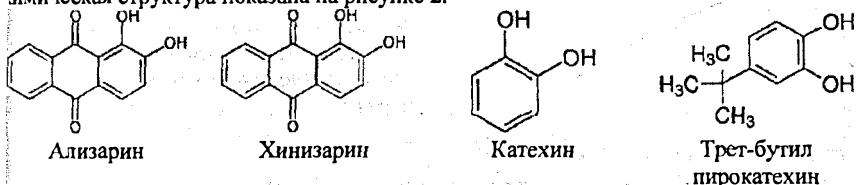


Рисунок 2 – Химическая структура сенситизированных красителей

### Эксперимент

Для данных красителей с использованием спектрофотометра UV/VIS были определены спектры поглощения и изучены их спиртовые растворы. Получены следующие результаты: для ализарина – максимум поглощения в диапазоне длин волн 400–480 нм, для хинизарина – максимум поглощения в диапазоне длин волн 380–550 нм, для катехина – максимальное поглощение в диапазоне длин волн короче 320 нм, а трет-бутил пирокатехина – максимальное поглощение в диапазоне длин волн 300–410 нм.

Для проведения данных исследований был сконструирован солнечный фотоэлемент, состоящий из следующих компонентов в данной последовательности: ITO/TiO<sub>2</sub>/краситель/электролит/Pt/ITO. Полупроводящий слой оксида TiO<sub>2</sub> получен путем приготовления пасты из наночастиц диоксида титана, предварительно приобретенных как готовое изделие под названием P-25 DEGUSSA. Данная паста нанесена

на поверхность стекла с проводящим слоем, которое затем отжигалось в течение одного часа при температуре 400 °С. Затем электрод был погружен в насыщенный раствор красителя и безводного этанола, и выдерживался в течение 24 часов. Полученный слой TiO<sub>2</sub> был помещена нижний электрод и стекло. Пространство между нижним и верхним электродами было заполнено электролитом. Построенный таким образом фотоэлемент затем исследовали. Готовый к исследованиям фотоэлемент показан на рисунке 3.

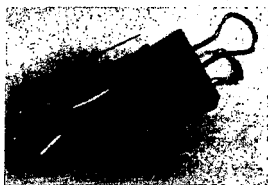
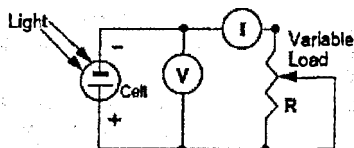


Рисунок 3 – Фотоэлемент DSSC, используемый в исследованиях

Параметры фотоэлемента измерялись при помощи амперметра, вольтметра и потенциометра, принципиальная схема измерительной системы показана на рисунке 4. Для условий освещения помещения интенсивность излучения, падающего на поверхность ячейки, равна 0,35 мВт/см<sup>2</sup>.

Рисунок 4 – Принципиальная схема измерительной системы, используемой в исследованиях [1]



Благодаря использованной измерительной системе измерены параметры фотоэлемента, а при помощи программы Graph был построен график вольт-амперных характеристик ВАХ (рис. 5). Измерения проводились четыре раза для каждого из красителей по отдельности.

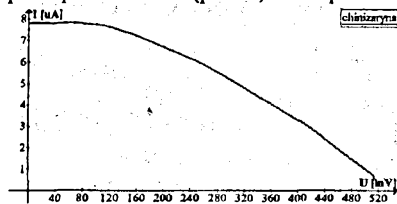


Рисунок 5 – Вольт-амперные характеристики фотоэлементов DSSC, сенсибилизированных хиизарином

Затем рассчитывалась эффективность отдельных фотоэлементов с использованием следующих формул:

$$FF = \frac{U_{MPP} \cdot I_{MPP}}{U_{OC} \cdot I_{SC}}$$

$$\eta = \frac{U_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF}{S \cdot A} \cdot 100\%$$

где  $FF$  – коэффициент заполнения,  $U_{MPP}$  – напряжение в максимальной рабочей точке [В],  $I_{MPP}$  – ток в максимальной рабочей точке [мА],  $U_{OC}$  – напряжение холостого хода [В],  $I_{SC}$  – ток короткого замыкания [мА],  $\eta$  – эффективность фотоэлемента [%],  $S$  – активная площадь фотоэлемента [см<sup>2</sup>],  $A$  – мощность излучения, падающего на поверхность фотоэлемента [мВт/см<sup>2</sup>].

Полученные при расчетах данные приведены в таблице 1, в которой содержатся все параметры, характеризующие фотоэлемент ( $U_{OC}$ ,  $I_{SC}$ ,  $FF$ ,  $\eta$ ). Наилучшие результаты получены при использовании хиизарина как сенсибилизатора ( $\eta = 0,252\%$ , что,

вероятно, связано с тем, что она имеет самый широкий спектр поглощения солнечного излучения среди исследуемых красителей). Отсюда видно, что изменение химической структуры молекулы красителя имеет большое влияние на его свойства поглощения, а следовательно, на эффективность исследуемой системы.

Таблица 1 – Параметры, полученные для исследуемых фотоэлементов DSSC

Исследуемый краситель	$S$	$U_{oc}$	$I_{sc}$	$FF$	$\eta$
трет-бутил пирокатехин	1,44 см <sup>2</sup>	0,345 В	0,0058 мА	0,34	0,135%
катехин	1,53 см <sup>2</sup>	0,391 В	0,0033 мА	0,31	0,075%
ализарин	1,65 см <sup>2</sup>	0,13 В	0,00235 мА	0,38	0,029%
хинizarин	1,7 см <sup>2</sup>	0,519 В	0,0078 мА	0,37	0,252%

### Выводы

В данной статье отражены исследования по использованию ализарина и катехина, а также их производных, в качестве сенсibilизированных красителей в солнечных фотоэлементах. Полученные результаты показали, что наилучшую эффективность преобразования солнечной радиации можно получить с незначительными изменениями в химической структуре естественных пигментов. Благодаря данному методу исследования наибольшая эффективность, которая была достигнута, составляет 0,252%, при рабочих параметрах фотоэлементов  $I_{sc}=0,0078$  мА,  $U_{oc}=0,519$  В.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Alhamed, M. Studying of natural dyes properties as photo-sensitizer for dye sensitized solar cells (DSSC) / M. Alhamed, A.I. Issa, W. Doubal // J. of Electron Devices. – Vol. 16. – 2012. – P. 1370–1383.
2. Green, M.A. Solar cell efficiency tables (version 39) / M.A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta, E.D. Dunlop // Prog. Photovolt: Res. Appl. 20. – 2012. – P. 12–20.
3. Nazceruddin, M.K. Dye-sensitized solar cells: a brief overview / M.K. Nazceruddin, E. Baranoff, M. Gratzel // Sol. En. 85. – 2011. – P. 1172–1178.

УДК 504.06:655

**Е.Ю. СОМОНОВА, М.Г. ГЕРМЕНЧУК**

Учреждение образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», г. Минск

### ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА БИОИНДИКАЦИИ

Bioindication as a method of the Environmental Systems Research. The problem of monitoring the development of different approaches in the environmental monitoring and environmental management today the most relevant. Assessment of the level of human impact with the complex nature of the contamination and the early diagnosis of disorders of the most sensitive components of biotic communities.

Локальный экологический мониторинг осуществляется на обособленном производственном объекте (или его части), объекте правомерного природопользования, отдельном участке территории, постоянно или временно обладающем особым правовым статусом (полиграфическое производство).

Локальный мониторинг, как правило, является составной частью регионального мониторинга. Однако в ряде случаев мониторинг небольшой территории может организовываться для решения задач исключительно местного масштаба.

Вначале проводят фоновый мониторинг места расположения этого объекта и его ближайших окрестностей, а затем после его пуска ведут мониторинг данного района с целью выяснения влияния этого нового антропогенного источника воздействия на окружающую среду ограниченной площади.

Организация и задачи локального мониторинга:

1. При организации и проведении локального мониторинга определяются приоритетные загрязнители, прежде всего, за которыми уже ведутся наблюдения по программам глобального и национального мониторинга (или хотя бы большинство из них), а также загрязнители, выявляемые при организации мониторинга имеющихся источников загрязнения или на основе изучения технологических регламентов (процессов), создаваемых производством.

2. Для интерпретации результатов наблюдений нужны данные о местных гидрометеорологических условиях, что и делает необходимым участие в локальном мониторинге подразделений Гидромета. Так же к локальному мониторингу можно отнести мониторинг среднего города (до 500 тыс. жителей), района расположения промышленного предприятия, ТЭС или АЭС, нефте-, газопромысла, разработки минеральных ресурсов, также небольших территорий специфических географических объектов, таких как озера, искусственное водохранилище, дельта крупной реки, лиман, морской залив и т.п.

3. Сетка точек отбора проб, периодичность наблюдений, сроки выдачи информации органам местного самоуправления и другие детали организации мониторинга определяются на основе общих требований, изложенных ранее, и специфики местных условий. Как обычно, при возникновении экстремальных ситуаций частота отбора проб и выдачи информации должна быть резко увеличена впредь до ликвидации последствий этой ситуации.

4. По результатам локального мониторинга соответствующие компетентные органы могут приостанавливать деятельность предприятий, приводящих к сверхнормативному загрязнению окружающей среды, до ликвидации аварийной ситуации и ее последствий или улучшения технологического процесса, устраняющего возможность таких загрязнений. В особых случаях может ставиться вопрос о полном закрытии предприятия, его репрофилировании или переносе в другую местность.

Результаты мониторинга локального фона на стадии проектирования и строительства также могут привести к необходимости улучшения, совершенствования проекта, изменению места строительства или даже к его запрету по экологическим соображениям.

5. При планировании и проведении локального мониторинга необходимо учитывать не только распространение загрязнителей из местных источников, но и поступление их извне за счет глобального и регионального переноса, что существенно, также и при определении ПДВ и допустимой нагрузки на окружающую среду [1].

Для правильной организации локального мониторинга необходимо определить наиболее чувствительное к ожидаемому или уже существующему набору загрязнителей звено экосистемы в данном районе или хотя бы ряд таких предполагаемых критических звеньев в окружающей среде и биоте. Именно в этом случае применим метод биоиндикации.

Биоиндикация (лат. - *indicare* - указывать) – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, опре

деление или оценочная классификация состоящих экологических систем, процессов и явлений. В настоящее время можно считать общепринятым, основным индикатором устойчивого развития качество среды обитания [2]. В соответствии с этим, организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно связаны с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки, называют биоиндикаторами. При биоиндикации изменения биологической системы всегда зависят как от антропогенных, так и от природных факторов среды. Эта система реагирует на воздействие среды в целом в соответствии со своей предрасположенностью, то есть такими внутренними факторами, как условия питания, возраст, генетически контролируемая устойчивость и уже присутствующими нарушениями.

Существуют различные формы биоиндикации. Если биоиндикатор реагирует значительным отклонением жизненных проявлений от нормы, то он является чувствительным биоиндикатором. Аккумулятивные биоиндикаторы, напротив, накапливают антропогенное воздействие большей частью без быстро проявляющихся нарушений. Для биоиндикации пригодны в основном два метода – пассивный и активный мониторинг. В первом случае у свободной живущих организмов исследуются видимые или незаметные повреждения или отклонения от нормы, являющиеся признаками стрессового воздействия. При активном мониторинге пытаются обнаружить те же самые воздействия на тест – организмах, находящихся в стандартизированных условиях на исследуемой территории [2].

Используемые для целей экологического мониторинга виды-биоиндикаторы отвечают следующим требованиям:

- являются доказательно исследованными;
- методически хорошо отработаны;
- имеют адекватный отклик измеряемых параметров на изменение экологической ситуации;

- обладают достаточной чувствительностью;
- зарекомендовали себя как виды-биоиндикаторы в аналогичных исследованиях;
- широко распространены по всей обследуемой территории, являются массовыми видами;

- удобны для сбора (коллекционирования);
- удобны для обработки и хранения;
- имеют четкие (заметные) и удобно читаемые изменяющиеся признаки, удобные для замеров в практической работе [2].

Заслуживает внимание индикаторная роль растений. Наблюдая за растениями, человек еще в глубокой древности усваивал ориентиры в пространстве и времени – растения верно служили ему вместо компаса. Некоторые растения довольно точно показывали человеку время суток. Другие растения выполняли функцию барометра и гигрометра, являлись индикаторами пресных и соленых вод. В настоящее время растения – индикаторы используют в своих исследованиях и практической деятельности геологи, гидрологи, землеустроители, почвоведы, климатические экологи, лесоводы, археологи и др. Растения могут служить индикаторами плодородия почв. Растения резко реагируют на изменение внешних условий. В зависимости от характера почвенного покрова наибольшее распространение получают те или иные виды растений. Отрицательные воздействия выхлопных газов автомобилей на некоторых растениях настолько отчетливо, что их с успехом можно использовать для обнаружения опасной для людей концентрации этих газов. Особенно это важно в местах скопления выхлопных газов, например в туннелях, автострадах с интенсивным движением. Засыхание концов листьев, изменение окраски, появление белых пятен на листовых пластинках, замедление роста растений свидетельствует о присутствии в окружающей среде опаснейших загрязнителей [3].

Методы биоиндикации являются важными в проведении локального экологического мониторинга. Какой бы современной ни была аппаратура для контроля загрязнения и определения вредных примесей в окружающей среде, она не может сравниться со сложно устроенным «живым прибором», реагирующим на те или иные изменения, отражающим воздействие всего комплекса факторов, включая сложные соединения различных ингредиентов.

Биоиндикация основана на тесной взаимосвязи живых организмов с условиями среды, в которой они обитают. Изменения этих условий может привести к исчезновению определенных видов организмов, наиболее чувствительных к этим показателям, появлению других, для которых такая среда будет оптимальной [3].

Существуют также «виды-универсалы», обладающие высокой экологической пластичностью и способные переносить значительные колебания степени загрязненности водоёма. Понятно, что такие виды не представляют интереса для биоиндикации.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Типовой инструкции о порядке организации и ведения локального мониторинга окружающей среды на отдельном предприятии, в организации, учреждении: приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 1 декабря 1999 г. №368.
2. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеониздат, 1979. – 376 с.
3. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.

УДК 691.544: 666.941.2

#### Н.С. СТУПЕНЬ

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест

#### СУЛЬФАТНАЯ КОРРОЗИЯ В КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИД И ФОСФАТ-ИОНОВ

Studied the influence of chloride, sulphate and phosphate-ions on the degree of leaching of calcium hydroxide in the system  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ . It is experimentally established that in the concentrations of sulphate-ions up to 5 g/l and in the ratio of  $\text{SO}_4^{2-} : \text{PO}_4^{3-} : \text{Cl}^-$  1:2:1 degree of leaching of calcium hydroxide in the system does not lead to corrosion processes in the system.

#### Введение

Исследование грунтовых вод промышленных районов Полесья показало повышенную концентрацию различных катионов и анионов. Наиболее характерным для многих регионов Беларуси является повышенное содержание в подземных водах железа и марганца, наблюдается дефицит фтора и иода.

Химический состав грунтовых вод оказывает существенное влияние на устойчивость бетонных и железобетонных конструкций.



Из всех анионов, находящихся в грунтовых водах, для бетонных и железобетонных конструкций самыми агрессивными являются хлорид-ионы. Ранее было изучено совместное влияние сульфат- и хлорид-ионов, сульфат и фосфат-ионов на коррозионную устойчивость цементного клинкера и стальной арматуры к коррозионным процессам [1, 2].

Целью исследований является изучение влияния хлорид-ионов на устойчивость цементного клинкера, модифицированного фосфатными добавками, в агрессивной сульфатной среде.

#### Методика и объекты исследования

Для исследования процессов выщелачивания  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  использовали цемент марки 500. Исследования проводили на образцах цементного камня ( $v/c=0,4$ ) – кубиках  $2 \times 2 \times 2$  см. После распалубки (через сутки) образцы твердели в течение 28-ми суток в дистиллированной воде.

Для приготовления растворов агрессивной среды использовали сульфат натрия, хлорид натрия марки ЧДА. В качестве модифицирующей добавки использовали фосфат натрия. Концентрации растворов сульфата (в пересчёте на ион  $\text{SO}_4^{2-}$ ) – 5, 10 и 15 г/л приняты из соображений ускоренного получения исследуемых зависимостей.

Количественное определение водорастворимых ионов кальция проводили методом комплексонометрического титрования с трилоном Б, в присутствии индикатора мурексида; определение хлорид-ионов – методом Мора; определение сульфат-ионов – гравиметрическим методом. В агрессивной среде образцы находились в течение 28 суток. Фазовый состав затвердевших образцов определяли рентгенофазовым анализом, минералогический состав – петрографическими исследованиями шлифов.

#### Результаты исследований

Ранее установлено, что модифицирование цементного клинкера фосфатом натрия увеличивает устойчивость цементных и бетонных композиций к действию агрессивной сульфатной среды. При небольших концентрациях сульфат-ионов (до 5 г/л) и соотношении концентраций сульфат- и фосфат-ионов  $\text{SO}_4^{2-} : \text{PO}_4^{3-} = 1:1$  и  $1:2$  уменьшается количество водорастворимых ионов кальция в системе. Положительное влияние фосфатов в значительной степени проявляется в стабилизации pH на уровне 11–12. В присутствии фосфатов структура цементного клинкера уплотняется за счет образования крупнокристаллических новообразований фосфата кальция и мелкокристаллических гидрофосфатов.

Присутствие хлорид-ионов, в общем, увеличивает агрессивность сульфатной среды по отношению не только к цементному клинкеру, но и по отношению к стальной арматуре.

Результаты определения количества ионов кальция в навесках образцов после действия агрессивной хлоридно-сульфатной среды представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество ионов кальция в навеске

Проба из вытж-ки образца, помещенного в р-р с соотношением ионов $\text{PO}_4^{3-} : \text{Cl}^- = 1:1$	Масса ионов $\text{Ca}^{2+}$ в навеске, г	Процентное содержание ионов $\text{Ca}^{2+}$ в навеске	Процентное содержание ионов $\text{Ca}^{2+}$ в цементе	Масса $\text{CaO}$ в навеске, г
Содержание сульфат ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ): 5 г/л	0,0215	3,15	14,11	0,060
10 г/л	0,013	2,10	9,41	0,036
15 г/л	0,01	1,8	8,06	0,028
20 г/л	0,0032	1,17	5,24	0,008

Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение содержания сульфат-ионов в агрессивной среде способствует уменьшению содержания ионов кальция в навеске, что свидетельствует об увеличении степени выщелачивания гидроксида кальция. Определение содержания ионов кальция в жидкой агрессивной среде также показало, что с увеличением концентрации сульфат-ионов концентрация ионов кальция в среде увеличивается (таблица 2).

Таблица 2 – Количество водорастворимых ионов кальция в агрессивной среде

Проба агрессивной среды с соотношением ионов $PO_4^{3-} : Cl^- = 1:1$	Масса ионов $Ca^{2+}$ в среде, г	Процентное содержание ионов $Ca^{2+}$ в среде	Процентное содержание $CaO$ в среде
Содержание сульфат ионов ( $SO_4^{2-}$ ): 5 г/л	0,001	0,07	0,014
10 г/л	0,019	0,1	0,114
15 г/л	0,027	0,189	0,215
20 г/л	0,036	0,252	0,287

С увеличением концентрации сульфат-ионов в агрессивной среде действуют два противоположных процесса. С одной стороны, с ростом концентрации сульфата в агрессивной среде возрастает кристаллизация  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  за счёт увеличения содержания иона  $SO_4^{2-}$ , одноимённого с ионами кристаллизующегося гипса [3]. Этот процесс способствует формированию мелкокристаллического слоя продуктов коррозии низкой диффузионной проницаемости. С другой стороны, в присутствии  $Na_2SO_4$  увеличивается растворимость гидроксида кальция и может увеличиваться растворимость гипса по сравнению с растворимостью этих соединений в воде, что способствует увеличению скорости коррозии.

Жидкая фаза затвердевшего цемента представляет раствор гидроксида кальция концентрации, близкой к концентрации насыщенного раствора, и содержит незначительные количества кремнезёма, глинозёма и оксида железа (III). Снижение одного из компонентов, образующих гидросульфоалюминат кальция ( $CaO, Al_2O_3, SO_3$ ), исключает необходимое пресыщение жидкой фазы по этому компоненту.

Увеличение концентрации сульфат-ионов в агрессивной среде привело к резкому увеличению степени выщелачивания гидроксида кальция. Поэтому дальнейшие исследования системы проводили при соотношении фосфат- и хлорид-ионов 1:1, 2:1 и 1:2 при фиксированной концентрации сульфат-ионов 5 г/л.

Исследование фазового состава затвердевших образцов показало, что в структуре цементного клинкера с добавкой фосфата натрия присутствует крупнокристаллическая фаза ортофосфата кальция и мелкокристаллическая фаза гидрофосфата кальция. Данные рентгенофазового анализа подтверждаются исследованием шлифов образцов. Основную поверхность шлифа образцов с фосфатной добавкой составляют округлые зерна и их гроздевидные совокупности с четкими, а иногда размытыми границами. Зерна бесцветные, прозрачные с показателем преломления 1,70–1,71. Более размытые зерна имеют показатель преломления 1,65–1,67. Оптические характеристики и внешний вид этих кристаллов соответствуют фосфату и гидрофосфату кальция. Свободный (несвязанный) оксид кальция в образцах без добавки фосфата натрия содержится в клинкерах в количестве, обычно не превышающем 0,75–1%. Это свидетельствует о неполноте реакций образования силикатов кальция. Свободный оксид кальция

клинкере представлен в виде скоплений или отдельных округлых зерен, часто примерно одинакового с белитом размера; его трудно обнаружить в прозрачном шлифе клинкера, но он хорошо виден в полированном шлифе, так как благодаря округлой форме заметно выделяется на поверхности шлифа.

Установлено, что гидросульфоалюминат кальция образуется в неопасной форме, если концентрация всех компонентов, образующих это соединение ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ), достаточно высока. Тогда гидросульфоалюминат кальция образуется в виде отдельных игл в поровом пространстве, благодаря чему структура цементного камня не разрушается, а уплотняется.

Содержание свободного оксида кальция в образцах с добавкой фосфата натрия, исходя из соотношения концентраций ионов  $\text{PO}_4^{3-}:\text{Cl}^- = 1:2$ , увеличивается примерно на 0,3%, а это влечет за собой увеличение степени выщелачивания, что, в свою очередь, приводит к снижению pH до 9,8. Такая слабощелочная среда является опасной для стальной арматуры в железобетонных конструкциях и может вызывать ее коррозию. Наоборот, при соотношении концентраций ионов  $\text{PO}_4^{3-}:\text{Cl}^- = 2:1$  содержание свободного оксида кальция уменьшается, что способствует стабилизации pH на высоком уровне (таблица 3).

Таблица 3 – Значения pH водных вытяжек из образцов

Проба агрессивной среды с соотношением ионов $\text{PO}_4^{3-}:\text{Cl}^- = 1:1$	Проба агрессивной среды с соотношением ионов $\text{PO}_4^{3-}:\text{Cl}^- = 2:1$	Проба агрессивной среды с соотношением ионов $\text{PO}_4^{3-}:\text{Cl}^- = 1:2$
11,8	12,0	9,7

### Выводы

1. При небольших концентрациях сульфат-ионов (до 5 г/л) в агрессивной среде фосфатная добавка эффективна для уплотнения и упрочнения структуры цементного клинкера и способствует уменьшению количества водорастворимых ионов кальция в системе.
2. Присутствие хлорид-ионов в агрессивной сульфатной среде не оказывает отрицательно влияния при соотношениях  $\text{PO}_4^{3-}:\text{Cl}^- = 1:1$  и  $2:1$ .
3. Степень выщелачивания гидроксида кальция незначительна в агрессивной сульфатной среде с концентрацией сульфат-ионов до 5 г/л и соотношении фосфат и хлорид-ионов  $1:1$  и  $1:2$ .

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ступень, Н.С. Исследование системы  $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$  в присутствии ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$  / Н.С. Ступень, Б.С. Шевченко, Ю.В. Вольгичук // Вестник Брэсцкага універсітэта. Сер. прыродазн. навук. – 2003. – № 2. – С. 55–61.
2. Ступень, Н.С. Влияние хлоридов на степень выщелачивания гидроксида кальция в системе  $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$  в сульфатной агрессивной среде / Н.С. Ступень, М.В. Лукашенко // Вестник Брэсцкага універсітэта. Сер. прыродазн. навук. – 2008. – № 2. – С. 45–51.
3. Москвин, В.М. О роли ионного и солевого состава раствора при сульфатной коррозии бетона / В.М. Москвин, Г.В. Любарская // Бетон и железобетон. – 1982. – № 9. – С. 16–18.

УДК 502/504 (476.7)

**Э.А. ТУР, С.В. БАСОВ, И.М. ГОЛУБ**

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

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ ПРИБУТСКОГО ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА**

Подземные хранилища газа (ПХГ) являются сложной системой, функционирование которой обуславливается воздействием внешних и внутренних факторов, которые, безусловно, оказывают определенное техногенное влияние на объекты природной среды на протяжении всего периода эксплуатации хранилищ.

Технологические и геоэкологические проблемы функционирования подземных хранилищ газа весьма многообразны, что требует проведения регулярного мониторинга для обеспечения экологической безопасности. В связи с этим весьма актуальными являются вопросы рационального природопользования и повышения уровня экологической безопасности технологических процессов при всем сроке эксплуатации ПХГ.

Газогеохимические параметры пластовых вод в районе эксплуатации Прибутского ПХГ, химический и газовый состав грунтовых и поверхностных вод прилегающей к хранилищу района, динамика изменения химического и газового состава поверхностных и подземных вод при многолетней эксплуатации ПХГ, а также перспективы дальнейшего развития и практического использования полученных результатов подробно описаны в работе [1].

В этой же работе указывается, что масштабы загрязнения природных вод в пределах ПХГ за счет поверхностного источника не велики и не представляют угрозы для систем жизнеобеспечения в регионе. Однако это не относится к технологическим авариям (разливы нефтепродуктов, ГСМ, этанола, повреждения технологических линий и др.), последствия которых могут быть тяжелы для природных комплексов и населения. Последствия постоянного загрязнения пластовой воды достаточно не изучены и могут представлять существенную опасность.

В 2013 году на кафедре инженерной экологии и химии проводилась научная исследовательская работа в рамках хозяйственного договора с УП «Бресткоммунпроект». В соответствии с техническим заданием Заказчика было необходимо разработать рекомендации по использованию необходимого оборудования для анализа и контроля содержания ДЭГ, этанола, этилмеркаптана и нефтепродуктов в пластовой воде и рекомендации по технологии очистки загрязненной пластовой воды Прибутского ПХГ этими соединениями с целью возврата очищенной воды в пласт.

Результаты лабораторных испытаний образцов загрязненной пластовой воды Прибутского ПХГ в соответствии с Протоколом испытания сточных вод, поверхностных вод №125-Д-СПВ-190-1 от 22.03.2012 Брестской областной лаборатории аналитического контроля и данными химической лаборатории Прибутского ПХГ показали максимальное содержание различных веществ в образцах пластовых вод, в том числе нефтепродукты – до 82 мг/дм<sup>3</sup>; этанол – до 10 Об, %; этилмеркаптан – до 1 Об, %

диэтиленгликоль (ДЭГ) – до 2 Об, %. Анализ результатов лабораторных испытаний однозначно указывает на необходимость проведения комплекса мероприятий по очистке пластовых вод от указанных веществ.

Эта задача может быть решена путем совершенствования гидрофильных и гидрофобных фильтров и гидрозатворов, а также путем применения гидродинамических автофлотационных аппаратов и применения необходимых сорбентов.

Разделение пластовой воды, содержащей нефтепродукты и водорастворимые органические соединения, может включать перемещение транспортируемого потока в ламинарном режиме, разделение его на пучок потоков и, после расслоения каждого потока в пучке на фазы, слияние их в общий поток. Транспортируемый поток последовательно перемещается в горизонтальном и наклонном направлениях. На наклонном направлении потоки в пучке перемещают параллельно встречному можно барбатировать поток пузырьками газа с химическим составом, идентичным отслоенной газовой фазе, что позволяет избежать ненужных химических реакций. Нефтепродукты и вода при перемещении по трубопроводу успевают разделиться, причем вода по наклонной части скатывается вниз и там ее отбирают, нефтепродукты отбирают из горизонтальной части трубопровода. Таким образом, смесь проходит две ступени очистки – на горизонтальном и на наклонном участке трубопровода. При необходимости каждый участок очистки можно повторять несколько раз.

Предварительно очищенная от нефтепродуктов исходная пластовая вода содержит определенное количество загрязнителей в виде остатков нефтепродуктов, которые удаляются на последующих стадиях, одной из которых является очистка на контактно осветлителе. Основным рабочим материалом использованного контактного осветлителя является гравийная загрузка, расположенная в контактно осветлителе, позволяющем в оптимальном режиме осуществлять очистку при условии максимального времени фильтроцикла. Периодически, по результатам анализа очищенной воды, необходимо проводить промывку контактного осветлителя для обеспечения наиболее эффективной его работы.

Эффективное удаление из пластовых вод диэтиленгликоля (ДЭГ) сопряжено с большими трудностями, связанными с его высокой химической устойчивостью, хорошей растворимостью и высокой концентрацией в стоке. Известно [10], что сильные окислители (хлор, озон) позволяют эффективно удалять органические вещества из природных и сточных вод. Исследование возможности применения этих окислителей для разложения ДЭГ в водных растворах показало, что в концентрированных растворах после озонирования содержание ДЭГ практически не изменяется. При озонировании разбавленных растворов (2 г/л) максимальное снижение концентрации ДЭГ составило 13 %. При этом температура раствора не влияла на эффективность процесса. Окисление раствора ДЭГ газообразным хлором практически не происходит.

Имеются сведения о возможности использования некоторых природных сорбентов или полупродуктов для очистки стоков от органических компонентов.

Удаление ДЭГ из водных растворов при помощи синтетических органических сорбентов, таких как поликонденсационные ионообменные смолы, содержащие низкоосновные функциональные аминогруппы (АН-31) и полимеризационный анионообменник с четвертичными аммонийными группами (АВ-17-8), а также слабокислый макропористый катионообменник КБ-4П-2, имеющий карбоксильные обменные

группы. Анионообменники находились в ОН-форме, катионообменник – в Na-форме. Кроме того, для сорбции ДЭГ использовались и амфолиты АНКБ-35 АНКБ-10 в СИ-форме. Полученные данные показывают, что сорбционная емкость ионообменников по ДЭГ низка и мало зависит от типа функциональных групп. Можно предположить, что при взаимодействии озона с ДЭГ образуются продукты деструкции, обладающие более высокой сорбируемостью (например, органические кислоты), поэтому было изучено влияние озонирования на эффективность удаления ДЭГ из воды ионообменными сорбентами. Результаты экспериментов показали, что увеличения сорбируемости ДЭГ не наблюдается, однако другие водорастворимые органические вещества окисляются озоном до легко удаляемых примесей.

Таблица 1 – Эффективность удаления ДЭГ ионообменными сорбентами

Тип нонита	Концентрация компонентов в растворе, %	Сорбционная емкость, мг/мл	Максимальная эффективность удаления ДЭГ, %
АВ-17-8 (ОН-ф.)	2,5 ДЭГ+2,5 NaCl	0,3	12
АВ-31 (ОН-ф.)	2,5 ДЭГ+2,5 NaCl	0,96	38
КБ-4П-2 (Na-ф.)	2,5 ДЭГ+2,5 NaCl	0,70	31
КБ-4П-2 (Na-ф.)	1 г/л ДЭГ	0,63	29
АНКБ-10 (СI-ф.)	1 г/л ДЭГ	0,55	23
АНКБ-31 (СI-ф.)	1 г/л ДЭГ	0,89	23

Применение органических сорбентов, имеющих гелевую и пористую макроструктуру, для удаления ДЭГ в промышленных условиях целесообразно. Сорбция ДЭГ происходит, вероятно, молекулярно за счет Ван-дер-ваальсовых сил, поэтому можно было предположить, что активные угли будут эффективно извлекать его из воды. Для удаления ДЭГ из растворов были использованы активные угли БАУ, СКТ и АГ-3. Предварительными экспериментами было установлено, что для сорбции ДЭГ лучшими являются угли марки БАУ и СКТ. Для проверки предположений было проведено исследование сорбции угля СКТ при различных концентрациях ДЭГ.

Таблица 2 – Сорбционная емкость угля БАУ по ДЭГ, рассчитанная по сорбции и регенерации

№ цикла	Концентрация исходного раствора ДЭГ, %	Колонка 1		Колонка 2	
		сорбция	регенерация паром	сорбция	регенерация паром
		емкость, мг/мл		Емкость, мг/мл	
1	0,55	6,7	10,1	6,54	8,18
2	0,137	4,64	5,1	4,0	3,92
3	0,102	2,5	–	–	–

Из таблицы видно, что сорбционная емкость угля от цикла к циклу падает, ввиду того что температура пара низка. Для более полной регенерации необходимо пар перегреть до температуры, близкой к температуре кипения ДЭГ. Однако сорбционная емкость угля примерно на порядок выше емкости других сорбентов, поэтому активированный уголь можно считать более перспективным сорбентом для ДЭГ. Высокая гидрофильность ДЭГ и небольшая разница адсорбционных потенциалов молекул воды и диэтиленгликоля делает практически невозможным полное выделение ДЭГ из водного раствора. Удерживание происходит за счет проникновения его совместно с

молекулами воды в микропоры сорбента. Поэтому наиболее эффективными сорбентами должны быть угли с высоким содержанием микропор. К таковым относятся гошь СКТ, изготовленный на основе торфа.

Регенерация сорбента от поглощенного ДЭГ происходит в результате его химического окисления, наступающего после практически полного удаления молекул воды. Поэтому целесообразно было использовать для очистки сорбента либо нагретый воздух с температурой 150-300°C, либо топочные газы с пониженным содержанием кислорода. Исследование сорбционных свойств углей показало, что сорбционная емкость СКТ в 20-30 раз превышает емкость других исследованных сорбентов. Изучение динамических характеристик сорбента и динамической полной сорбционной емкости показало, что эти характеристики во многом определяются концентрацией ДЭГ в исходном растворе и скоростью фильтрации.

Таким образом, экологический аспект технологии очистки загрязненной пластовой воды Прибугского подземного хранилища газа должен, на наш взгляд, учитывать следующие рекомендации:

- разделение стоков содержащих нефтепродукты и водорастворимые органические вещества;
- перемещение транспортируемого потока, содержащего нефтепродукты и водорастворимые органические вещества, в ламинарном режиме, разделение его на пучок потоков и, после расслоения каждого потока в пучке на фазы, слияние их в общий поток;
- использование гравийного контактного осветлителя для доочистки от нефтепродуктов;
- окисление водорастворимых органических соединений (спиртов и этилмеркаптана) озоном;
- сорбция ДЭГ на углях с высоким содержанием микропор (к таковым можно отнести уголь СКТ, изготовленный на основе торфа).

Прошедшие очистку таким образом пластовые воды могут быть возвращены в пласт, после проведения мониторинга по достигнутому качеству.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левашкевич, В.Г. Изучение газогеохимических параметров пластовых вод в районе эксплуатации Прибугского ПХГ / В.Г. Левашкевич, В.И. Сухачев, Н.А. Криштопа // Актуальные проблемы природопользования Брестской области / А.А. Волчек [и др.]. - Минск: Беларуская навука. - 2009. - С. 220-262.
2. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. - К.: Вища шк., 1986. - 352 с.
3. Фомин, Т.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. - М.: Протектор, 1995. - 624 с.
4. Химия промышленных сточных вод; пер. с англ. - М.: Химия, 1983. - 360 с.
5. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы химического анализа. - М.: СЭВ. - Часть 1. - 1987. - С. 550.
6. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества: ГОСТ Р 51232-98.
7. Water quality. Determination of hydrocarbon oil index. Part 2: Method using solvent extraction and gas chromatography; ISO 9377-2:2000.
8. Лейте, В. Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод. - М.: Химия, 1975. - 200 с.
9. Жданова, Н.В. Осушка природных газов / Н.В. Жданова, А.Л. Халиф. - М.: Химия, 1984. - 191 с.
10. Tokahashi, N. // Kote eegu. Ind. Water. - 1983. - № 303. - P. 12-18.

УДК 667.637.222:625.75

**Э.А. ТУР, Н.М. ГОЛУБ**

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

### **ЭКОЛОГИЧНЫЙ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ СЛОЖНОГО ЭФИРА КАНИФОЛИ**

The article provides a comparative analysis of advanced materials for horizontal road marking. The authors have developed a new eco-friendly thermoplastic road marking material. The tests of the material in the laboratory and field conditions. Found that the new material forms a solid, flexible, durable, long-lasting coating with excellent adhesion to the road surface.

Рост парка транспортных средств в последние годы значительно опережает темпы увеличения протяженности улично-дорожной сети, несмотря на большой объем нового строительства и реконструкции автомобильных дорог, магистралей и улиц населенных пунктов. В этих условиях значительно возрастает роль технических средств организации дорожного движения, к которым относятся дорожные знаки, разметка, светофоры и направляющие устройства. Разметка занимает особое место среди данных технических средств. Она является завершающей стадией организации движения транспорта и пешеходов и обеспечивает безопасность дорожного движения.

Традиционно для производства горизонтальной разметки автомобильных дорог используют эмали на основе органических растворителей. Технология их производства и нанесения на дорожное покрытие достаточно проста. Эмали дешевы, однако обладают рядом существенных недостатков, таких как низкая экологичность (наличие органических растворителей в составе композиции) и недолговечность, обусловленная низкой износостойкостью.

В связи с повреждением озоновой оболочки нашей планеты выбросы растворителей (в процессе производства эмалей и в процессе их высыхания на дорожном покрытии за счет испарения растворителей) представляют собой большую экологическую проблему. В течение последних лет в России, странах западной Европы, США предпринимались попытки применять менее вредные растворители для производства эмалей дорожной разметки. Но такие растворители очень дороги и производство эмалей становится нерентабельным, а срок службы остается на прежнем уровне. Дальнейшим шагом в решении данной экологической проблемы явилась разработка водно-дисперсионных красок. Их существенные недостатки: производство является непростым с технологической точки зрения, нанесение на дорожное полотно требует изготовления трубопроводов, различных деталей, вентилях, кранов разметочной техники из высококачественной нержавеющей стали [1].

В странах Западной Европы и США наряду с эмалями и красками широкое распространение получили термопластичные материалы (далее – термопластики). Их основное преимущество состоит в том, что физико-механические свойства и технология нанесения позволяют увеличить толщину наносимого слоя термопластика до 2–6 мм. Следовательно, функциональная долговечность дорожной разметки увеличивается в 3–4 раза. Термопластики предназначены для горизонтальной разметки на участках автомобильных дорог с высоким потоком транспортных средств. Термопластик – термомягчаемый лакокрасочный материал, который производят в виде смеси компонентов, в состав которой входят: полимерное термопластичное связующее в форме таблеток или гранул, минеральные наполнители, пигменты, комплекс



функциональных добавок (пластификаторы, стабилизаторы). В качестве связующего в различных рецептурах чаще всего используют нефтеполимерные и алкидно-акриловые смолы и некоторые другие термопластичные сополимеры [2].

В последние годы новым научным направлением является исследование возможности применения в рецептурах термопластиков различных сложных эфиров в качестве связующего.

Авторами разработан и испытан в лабораторных и натуральных условиях термопластичный материал на основе пентаэритритового сложного эфира канифоли. Основные физико-химические характеристики полимерного связующего приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики полимерного связующего

Наименование показателя	Величина показателя
Цвет и внешний вид	«Таблетки» от светло-желтого до янтарного цвета
Запах	Практически без запаха
Температура стеклования, °С	53±1
Кислотное число, мг КОН/г	Не более 10
Температура размягчения, °С	100 – 106
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Около 1070
Влажность, %, не более	0,7
Растворимость в воде	Не растворим
Растворители	Алифатические и ароматические углеводороды и их хлорпроизводные, простые и сложные эфиры
Поведение при нагреве	Термически разлагается при t° выше +260°С

В качестве минеральных наполнителей применяли смесь кварцевых песков различного гранулометрического состава, карбонат кальция (молотый мрамор) со средним размером частиц 40 мкм, доломит со средним размером частиц 10 мкм. Пигментом служил диоксид титана рутильной формы с маслоёмкостью 13–18 г/100 г, произведенный хлоридным методом [3, 4].

В качестве стабилизатора использовали сополимер этилена и винилацетата с температурой стеклования 84°С, в качестве пластификатора – сополимер изобутилена и α-бутена и масло минеральное – продукт переработки высококипящих нефтяных фракций (жидкая смесь парафиновых, нафтеновых, ароматических, нафтено-ароматических углеводородов). Для повышения адгезии к асфальтобетону в рецептуру ввели функциональную добавку – линейный блок-сополимер стирола и изопрена с содержанием стирола 15 масс. % (пористые гранулы, припудренные аморфным кремнезёмом). Для достижения эффекта световозвращения и дополнительного армирования толстослойного разметочного покрытия в рецептуру включили световозвращающие стеклошарики с адгезионной обработкой и гранулометрическим составом 125–600, 125–850, 100–400 или 425–850 мкм.

Оптимизированная рецептура экологичного термопластичного разметочного материала белого цвета содержит следующие компоненты, масс. %: пентаэритритовый сложный эфир канифоли – 13,5, смесь кварцевых песков – 26,5, кальция карбонат – 8,3, доломит 18,0, диоксид титана – 10,0, сополимер этилена и винилацетата – 1,0, сополимер изобутилена и α-бутена – 2,8, масло минеральное – 1,7, блок-сополимер стирола и изопрена – 2,0, световозвращающие стеклошарики – 16,2.

Лабораторные испытания термопластичного материала проводили стандартными методами [5]. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Проведенные лабораторные исследования показывают, что толстослойное лакокрасочное покрытие, образованное застывшим термопластиком сочетает в себе твердость, износостойкость, эластичность, морозостойкость, стойкость к воздействию во-

ды и водного раствора хлорида натрия, устойчивость к воздействию переменных температур (многократный переход через 0°C), высокую адгезию к асфальтобетонному и цементобетонному дорожному полотну.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний

Наименование показателя	Величина показателя
1. Массовая доля нелетучих веществ, %	99
2. Температура размягчения по «КИШ», °С	100
3. Растекаемость при рабочей температуре расплава, мм	110-140
4. Плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее	2,4
5. Время отверждения при t°=(20±2)°С до степени 5, мин	12
6. Коэффициент диффузного отражения (коэффициент яркости, белизна) белого покрытия, %	85
7. Эластичность покрытия при изгибе, мм	16
8. Стойкость покрытия к статическому воздействию воды и 3%-ного водного раствора NaCl при t°=(20±2)°С, ч	Более 100
9. Стойкость покрытия к статическому воздействию насыщенного водного раствора NaCl при t°=(0±2)°С, ч	Более 72
10. Стойкость покрытия к статическому воздействию бензина и индустриального масла при температуре (20±2)°С, ч	Более 10
11. Стойкость покрытия к статическому воздействию 10%-ного водного раствора NaOH натрия при t°=(20±2)°С, ч	Более 72
12. Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения) при облучении покрытия 168 ч, %	1,8
13. Морозостойкость покрытия, циклы	Более 10
15. Адгезия к асфальтобетону, МПа: - до замораживания - оттаивания - после 10 циклов замораживания - оттаивания	0,53 0,42
16. Адгезия к цементобетону, МПа	0,9
17. Водонасыщение, % по объему	0,31

После разогрева, вымешивания, выдерживания при температуре (190–200)±5°C в течение 2 ч, нанесения специальной разметочной техникой и затвердевания термопластик образовывал толстослойное твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие, содержащее световозвращающие стеклошарики.

Разработанный экологичный термопластичный разметочный материал рекомендуется комплектовать стеклошариками фракции от 400–800 мкм до 800–2000 мкм. Согласно проведенным исследованиям, рабочая температура расплава термопластика находится в пределах (190–200)±5°C, перегрев материала не допускается. В процессе работы с термопластиками необходимо особое внимание уделять разметочной технике, безупречной работе термометров, контролирующих температуру в котлах (во избежание перегрева материала), а также культуре производства.

Расход термопластиков рассчитывают согласно техническим нормативно-правовым актам Республики Беларусь в зависимости от толщины слоя (в г/м<sup>2</sup>) и от ширины разметочной линии (в кг/км). Оптимальный расход термопластика зависит от состояния поверхности дорожного полотна, наличия поверхностной обработки и толщины наносимого слоя термопластика.

Технология нанесения термопластиков очень экономична и удобна. Стоимость разметочных работ термопластиками в пересчете на общие затраты (с учетом долговечности материала) примерно на 20–25 % ниже традиционных материалов. Прогнозируемая функциональная долговечность горизонтальной дорожной разметки, выполненной термопластиками, составляет не менее 3-х лет (для красок и эмалей этот показатель равен 6 ме-

шам). Таким образом, термопластичные материалы в полной мере могут служить качественной экологически полноценной альтернативой органоразбавляемым эмалям и краскам, которые в настоящее время применяются для горизонтальной разметки асфальтовых и цементобетонных автомобильных дорог общего пользования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т.Брок, М. Гро-клаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
- Стойс, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойс, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
- Ермилов, П.И. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы: учеб. пособие для вузов / П.И. Ермилов, Е.А. Индейкин, И.А. Толмачёв. – Л.: Химия, 1987. – 200 с.
- Скороходова, О.Н. Неорганические пигменты и их применение в лакокрасочных материалах / О.Н. Скороходова, Е.Е. Казакова. – М.: Пэйнт-Медиа, 2005. – 264 с.
- Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

УДК 667.636.25

**В.А. ХАЛЕЦКИЙ**

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

#### **СИЛИКОНМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛЕТАУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Silicon modified outdoor paints for different type of mineral surfaces offer great interest due to their high exploitation properties such as low water absorption and high water vapor permeability. The recipe of façade paint based on styrene-acrylic filmformer modified by silicon resins was elaborated by the author.

Вступление в 2011 г. Республики Беларусь в таможенный союз (ТС) потребовало унификации национального законодательства в области технического нормирования с требованиями законодательства Российской Федерации и Казахстана. Технический регламент ТС «О безопасности лакокрасочных материалов», проект которого обсуждается с 2012 г., запрещает использовать в составе лакокрасочных материалов летучие органические соединения: бензол, пиробензол, хлорированные углеводороды, метанол в качестве растворителей и разбавителей. Устанавливаются общие требования по содержанию летучих органических соединений (ЛОС) в составе лакокрасочных материалов [1]. Данные нормы приведены в соответствии с Директивой 2004/42/ЕС Европейского парламента и совета от 21.04.2004 г. по ограничению эмиссии летучих органических соединений в результате применения органических растворителей в лаках и красках [2]. Всё это в значительной степени облегчает продвижение на строительном рынке лакокрасочных материалов на водной основе, среди которых доминирующее положение занимают так называемые «акриловые» краски и грунтовки, содержащие плёнкообразователь на основе мономеров эфиров акриловой кислоты и стирола. К сожалению, такие традиционные составы имеют не только достоинства (высокая адгезия к основанию, относительно высокая светостойкость и стойкость к воздействию климатических факторов, умеренная стоимость и др.). Им присущ также ряд недостатков, одним из которых является низкий коэффициент паропроницаемости.

Поэтому особый интерес представляет разработка ЛКМ строительного назначения, покрытия на основе которых обладают высокой паропрооницаемостью при низком водопоглощении, т.е. так называемые "дышащие" покрытия. Особенно актуальной становится проблема обеспечения правильного влаго- и газообмена при проведении ремонтных и реставрационных работ, а также в системах тепловой реабилитации зданий и сооружений. Часто применяемым подходом к созданию таких материалов является модификация акрилового плёнкообразователя кремнийорганическими олигомерными эмульсиями.

Целью настоящего исследования являлась разработка рецептуры силиконмодифицированной водно-дисперсионной фасадной краски для минеральных поверхностей, а также определение характеристик полученного покрытия.

Изготовление пробных замесов краски осуществлялось с помощью лабораторного диссольвера с фиксированной скоростью вращения фрезы 900 оборотов в минуту полимерной ёмкости в одну стадию. Примерная рецептура состава ЛКМ приведена в табл. 1. При определении содержания компонентов учитывалось удобство переноса рецептуры для промышленного изготовления. Расчетная объёмная концентрация пигмента в разработанном ЛКМ составляет 65,28%, расчётная массовая доля нелетучих компонентов – 63,86%.

*Таблица 1 – Примерная рецептура силиконмодифицированной фасадной краски для минеральных поверхностей*

№	Наименование компонента	Содержание, масс. %
1.	Вода	24,86
2.	Кальцит (мраморный порошок), фракция 2 мкм	13,93
3.	Кальцит (мраморный порошок), фракция 5 мкм	19,15
4.	Тальк	5,22
5.	Силикат алюминия	0,35
6.	Пигмент белый (диоксид титана)	12,18
7.	Полимерный плёнкообразователь (водная дисперсия сополимера полиакрилатов и стирола)	19,15
8.	Гидроксиметилцеллюлоза (реологическая добавка)	0,21
9.	Полиакриловый загуститель (реологическая добавка)	0,24
10.	Коалесцент (Dalpad Filmer <sup>TM</sup> , Dow Chemical Europe)	0,87
11.	40%-ный водный раствор полиакрилата натрия (диспергатор)	0,53
12.	Пеногаситель на основе минерального масла	0,31
13.	Тарный консервант	0,35
14.	Плёночный консервант	0,24
15.	Полифосфат натрия (умягчитель воды)	0,21
16.	Аммиак (регулятор кислотности)	0,02
17.	Силиконовая эмульсия – модификатор	2,20

Механизм модификации пленкообразователей основан на их термодинамической несовместимости с силиконовыми олигомерами. При введении силикона в полимерную матрицу образуется двухфазная система, плёнка становится неоднородной. Слои лакокрасочного покрытия гидрофобизируются, в нем образуется система микропор, достаточных по размерам для миграции водяного пара и углекислого газа и слишком малых для просачивания жидкой воды. При этом также уменьшается традиционная липкость, присущая большинству чисто акриловых и стиролакриловых сополимеров [3, 4].

Авторами было проведено исследование полученной фасадной краски, причём была исследована как сама краска, так и покрытие на её основе. Методики испытаний

соответствовали действующим в лакокрасочной отрасли техническим нормативным правовым актам. Вязкость по Брукфилду определялась на 20 об/мин при 20°C с помощью шпинделя № 05 на ротационном вискозиметре модели RVDV-E, производства Brookfield Engineering Inc. Вязкость по ICI определялась на 750 об/мин при 23°C на вискозиметре типа «конус-плита», модели CPD 2000 D1LT, производства Research Equipment London. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Характеристика разработанной фасадной краски для минеральных поверхностей

№	Наименование показателя	Метод испытания	Фактическое значение
1.	Внешний вид покрытия	ГОСТ 28196	Ровная и однородная матовая поверхность
2.	Массовая доля нелетучих веществ, %	ГОСТ 17537	62,1
3.	Водородный показатель, рН	ГОСТ 28196	8,4
4.	Укрывистость высушенной пленки, г/м <sup>2</sup>	ГОСТ 8784	120
5.	Степень перетира, мкм	ГОСТ 6589	30
6.	Стойкость покрытия к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С, ч	ГОСТ 9.403	Не менее 96
7.	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2)°С, ч	ГОСТ 19007	Не более 1
8.	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	ГОСТ 28575	0,022
9.	Вязкость краски по Брукфилду, 20 об/мин, сП		8500
10.	Вязкость краски по ICI, 750 об/мин, сП		115

Полученный состав был апробирован на строительных объектах в Республике Беларусь и Российской Федерации. Мониторинг состояния окрашенных поверхностей спустя 5 лет после нанесения данных ЛКМ показал их высокие эксплуатационные свойства. Такие покрытия не только сохраняют свой эстетический внешний вид, но и способствуют соблюдению правильного влажностного режима в здании. Соотношение показателей паропроницаемость/водопоглощение для систем, модифицированных силиконовыми эмульсиями, наиболее сбалансировано и соответствует "дышащим" краскам, что позволяет использовать их не только для простых оснований, но и в системах тепловой реабилитации фасадов и для реставрационных целей.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности лакокрасочных материалов» (Проект) [Электронный ресурс] / Официальный сайт комиссии Таможенного союза. – 2012. – Режим доступа: [http://www.tsouz.ru/db/techreglam/ Documents/TR%20Laki-kraski%20VGS%2014\\_12\\_11.pdf](http://www.tsouz.ru/db/techreglam/ Documents/TR%20Laki-kraski%20VGS%2014_12_11.pdf). – Дата доступа: 01.05.2013.
2. Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the council of 21 April 2004 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC. – Official Journal of the European Union. – 30.04.2004. – p. L 143/87.
3. Халецкий, В.А. Модификация стиралакриловых пленкообразователей силоксановыми олигомерами / В.А. Халецкий // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2002. – №9. – С. 26–27.
4. Халецкий, В.А. Исследование влияния модификации акриловых пленкообразователей на свойства лакокрасочных материалов / В.А. Халецкий, В.Н. Панагушин // Вестник Брестского государственного технического университета – 2003. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология – С. 81–83.

УДК 631.635

О.Е. ЧЕЗЛОВА<sup>1</sup>, А.А. ВОЛЧЕК<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест

<sup>2</sup> Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОМЕГА-ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ФИРМЫ HYDRO-AIR (ГЕРМАНИЯ) НА ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ СГЦ «ЗАПАДНЫЙ»

Results of the analysis of work of water sprinkler "Omega" on agricultural fields of an irrigation "Western" are resulted. It is shown that the irrigation sewage of a pig-breeding complex of agricultural grounds gives economic benefit (560€ / hectare). It is recommended to use sewage directly after separation.

Использование животноводческих стоков на орошение и удобрение является природоохранным и ресурсосберегающим мероприятием, обеспечивающим повышение продуктивности земель и экономии удобрений. Кроме того, решается проблема утилизации большого количества данных отходов. Однако режимы орошения животноводческими стоками имеют свои особенности, которые обусловлены, прежде всего, их удобрительной ценностью [1]. Для экологически безопасного их использования необходимо определить нормы, сроки и число поливов, а также учесть биологические особенности сельскохозяйственных культур, климатические, почвенные и гидрогеологические условия орошаемого участка, способы и техники полива, технологии возделывания растений. Также необходимо соблюдать ряд требований охраны природы: агромелиоративные, водоохранные, санитарно-гигиенические и ветеринарные требования [1].

Целью данной работы явилось исследование особенностей режимов орошения с помощью Omega-оросительной установки немецкой фирмы Hydro-Air на примере «Селекционно-гибридный центр «Западный» (СГЦ) «Западный».

СГЦ «Западный» является крупным свиноводческим комплексом. поголовье свиней здесь составляет около 90000. В год образуется до 400 тыс.м<sup>3</sup> стоков. Навозная жижа направляется через станцию сепарирования и разделяется на твердую и жидкую фазы. Затем сточные воды (СВ) поступают в два пруда (резервуар осветленных стоков (РОС) 1 и РОС 2), в которых происходит промежуточное накопление. Из обоих промежуточных резервуаров СВ перекачивается насосом в резервуар-накопитель в поле и здесь подается непосредственно для дождевания сельскохозяйственных культур. В 2011 году предприятием была закуплена Omega-дождевальная установка немецкого производства для использования предварительно очищенных и отстоянных стоков для полива сельскохозяйственных культур. В 2012 г. установка работала на площади 170 га. С помощью этой установки значительная часть жидкой фракции навозной жижи стала подаваться для орошения сельскохозяйственных культур методом дождевания.

Omega является линейной оросительной установкой, состоящей из 7 секций по 54,5 м каждая; крайняя секция без опоры – 20,1 м. Ширина установки 402 м, ширина орошения – 425 м. Производительность дождевальной установки – 240 м<sup>3</sup>/ч. Максимальная скорость передвижения по полю 100 м/ч. Общий вид машины показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид дождевальной установки Omega

Дождевальная установка с одной точки подключения орошает около 25 га. За время эксплуатации установка зарекомендовала себя с положительной стороны, хорошо вписалась в конкретные природно-климатические и рельефные условия, экономически эффективна. Тем не менее, оператор установки В. Остапенко отмечает некоторые нюансы в ее работе, на которые требуется обратить внимание. На двигателях, которые находятся на опорах, скапливалась влага, попадая на электрические части вынуждала автоматику выключать установку до высыхания. Тратилось много времени для обнаружения и устранения проблемы. Было предложено установить дополнительные пластмассовые листы с боков двигателей, чтобы доступ воды был минимален. Хотя в РОСе на входе в напорный трубопровод агрегата стоит сетчатый фильтр, мелкая трава попадает в системы. Это приводит к засорению форсунок. При засорении одной из форсунок необходимо останавливать полив для ее очистки.

Совместно с немецкими коллегами проведены анализы жидкой составляющей стоков сразу после сепарации и из пруда-накопителя. Результаты этих исследований представлены в таблице 1.

Значительное снижение азота общего и сухого вещества обусловлено длительным процессом брожения и более полным процессом преобразования органического вещества.

Таблица 1 – Содержание сухого вещества и биогенных элементов в жидкой составляющей стоков СГЦ «Западный», мг/дм<sup>3</sup>

Параметры исследования	СВ сразу после сепарации	СВ из пруда-накопителя
Сухое вещество	5990	360
Азот аммонийный	990	289
Азот общий	1780	296
Фосфор (в виде P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	-	50

На основе аналитических данных жидкой составляющей навозных стоков после сепарации специалистами германской фирмы Hydro-Air в кооперации с ECO-CERT и EcoBridgeGermany был разработан режим орошения и предложены оросительные и

поливные нормы. При использовании оросительной нормы  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$  с поливной водой может быть внесено  $200 \text{ кг}$  азота аммонийного (за вычетом потерь при внесении  $50 \text{ кг}/\text{га}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $50 \text{ кг}/\text{га}$   $\text{K}_2\text{O}$ , чем достигается экономия удобрений –  $250 \text{ €/га}$ . Потребность площади при данной норме –  $140 \text{ га}$ . Также было определено, что осветленные стоки можно вносить в количестве  $2500 \text{ м}^3/\text{га}$  по питательным веществам. При этом потенциальная урожайность кукурузы должна вырасти с  $350 \text{ ц}/\text{га}$  до  $650$ . Экономия удобрений при этом возрастает до  $560 \text{ €/га}$ .

Значительно выгоднее использовать жидкую фазу СВ сразу же после сепарации. Это объясняется значительно более высоким содержанием питательных веществ, которые могут использовать растения. Повышенное содержание азота аммонийного позволяет обеспечить растения питательными веществами на площади  $350 \text{ га}$ . Таким образом, за вычетом потерь при внесении, может быть использовано около  $200 \text{ кг}$  азота аммонийного на гектар. Оросительная норма при этом составляет  $100 \text{ м}^3$  ( $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ ) и должна быть внесена 4-мя дозами по  $25 \text{ мм}$ .

В 2012 году проведен учет фактически расходуемого количества жидкой навозной жижи для дождевания и анализ содержания питательных веществ в воде для дождевания с целью определения связанных с этим норм внесения питательных веществ на отдельных участках сельхозугодий. Также были исследованы почвы для определения уровня содержания питательных веществ.

На основе учетных записей оператора, технических данных дождевальной установки и проработанных часов фактический расход воды был принят приблизительно равный  $180000 \text{ м}^3$  на примерно  $216 \text{ га}$  орошаемых сельскохозяйственных угодий.

Качественные параметры поливной воды на выходе из дождевальной установки следующие: азот аммонийный –  $590 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ; азот общий –  $850 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ; фосфор (в виде  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) –  $170 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ; калий (в виде  $\text{K}_2\text{O}$ ) –  $920 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ; магний (в виде  $\text{MgO}$ ) –  $20 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

Результаты анализов проб почвы отражены в таблице 2.

На орошаемых площадях имеет место достаточное обеспечение растений основными питательными веществами, такими как фосфор, калий и азот. В тоже время на неорошаемых площадях обеспечение питательными веществами было недостаточным. Следовательно, вклад орошения в обеспечение растений питательными веществами очевиден. Хотя имеет место переизбыток калия, но его высокое содержание в верхних горизонтах почвы не оказывает негативного влияния. Так как повышенное содержание в почве калия является естественным состоянием.

Таблица 2 – Физико-химические свойства почв ЗПО СГЦ «Западный»

Характер землепользования	с поливом				без полива	
	луг	травы/ прогалины	травы	кукуруза	луг	кукуруза
Сухое вещество, %	89,9	89,9	88,6	88,	90,7	92,3
Содержание глины, % сух.вещ.	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	6,0
pH	6,1	4,8	5,9	6,3	5,6	6,6
Фосфаты ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), мг/100 г	4,4	7,1	19,2	21,1	12,6	21,5
Калий ( $\text{K}_2\text{O}$ ), мг/100 г	45,0	28,0	81,0	30,0	15,0	21,0
Магний, мг/100 г	7,0	1,0	4,0	7,0	7,0	17,0
Ионы аммония, мг/100 г	2,3	0,6	1,2	1,9	0,2	0,1
Нитраты, мг/100 г	2,6	3,9	2,4	1,5	1,8	0,8

На основании содержания питательных веществ и фактической нормы полива дождевальной водой была определена степень обеспечения сельскохозяйственных угодий питательными веществами (таблица 3).



Таблица 3 – Степень обеспечения сельскохозяйственных угодий питательными веществами

Участок	Площадь, га	Культура	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Обеспечение, кг/га				Степень обеспечения, %		
				N	P	K	Mg	N	P	K
1	98,0	Многолетние травы	750	195	60	578	15	93	100	642
2	20,6	Многолетние травы	750	195	60	578	15	93	100	642
3	32,5	Зерновые (пшеница)	300	78	24	231	6	57	40	193
4	36,1	Многолетние травы	750	195	60	578	15	93	100	642
5	24,4	Кукуруза	900	234	72	693	18	97	90	385

Основываясь на данных исследованиях, можно сказать, что в 2012 году осуществлялось сбалансированное обеспечение растений удобрениями в виде поливной воды. Практически на всех участках отмечался пышный рост растений.

Выводы. Орошение сточными водами свиноводческого комплекса «Западный» сельскохозяйственных угодий дает существенный экономический эффект. При оросительной норме 2500 м<sup>3</sup>/га с поливной водой вносится 200 кг азота аммонийного, 50 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 кг/га K<sub>2</sub>O, чем достигается экономия удобрений в 560€/га.

Наиболее выгодно использовать для полива стоки непосредственно после сепарации т.к. в них содержание азота в четыре раза больше, чем в пруду-накопителе, при оросительной норме 1000 м<sup>3</sup>/га.

Полученные результаты требуют дальнейшего уточнения режимов орошения сточными водами в соответствии с агрометеорологическими, водоохранными, санитарно-гигиеническими и ветеринарными и др. требованиями.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации: учеб. для студентов специальности «Мелиорация и водное хозяйство» сельскохозяйственных высших учебных заведений / Г.И. Афанасик, М.Г. Голышко, А.П. Лихачевич, Г.И. Михайлов; под ред. А.П. Лихачевича. – Мн.: Техналогія, 2000. – 436 с.

УДК 55

**Р. ЧЕСЛИНСКИ, К. ЕРЕЧЕК-КОЖЕНЕВСКА, Э. ВОЗНЯК,  
Л. ПЕТРУШИНЬСКИ**

Гданьский университет, г. Гданьск, Республика Польша

#### **ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БОРУЧИНКИ (СЕВЕРНАЯ ПОЛЬША)**

##### **Введение**

Вода является раствором солей и газов, которые присутствуют в разной концентрации в различных гидрографических объектах. В то же время влияние окружающей среды и человека приводит к многочисленным изменениям их концентрации, а также их количества, выводимого в главный резервуар (Дойлидо, 1995). Это связано, в том числе, с положением данного объекта в климатической области, гидрометеорологическими условиями, а также антропогенизацией среды. Исследования переноса и аккумуляции территориальных загрязнений в бассейне реки концентрируются чаще всего на оценке геологических и морфологических факторов, а также эксплуатации территории, при этом часто забывают о локальных и региональных факторах, в том числе гидрологических и гидрографических.

Главной целью работы является определение изменений концентрации определенных показателей в пространственном и временном распределении в выбранном речном бассейне. Также существенным является определение количества, выводимого в главный резервуар. В качестве области исследований был выбран бассейн реки Боручинки. Она находится в северной Польше, на Кашубском Поозерье. Река впадает непосредственно в Верхнее Радунское озеро. Она является сельскохозяйственным бассейном площадью 32,2 км<sup>2</sup>. Длина Боручинки составляет 6,5 км. Большинство основных притоков по всей ее длине функционирует в качестве сезонных каналов. В восточной части бассейна расположены многочисленные мелиоративные каналы.

### **Организация измерительной сети и методы исследований**

Основная работа проводилась на местности. Метеорологические и гидрологические измерения, а также оценка качества вод, которые были использованы в настоящей работе, касаются гидрологического года 2010.

Метеорологические измерения осуществлялись при помощи автоматической метеорологической станции Vantage Pro2 фирмы Davis Instruments. Регистрация данных производилась с интервалом 1 час.

Гидрологические исследования проводились в 13 измерительных профилях, находящихся как на Боручинке, так и на ее притоках. Они включали в себя измерения потока при помощи электромагнитного измерителя скорости течения фирмы Valport и уровня воды при помощи автоматического регистратора фирмы Keller. Приборы работали с 1-часовым интервалом.

Исследования физико-химических показателей воды проводились одновременно с измерениями потока. Выполнялись измерения содержания кальция, магния, натрия, калия, углеводов, сульфатов, хлоридов, а также биогенных субстанций (фосфатов, нитратов, суммарного фосфора и суммарного азота). Измерения на местности проводились многопараметрическими измерительными приборами YSI Professional Plus, Nach Lange HQ 30d и 40d. Лабораторные обозначения выполнялись при помощи метода ионной хроматографии с использованием двух ионных хроматографов производства фирмы Dionex-ICS-1100 и автосамплера AS-DV.

### **Описание гидрографических условий**

Самый сильный поток в реке Боручинке за период исследований составлял 0,36 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup> (март) и был вызван быстрым таянием снежного покрова. Также видно резко увеличение потока в конце сентября, что было связано с интенсивными дождевыми осадками. Среднегодовой поток составлял 0,059 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>. Общий отток из бассейна Боручинки в 2010 году составил 58 мм. В генетической структуре 77% приходилось на грунтовый отток, из чего около 40% приходилось на основной отток и 60% на поверхностный отток. В питании Боручинки небольшой была доля вод, текущих по поверхности (23%), что связано с последлениковой формой территории и пропускной способностью поверхностных форм.

Средний удельный отток из бассейна Боручинки составил 1,8 дм<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>·км<sup>2</sup>, самый высокий был в марте (3,9 дм<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>·км<sup>2</sup>), а самый низкий - в июле (0,9 дм<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>·км<sup>2</sup>).

Годовой коэффициент оттока составил всего 8%. Это означает, что более 90% атмосферных осадков, достигающих поверхности бассейна, испаряется, впитывается и питает подземные воды или задерживается в водных резервуарах.

### **Качество вод**

На основании проведенных исследований (таб. 1) определено, что воды Боручинки принадлежали, согласно классификации Алекина (1970), к гидрокарбонатным

классу, кальциевой группе, где доминировал тип II, в котором присутствовала ионная структура:  $\text{rHCO}_3 < \text{Ca} + \text{Mg} < \text{rHCO}_3 + \text{rSO}_4$ .

Анализ изменений среднемесячной концентрации различных ионов показал, что они достигали минимальных значений в феврале или марте, а максимальные значения регистрировались обычно в августе или сентябре. Только натрий и калий достигали максимальной концентрации в зимний период.

Максимальная концентрация суммарного азота, нитратов и суммарного фосфора наблюдалась в профиле №6 (мелиоративный капал), а фосфатного фосфора – в профилях №5 (Боручинка ниже крупной фермы) и №8 (приток с полей).

Таблица 1 – Средние, минимальные и максимальные концентрации ионов в устьевом профиле в 2010 г.

	Значение	
	Среднее	Максимальное
$\text{HCO}_3^-$ [мг дм <sup>-3</sup> ]	186,5	195,0
$\text{SO}_4^{2-}$ [мг дм <sup>-3</sup> ]	32,2	46,0
Cl <sup>-</sup> [мг дм <sup>-3</sup> ]	6,7	8,2
$\text{Ca}^{2+}$ [мг дм <sup>-3</sup> ]	63,9	69,4
$\text{Mg}^{2+}$ [мг дм <sup>-3</sup> ]	6,0	7,0
$\text{Na}^+$ [мг дм <sup>-3</sup> ]	5,2	5,6
$\text{K}^+$ [мг дм <sup>-3</sup> ]	1,7	2,3

Характеристические значения концентраций биогенных субстанций по годам в устьевом профиле Боручинки представлены в таблице 2. Максимальная концентрация суммарного азота и нитратного азота наблюдалась в декабре, тогда как минимальная концентрация суммарного азота – в сентябре, а нитратов – в марте. В случае суммарного фосфора максимальные концентрации наблюдались в июле, а фосфатов – в июне.

Характеристические значения количества биогенных субстанций в устьевом профиле Боручинки (профиль №1) представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Выбранные характеристики концентраций биогенных субстанций [мг дм<sup>-3</sup>] и потока [дм<sup>3</sup> с<sup>-1</sup>] в устьевом профиле в 2010 году

Показатель	Значение			
	Среднее	Максимальное	Минимальное	Макс. / Мин.
Суммарный азот	1,47	3,30	0,69	4,78
Нитраты	0,73	1,20	0,34	3,53
Суммарный фосфор	0,14	0,24	0,08	3,18
Фосфаты	0,066	0,131	0,037	3,509
Поток	56,0	94,0	24,0	3,92

Таблица 3 – Выбранные характеристики текущих значений концентрации биогенных субстанций [мг с<sup>-1</sup>] в устьевом профиле в 2010 году

Показатель	Значение			
	Среднее	Максимальное	Минимальное	Макс. / Мин.
Суммарный азот	74,7	103,2	42,1	2,5
Нитраты	40,3	81,1	17,3	4,7
Суммарный фосфор	7,3	10,8	4,2	2,6
Фосфаты	3,4	5,0	1,8	2,7

Максимальное среднесуточное количество суммарного азота наблюдалось в зимние месяцы (особенно в феврале и марте), а минимальное – в летнее полугодие (особенно в сентябре). Максимальное количество нитратного азота определено для декабря, а минимальное – для сентября. В случае суммарного фосфора и фосфатов максимальные концентрации наблюдались в феврале, а минимальные – в сентябре.

Изменения количества соединений азота и фосфора в большой мере были обусловлены изменениями речного потока, среднесуточные величины которого достигали максимума в феврале и марте.

Боручинка характеризовалась низким количеством суммарного азота ( $<20 \text{ мг с}^{-1}$ ) и нитратов ( $<5 \text{ мг с}^{-1}$ ) в верхнем течении, выше озера Глинно. Количество суммарного азота ощутимо росло ниже озера, но самый высокий рост количества наблюдался ниже устья притока из Выгоды Лончинской. В самом нижнем течении (на отрезке, где на Боручинке находится маленький искусственный резервуар) происходила небольшая редукция количества суммарного азота. В случае нитратного азота такая редукция не наблюдалась, а само его количество росло постепенно по течению реки.

Количество соединений фосфора достигло высокого уровня уже в центральном течении, ниже озера Глинно, где наступал максимальный рост количества, как суммарного, так и фосфатного фосфора. В нижнем течении наблюдался систематический рост количества.

#### **Территориальное распределение удельного количества**

Самый крупный экспорт с единицы поверхности, как в случае соединений азота, так и фосфора, был характерным для бассейна нижней Боручинки. Значения удельного количества там были во много раз выше, чем количества на единицах других бассейнов. Самое малое количество всех исследуемых питательных веществ характеризовало бассейн притока Боручинки от Каменицы Шляхецкой.

Во влажный период (апрель 2010) удельное количество суммарного азота на единицу поверхности бассейна нижней Боручинки превышало  $750 \text{ кг км}^2 \text{ год}^{-1}$ . В сухое время (июль 2010) отток азота происходит практически исключительно с непосредственного бассейна Боручинки. По причине слабого речного оттока удельное количество из бассейна притока от озера Борущке, притока от Каменицы Шляхецкой, а также притоков с полей, составило всего от 0 до  $1 \text{ кг км}^2 \text{ год}^{-1}$ .

Очень большое количество суммарного фосфора наблюдалось в бассейне нижней Боручинки во влажное время года, тогда оно превысило  $80 \text{ кг км}^2 \text{ год}^{-1}$ . В сухое полугодие удельное количество из бассейнов притоков Боручинки не превышал даже  $0,1 \text{ кг км}^2 \text{ год}^{-1}$ .

Такой разброс количества принесенных загрязнений соответствовал территориальному распределению удельного оттока, который, в свою очередь, является результатом организации оттока в последнем бассейне. Самым низким водным обогащением и экспортом загрязнений характеризовались бассейны с самой высокой долей бессточных областей, а наиболее высоким – гидрографические единицы с самой высокой степенью организации и самой крупной долей экзореческих бассейнов. Благодаря бессточным областям часть биогенных соединений не попадает непосредственно в приемник системы, а временно задерживается в эвапотранспирационных или абсорбирующих углублениях, и лишь посредством может попасть в резервуар.

#### **Заключение**

Среднее удельное количество, рассчитанное во всех частях бассейна Боручинки, не было высоким и соответствовало самым низким среди характеристических значений для бассейнов рек поозерья и побережья южной Балтики (Богданович, 2004). Об-

наруженное в процессе измерений хорошее качество вод по сравнению с другими каналами (имеющими подобные размеры бассейна) может вытекать из того факта, что загрязнения аккумулируются в бессточных областях, которые занимают почти 50% площади бассейна. Однако периодически изменяющаяся элементарная гидрографическая структура бассейна Боручинки, а вместе с ней и доля в ее поверхности структурных единиц, отличающихся друг от друга функцией, выполняемой при миграции территориальных загрязнений, приводит к тому, что представленная выше территориальная ситуация изменяется в разные времена года или в зависимости от сухих и влажных лет. В сухой сезон накопленные в бессточной области загрязнения могут начать движение в момент ее подключения по сезонному стоку к поверхностной системе осушения. Также через несколько последовательных сухих лет в очень влажный год такое подключение может произойти посредством эпизодического канала. Поэтому наблюдаемые величины удельного количества характеризуются так высоким разбросом, а максимальные зарегистрированные величины в бассейне нижней Боручинки (особенно касающиеся суммарного фосфора) достигают уровня, характерного для бассейнов с высокой степенью воздействия загрязнений из локальных источников.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алекин, О.А. Основы гидрохимии. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1970.
2. Богданович, Р. Гидрологические условия транспорта выбранных соединений азота и фосфора по Одре и Висле, а также рекам Приморья в Балтику. – Гданьск: Изд. UG, 2004.
3. Дойлидо, Я. Химия поверхностных вод. – Белосток: Изд. «Экономия и Среда», 1995.

УДК 502.3:379.85

**Н.С. ШЕВЦОВА**

Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр»  
Департамента по гидрометеорологии Минприроды, г. Минск

### **ОЦЕНКА ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕКИ ПРИПЯТЬ И ЕЕ ЗОНИРОВАНИЕ ПО ПРОФИЛИРУЮЩИМ ВИДАМ ТУРИЗМА И ОТДЫХА**

As a result of full assessment of natural and recreational potential of the Pripyat River within its area a zoning of the water area with the allocation of three sections which differ in structure of profiling types of tourism and recreation was carried out. The results of research in practice will allow the state agencies and other entities of recreation to carry out an updating of a scheme of spatial and functional accommodation of recreational infrastructure of the Pripyat River according to perspective structure of rest types defined on it.

Водные ресурсы Беларуси являются наиболее перспективной частью природно-рекреационного потенциала (ПРП). На территории республики насчитывается более 20,8 тысяч рек, 10,8 тысяч озер, около 130 водохранилищ [1]. Из 18 зон отдыха республиканского значения более 50% приурочено к рекам, 26% – к озерам [2].

Приоритетность потребительских запросов населения в отдыхе у воды вызвала необходимость активизации работ по развитию видов водного туризма. Для иденти-

фикации структуры профилирующих видов туризма и отдыха на водных объектах необходима оценка их ПРП, проводимая с учетом индивидуальных потребностей конкретных видов туристско-рекреационного использования и реальных возможностей конкретного объекта. В качестве формы такого учета количества, качества, динамики формы и степени использования ПРП акваторий «Национальной программой по развитию туризма в Республике Беларусь на 2008–2010 гг.» определен «Государственный кадастр туристских ресурсов (ГКТР) страны, формирующийся с учетом административной системы управления туристско-ресурсным потенциалом» [3, 4].

В рамках «Национальной программы...» в 2009 году Институтом зоологии НАН Беларуси по поручению Министерства спорта и туризма была завершена оценка ПРП рек Брестской области. В число объектов исследования была включена и р. Припять в границах Пинского, Лунинецкого и Столинского районов Брестской области. Предмет ее оценки заключался в идентификации структуры профилирующих видов туристско-рекреационного использования; в выявлении лимитирующих факторов для тех видов туризма и отдыха, реализация которых на данном этапе не представляется возможной, а также разработка системы мероприятий, направленных на минимизацию их воздействия с целью восстановления полифункционального (многопрофильного) характера их использования. В качестве основного инструмента для проведения оценочных работ использовалась разработанная автором методика комплексной оценки ПРП, основанная на структуре видов туристско-рекреационного использования, системе показателей и критериев, определяющих условия эколого-технологической безопасности водного объекта и служащих для определения уровня его туристско-рекреационной пригодности (благоприятно и неблагоприятно) [6, 7].

Выполненная работа состояла из трех этапов.

В процессе первого этапа проводилась корректировка кадастровых форм ГКТР с учетом специфики объекта и района исследования. Для водотоков был разработан паспорт в соответствии с нормативно-методическими документами, регламентирующими рекреационную деятельность на водных объектах в Республике Беларусь. Одновременно была разработана методика оценки туристских ресурсов, как объектов ГКТР, проведен сбор, анализ и систематизация предметных баз данных Института зоологии НАН Беларуси, ведомственных материалов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды по природным ресурсам и других подведомственных ему структур.

В рамках второго этапа в соответствии с целями и задачами исследования были сформированы базы данных на электронных носителях, которые необходимы для проведения комплексной рекреационной оценки водного объекта для ГКТР.

В рамках третьего этапа проводилась комплексная туристско-рекреационная оценка пригодности всех видов природных ресурсов акватории на предмет возможности их использования для различных видов туризма и отдыха. Оценка пригодности водотока для конкретных видов отдыха и туризма включает гидрологические, гидрохимические, морфометрические, микробиологические, ландшафтные и другие показатели, в результате анализа которых река Припять была дифференцирована на 4 участка с выделением структуры профилирующих вариантов туристско-рекреационного использования на каждом из них. Результаты туристско-рекреационной оценки по водотоку заносились в соответствующие базы данных ГКТР.

В качестве приоритетных видов рекреационного использования, выявленных в ходе оценки ПРП р. Припять на 1. участке, расположенном от границы Республики Беларусь с Украиной до г. Пинска, являются любительская охота и катание на яхтах. Для организации других видов отдыха и туризма на этом участке существует ряд от-

раничений. В частности, для купания и подводного плавания выявлены три лимитирующих фактора: гидрологический (высокий уровень колебания вод), гидрохимический (загрязнение кадмием) и санитарно-гигиенический (высокий уровень лактозоположительных кишечных палочек (ЛПК)). Возможность катания на водных лыжах ограничена 4 показателями: тремя вышеустановленными для купания и морфометрическим, действие которого проявляется в отсутствии технически безопасной ширины акватории. Организация гребли на лодках невозможна по причине несоответствия установленным нормам по уровню колебания вод гидрологического режима. Обязательным условием для реализации любительского рыболовства является улучшение гидрохимического качества вод за счет снижения значения по БПК<sub>5</sub>.

В качестве профилирующих видов туристско-рекреационной деятельности на 2 участке р. Припять в границах от г. Пинска до д. Качановичи выделены три вида: любительская охота, гребля на лодках и катание на яхтах. В отношении других видов отдыха и туризма на данном участке реки выявлено ряд ограничений. Согласно рекреационной оценке, максимальное количество одновременно действующих лимитирующих факторов установлено для купания. В их числе: гидрофизический (низкая прозрачность и высокая цветность), гидрохимический (загрязнение вод кадмием) и морфометрический (недостаточность ширины зоны мелководий). Ограничивающими факторами для подводного плавания являются первые три, выявленные для купания. Возможность катания на водных лыжах ограничивают гидрохимический и гидрофизический факторы, лимитирующие организацию купания, плюс морфометрический (отсутствие необходимой ширины). Для любительского рыболовства необходимо улучшение гидрохимического качества вод (по БПК 5).

В результате рекреационной оценки акватории р. Припять на 3 участке реки от д. Качановичи до д. Березы, установлено наличие соответствия природных условий по двум видам туризма и отдыха: любительской охоты и катания на яхтах. Для других видов туристско-рекреационного использования выявлены факторы, ограничивающие их реализацию в полном объеме. Возможность организации купания лимитируется пятью причинами: гидрологической (высокая скорость течения, колебание уровня воды), гидрофизической (низкая прозрачность, высокая цветность), гидрохимической (загрязнение кадмием и БПК<sub>5</sub> выше нормативного) и морфометрической (недостаточность ширины зоны мелководья). Первые четыре фактора для купания являются одновременно лимитирующими и для подводного плавания. Использование данного участка для катания на водных лыжах ограничено действием четырех факторов, два из которых идентичны первым двум для купания, плюс еще два, выделенных индивидуально для этого вида туризма. В их числе: гидрологический (значительное колебание уровня вод) и морфометрический (отсутствие технически предусмотренной ширины водотока). Реализация гребли на лодках лимитируется исключительно гидрологическими параметрами (высокая скорость течения, значительный уровень колебания вод). Единственным препятствием для любительского рыболовства является несоответствие нормативному гидрохимического качества вод по БПК<sub>5</sub>.

В пределах 4 участка акватории р. Припять от границы с Пинским районом до границы с Гомельской областью без ограничений возможна реализация двух видов отдыха: катания на яхтах и любительской охоты. Организации других видов отдыха и туризма на этом участке р. Припять препятствует действие ряда лимитирующих факторов. Для купания и подводного плавания необходимо обеспечить: качество вод по гидрофизическим (высокая цветность), гидрохимическим (загрязнение кадмием, вы-

сокий уровень БПК<sub>5</sub>) и гидрологическим (значительный уровень колебания вод) показателям. Возможность реализации катания на водных лыжах ограничена тремя лимитирующими факторами: гидрологическим (низкая водообеспеченность), гидрохимическим (высокие показатели БПК<sub>5</sub>, бихроматной окисляемости, кадмия) и морфометрическим (недостаточность ширины). Использование водотока для гребли на лодках невозможно по причине гидрологического режима (высокий уровень колебания вод), а для организации любительского рыболовства в виду несоответствия гидрохимического качества по БПК<sub>5</sub>.

Анализ причин, не позволяющих в полной мере реализовывать полифункциональный режим туристско-рекреационной деятельности, привел к необходимости разработки системы мероприятий, направленных на минимизацию их воздействия для расширения в перспективе структуры реализуемых видов туризма и отдыха. Влияние неблагоприятного гидрохимического и санитарно-гигиенического качества вод может быть преодолено в результате усиления системы контроля в процессе мониторинга, выявления источников их загрязнения с последующим их выносом за пределы прибрежной полосы. Реализация указанного мероприятия позволит расширить спектр профилирующих видов отдыха за счет включения подводного плавания и купально-пляжного вида деятельности. В отношении гидрологических и морфометрических параметров существует необходимость рассмотрения возможности проведения дноуглубительных работ и мероприятий по расширению русла для обеспечения необходимых условий по организации катания на яхтах и водных лыжах.

Результаты комплексной оценки позволят государственным органам и иным субъектам индустрии отдыха провести корректировку схемы пространственного функционального размещения рекреационной инфраструктуры на р. Припять в соответствии с перспективной структурой видов отдыха. Упорядочение структуры туристско-рекреационной деятельности на р. Припять позволит как расширить ассортимент турпродукта, предоставляемого населению, так и получить дополнительный доход в сфере туризма и отдыха.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блакітная кніга Беларусі. Энцыклапедыя (Водныя аб'екты Беларусі). – Мінск: Беларуская энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 1996. – 416 с.
2. Пирожник, И.И. Географические аспекты формирования рекреационных систем озерного речного типа / И.И. Пирожник, В.М. Зайцев, В.П. Романов // Вестник БГУ. Сер 2. – 1983. №1. – С. 57–61.
3. Национальная программа по развитию туризма в Республике Беларусь на 2006-2010 гг. постановление Совета Министров Республики Беларусь №927 от 24.08.2005г. / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь 2005 г. №137.5/16437.
4. О государственном кадастре туристских ресурсов: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18.06.2004г. №730 / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь 23 июня 2004 г. N 5/14411.
6. Шевцова, Н.С. Функционально-временное зонирование акватории озер по количественным и качественным критериям рекреационной пригодности // Природные ресурсы. – 1998. №2. – С. 34–46.
7. Шевцова, Н.С. Комплексная туристско-рекреационная оценка природного потенциала водотоков и особо охраняемых природных территорий Брестской области / Н.С. Шевцова, Н.А. Юргенсон, Г.И. Марцинкевич [и др.] // Природные ресурсы – 2008. – № 2. – С. 78–90.



УДК 556.5 : 556.113.2 + 574.5

**М.В. ШИХМАРЕВ**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

## **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДОЕМА НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Artificial rise of temperature of water is capable to render versatile negative influence on physical and chemical and hydrobiological modes of reservoirs. Rising of temperature of water can lead to infringement of structure of flora of reservoirs at which normal progress of organism and its capacity to reproductive properties is not kept.

Искусственное повышение температуры воды способно оказывать разностороннее негативное влияние на физико-химический и гидробиологический режимы водоемов. Увеличение температуры водных объектов всего на 4–5°C может существенным образом отразиться на условиях обитания рыб и других гидробионтов. При этом, в частности, снижается содержание кислорода в воде, увеличивается выделение углекислого газа и сероводорода, повышается содержание в воде солей железа, азота, аммония и др. Повышение температуры вод стимулирует развитие бактерий, потребляющих кислород, а также облегчает миграцию  $PO_4$  из донных отложений. Повышенное содержание минеральных солей, обусловленное тепловым загрязнением водоемов, способно вызвать массовое развитие высшей водной растительности, водорослей, а также цветение воды, связанное с чрезмерным увеличением численности представителей сине-зеленых водорослей (Cyanophyta).

Повышение температуры воды может привести к нарушению структуры растительного мира водоемов. Характерные для холодной воды водоросли замещаются более теплолюбивыми и, наконец, при высоких температурах происходит полное их вытеснение.

Если тепловое загрязнение усугубляется поступлением в водоем органических и минеральных веществ (смыв удобрений с полей, навоза с ферм, бытовых стоков), происходит процесс эвтрофикации, то есть резкого повышения продуктивности водоема. Азот и фосфор, служа питанием для водорослей, в том числе микроскопических, позволяет последним резко усилить свой рост. Чрезмерно размножившись и увеличив тем самым площадь затенения, водоросли начинают испытывать недостаток поступления света, в результате чего идет процесс их массового отмирания и гниения, сопровождающийся ускоренным потреблением кислорода, вплоть до полного его исчерпания.

Повышение температуры воды в водоемах оказывает существенное влияние на фитопланктон, а также – зоопланктон, на его видовой состав и численность. В то же время имеются данные, согласно которым, подогретые воды способны оказывать и благоприятное воздействие на некоторых представителей зоопланктона, стимулируя процесс воспроизводства, за счет повышения индивидуальной плодовитости самок и увеличения числа генераций. Однако повышенная температура влияет не только на воспроизводство зоопланктона, но и на длительность его жизни. Влияя на продолжительность отдельных стадий развития беспозвоночных животных, повышенные температуры способны сокращать продолжительность всего жизненного цикла.

Под влиянием теплового загрязнения существенные изменения претерпевает и зообентос: снижаются численность и биомасса донной фауны при сходном видовом составе зообентоса на одних и тех же грунтах в зоне влияния теплых вод и за ее пределами.

Так, для представителей класса Двустворчатые моллюски (*Bivalvia*), легко адаптирующихся к изменению условий обитания, высокая температура может воспрепятствовать фиксации на субстрате или же объединению в колонии посредством скрепления биссусом, вследствие чего они могут стать легкой добычей для хищников. Размножение брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*) в условиях повышения температуры вод начинается на несколько недель раньше. Однонаправленные изменения отмечены у ряда представителей членистоногих (*Arthropoda*). Так, у представителей класса Ракообразные (*Crustacea*) наблюдается смещение нереста на более ранние сроки.

Значение температурного фактора в жизнедеятельности ихтиофауны (*Pisces*) определяется тем фактом, что рыбы относятся к пойкилотермным животным, характеризующимся непостоянной температурой тела, следующей за изменениями температуры окружающей среды. Диапазон температурных условий существования рыб чрезвычайно велик (от  $-2$  до  $+52^{\circ}\text{C}$ ), но значительно уже вариаций температуры природных вод, которая может составлять от минус  $7^{\circ}\text{C}$  (сильноминерализованные воды озер) до  $96^{\circ}\text{C}$  (воды горячих ключей) или же – диапазона термических изменений, способных быть вызванными антропогенным воздействием.

В естественных условиях рыбы, перемещаясь из одной температурной зоны в другую, выбирают зону так называемых оптимальных температур. Характерная особенность ихтиофауны выживать при весьма широких амплитудах температур стала возможной благодаря своевременному обнаружению термических изменений самими рыбами и избеганию неблагоприятного воздействия крайних значений температур. Способность рыб жить в определенном температурном интервале представляет собой эволюционно сформировавшуюся адаптацию к температурному режиму среды обитания той или иной группы рыб. Тропические и субтропические, а также некоторые другие морские рыбы более stenotherмы, чем пресноводные и морские рыбы средних широт. Однако в естественных условиях обе эти группы рыб постоянно сталкиваются с изменениями термических условий существования. Если эти изменения имеют замедленный характер, то stenotherмные представители ихтиофауны успевают избежать воздействия крайних температур, а эвритермные изменить интенсивность обмена веществ и привести его в соответствие с новыми температурными условиями. Хорошо известны, например, сезонные колебания температуры в континентальных водоемах, вследствие чего при осеннем охлаждении воды рыбы уходят с мелководий в более глубокие открытые зоны водоемов, а весной возвращаются обратно. Однако наряду с адаптацией к определенным термическим условиям конкретного водоема особое значение представляет их способность противостоять резким кратковременным или продолжительным изменениям температуры. Способность рыб переносить колебания температуры и приспособленность к этим колебаниям играет ведущую роль не только в определении уровня метаболизма и распределения рыб в водоеме, но и определяет их устойчивость к температурному фактору в случае его резких колебаний (терморезистентность).

В естественных условиях при медленных повышениях или понижениях температур представители ихтиофауны и прочие водные организмы постепенно приспосабливаются к изменениям температуры окружающей среды. Но если в результате сброс-

а в реки и озера горячих стоков с промышленных предприятий быстро устанавливается новый температурный режим, то времени для акклиматизации не хватает, живые организмы получают тепловой шок и погибают.

Тепловой шок — это крайний результат теплового загрязнения. Искусственный подогрев вод может существенно изменить поведение рыб — вызвать несвоевременный нерест, нарушить миграцию. После перенесенного термического шока, рыба становится более доступной для хищников.

Результатом сброса в водоемы нагретых стоков могут быть и иные, более серьезные последствия. Одним из них является влияние на процессы обмена веществ. Согласно закону Ван Хоффа, скорость химической реакции удваивается с увеличением температуры на каждые 10 °С. Поскольку температура тела холоднокровных организмов регулируется температурой окружающей водной среды, прогрев вод усиливает скорость обмена веществ у рыб и водных беспозвоночных. В свою очередь это повышает их потребность в кислороде. В результате же возрастания температуры воды содержание в ней кислорода падает. Нехватка кислорода способна вызвать жестокий физиологический стресс и даже гибель.

Представители ихтиофауны, акклиматизированные к высоким температурам, способны вынести кратковременные термические скачки без видимых повреждений. Однако после акклимации к пониженным температурам устойчивость к высоким температурам значительно снижается. По-видимому, имеется своего рода оптимальный термический уровень для тепловой акклимации рыб и дальнейшее повышение этой температуры не приводит к увеличению терморезистентности акклимируемых рыб.

Некоторые авторы отмечают сезонную и географическую изменчивость терморезистентности рыб. Летом рыбы характеризуются более высокой устойчивостью к резкому изменению температуры вод, чем зимой. Следовательно, сбросы подогретых вод в реки и водоемы могут не принести вреда летом, но зимой будут вызывать катастрофу.

Вопрос об устойчивости рыб к низким температурам значительно менее изучен. Многие рыбы способны переносить весьма низкие температуры, близкие к точке замерзания. Так, карась обыкновенный (*Carassius carassius*) способен пережить даже замерзание в лед (при условии, что не произошло замерзание полостных жидкостей). Однако резкое понижение температуры воды может привести к массовой гибели рыб и выступить в роли основного фактора, лимитирующего распространение и нормальный ход основных физиологических процессов.

Таким образом, имеющиеся данные показывают, что акклиматизация рыб к повышенным температурам происходит весьма быстро. Она проявляется уже в первые 12 ч и у большинства рыб наступает в течение нескольких дней. В противоположность этому акклиматизация рыб к пониженным температурам развивается гораздо медленнее — до 20 дней.

Уровень терморезистентности рыб, пределы их выживаемости при экстремально высоких и низких температурах определяются в конечном счете как генетическими, так и экологическими факторами. Так, например, сравнительное изучение терморезистентности некоторых родов лососевых показало, что у сига она выше, чем у других родов этого семейства. Верхняя летальная температура для молодых сига оказалась на 6°С выше, чем у взрослых рыб этого же вида. Анализ данных показывает, что чувствительность и устойчивость рыб к температурному фактору неодинакова на различных этапах онтогенеза, причем наиболее уязвимы, как правило, оказываются именно рыбы на ранних этапах развития (эмбриональный, личиночный и мальковый), а также во время нереста.

Терморезистентность представителей ихтиофауны определяется не только температурной акклиматизацией, но и экологией рыб, возрастными и размерными особенностями, их пищевым рационом, а также – факторами внешней среды, такими, как содержание кислорода, соленость, длительность светового периода.

Для всесторонней оценки температурного фактора в определении различных степеней экологии рыб важно знать не только интервал между оптимальными и летальными температурами, представляющий первостепенный интерес при оценке уровня термальной устойчивости того или иного вида, но и так называемые максимальные температуры, при которых сохраняется нормальное развитие организма и его способность к размножению.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смит, Роберт Лео. Наш дом планета Земля: полемические очерки об экологии человека / Р. Л. Смит. – Москва, 1982. – 383 с.: ил.
2. Энергетическое производство с замкнутым водооборотным циклом. – Москва, МИХМ, 1991. – 80 с.
3. Ибрагимов, М. Х.-Г. Экологические последствия техногенного воздействия на окружающую среду / М. Х.-Г. Ибрагимов // Известия Академии Промышленной Экологии. – 2005. № 3. – С. 3–10.
4. Охрана окружающей среды и промышленная экология: рекомендательный библиографический указатель / Республиканское методическое объединение преподавателей ССУЗ по проблемам охраны окружающей среды, Библиотека БГТУ, сост. Жарикова Н.П. [и др.]. 1995. – 90 с.

УДК 691.618.93

#### **Ю.А. ШЕПОЧКИНА, М.О. БАКАНОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново, Российская Федерация

#### **УТИЛИЗАЦИЯ СТЕКЛОБОЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА**

A technology of obtaining a composite material with simultaneous foaming of the charge and finishing with the sintering thereof vitreous layer. The possibility of optimizing the composition of the charge for producing foamed glass with protective and decorative coating with the addition of NaCl and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Проблема переработки стеклобоя в настоящее время стала одной из наиболее актуальных, и для этого есть причины:

- во-первых, на производство стеклянной продукции требуются огромные энергозатраты;
- во-вторых, стеклобой является одним из наиболее сложноутилизуемых отходов и при попадании в почву наносит значительный экологический ущерб.

Одним из приоритетных направлений применения стеклобоя является производство пеностекла – высокопористого неорганического теплоизоляционного материала, получаемого спеканием тонкоизмельченного стекла и газообразователя. Сырьем для его производства может служить стекломасса, специально сваренная из кварцевого

песка, известняка, соды и сульфата натрия. При этом использование стеклобоя, вследствие его низкой стоимости, удешевляет производство пеностекла.

Поскольку пеностекло практически на 100% состоит из стекла, оно имеет широкий температурный диапазон применения, является негорючим, стойким к агрессивным средам и не дает усадки. Поэтому и область его применения достаточно широка: от гражданского строительства до использования при строительстве АЭС.

В настоящее время актуален вопрос производства пеностекла с последующим нанесением на него защитно-декоративных стекловидных покрытий [1-2]. При этом появляется возможность значительно снизить затраты на монтаж фасадных систем, повысить физико-механические показатели пеностекла и его эстетические свойства.

Нами поставлена задача получения композиционного материала на основе пеностекла при одновременном вспенивании пеностеклольной шихты и спекании с отделочным стекловидным слоем, что позволяет упростить технологию производства данного материала с защитно-декоративным покрытием за счет исключения отдельной стадии — оплавления стекловидного слоя.

Применение наиболее доступных и относительно дешевых материалов в качестве сырьевых (бой тарного и листового стекла), а также сокращение количества технологических циклов при производстве пеностекла, может в значительной степени сократить энергозатраты и как следствие стоимость единицы продукции.

Для получения пеностекла с защитно-декоративным покрытием по лицевой поверхности использовали бой тарного и листового стекла. Установлено, что оптимальным температурным интервалом для вспенивания шихты и спекание со стекловидным слоем является 935-955<sup>0</sup>С. При данной температуре вязкость стекла оптимальна для того, чтобы давление газовой фазы обеспечило стабильную пористость материала.

Нами предложено добавлять в шихту плавни NaCl и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> для оптимизации структуры материала при определенной температурной обработке (935-955<sup>0</sup>С) и времени выдержки (40 мин.) [3]. Добавление в шихту для изготовления пеностекла хлорида натрия (NaCl) может способствовать большей поризации материала, посредством увеличения давления газовой фазы, а также увеличению прочности, а при добавлении соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) понижается вязкость расплава, что в свою очередь положительно влияет на порообразование в стекломассе, и, как следствие, на теплоизоляционные свойства пористого материала.

Использовали следующий состав шихты, содержащий, мас. %: стеклобой (94,0; 93,0; 91,0; 89,0); газообразователь — мел, мрамор (4,0); NaCl и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (2,0; 3,0; 5,0, 7,0); стекловидный слой — измельченный бой тарного стекла. Формы с шихтой и нанесенным на нее стекловидным слоем помещали в разогретую до 300<sup>0</sup>С электрическую муфельную печь для последующего вспенивания. В камере печи формы устанавливали в зоне постоянных температур. Вспенивание проводили при температуре 950<sup>0</sup>С в течение 40 мин. Отжиг образцов пеностекла происходил при самопроизвольном охлаждении муфельной печи в течение 2 часов. После извлечения образцов из форм им придавали заданные размеры путем обрезки граней.

Так как и покрытие и материал подложки (пеностекло) являются близкими по составу, то при термической обработке материала обеспечивается их прочное сцепление.

Добавление в шихту соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) при температуре спекания 950<sup>0</sup>С позволяет оптимизировать поверхностное натяжение и вязкость, что, в свою очередь, позволяет образующейся газовой фазе вспенить пеностекло и пройти излишкам газа через расплавленный декоративный слой.

При содержании соды 2% и 3% по массе структура композиционного материала достаточно неоднородная, что дает основание полагать, что данное количество соды в шихте не достаточно. Указанные выше количества соды слишком малы и на процесс формирования пор влияют незначительно.

При содержании соды в шихте 7% присутствуют частично замкнутые поры, но вязкость расплава достаточно низкая для того, чтобы газовая фаза образовала поры. Часть газов выходила наружу, в камеру печи, частичная неоднородная поризация порошка вызывает это. Низкая вязкость расплава не позволяла газам задержаться в расплаве и образовать поры.

Из представленных результатов исследований следует, что для создания оптимального соотношения вязкости и поверхностного натяжения расплава пеностекла и стекловидного слоя, обеспечения хорошей пористой структуры и равномерного распределения пор по образцу при температуре спекания  $950^{\circ}\text{C}$ , необходимое содержание соды в шихте должно быть 5% по массе.









При содержании в шихте хлорида натрия в количестве 2% по массе структура материала неоднородна. Данное содержание хлорида натрия не достаточно, чтобы повысить давление газовой фазы при низкой вязкости расплава. Содержание хлорида натрия в пределах 5–7% по массе позволяет повысить давление газовой фазы в расплаве, при этом пары хлорида натрия улетучиваются вместе с прореагировавшим газообразователем в окружающую среду камеры печи, достаточно низкая вязкость стекловидного слоя тоже этому способствовала.

Наиболее высокий показатель пористости (55%) при низкой плотности соответственно ( $1175 \text{ кг/м}^3$ ) наблюдается у материала с добавлением в шихту 3% хлорида натрия (табл. 1). Такой высокий показатель поризации обусловлен равномерным распределением пор в образце. Данное количество хлорида натрия способствовало созданию оптимального давления газовой фазы в расплаве. При температуре  $950^{\circ}\text{C}$  давление газовой фазы достаточно для образования замкнутых пор при низкой вязкости расплава.

Таким образом, показана целесообразность добавления в пеностекольную шихту  $\text{NaCl}$  при температуре вспенивания стекломассы  $950^{\circ}\text{C}$  и временном интервале выдержки 40 минут, что позволяет увеличить давление газовой фазы, за счет паров  $\text{NaCl}$  и пористость пеностекла, а также добиться равномерного распределения пор в материале. Вместе с тем, показана целесообразность добавления в пеностекольную шихту  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  по нескольким причинам: во-первых, при температуре вспенивания стекломассы  $950^{\circ}\text{C}$  и временном интервале выдержки 40 минут достигается необходимая вязкость расплава, при которой газовая фаза образует частично замкнутые поры, равномерно распределенные по материалу; во-вторых, позволяет оптимизировать поверхностное натяжение, что в свою очередь дает образующейся газовой фазе вспенить пеностекло и пройти излишкам газа через расплавленный декоративный слой.

Переработка стеклобоя и затем производство пеностекла с защитно-декоративным покрытием по предложенной технологии в значительной степени снижает энергозатраты за счет исключения отдельной стадии оплавления стекловидного слоя при получении современного строительного материала.

Таблица 1 – Физико-механические показатели полученных образцов пеностекла с защитно-декоративным слоем при добавлении в шихту  $Na_2CO_3$  и  $NaCl$ , % по массе

№ п/п	Фотография фрагмента образца	Состав покрытия	Состав шихты	Газообразователь, %	$Na_2CO_3$ , %	$NaCl$ , %	Температура вспенивания, °С	Время выдержки мин	Водопоглощение, %	Общая пористость, %
1.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	2	-	950	40	7,2	28
2.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	3	-	950	40	2,7	38
3.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	5	-	950	40	5,7	37
4.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	7	-	950	40	3,9	29
5.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	-	2	950°С	40 мин	11,1	27
6.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	-	3	950°С	40 мин	16	55
7.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	-	5	950°С	40 мин	4,1	28
8.		ТС*	ЛС**	$CaCO_3$ 4	-	7	950°С	40 мин	6,1	10

ТС\* – бой тарного стекла, ЛС\*\* – бой листового стекла

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные разработки ГП «НИИСМ» / ГП «НИИСМ». – Минск: НПО «Стрико», 1999. – 60 с.
2. Щепочкина, Ю.А. Технология получения композиционного теплоизоляционного материала с защитно-декоративным покрытием [Текст] / Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов // Строительство и реконструкция. – 2012. – №3(41) – С. 73–77.
3. Федосов, С.В. Композиционный материал на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием [Текст] / С.В. Федосов, Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов // Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2012. – №6 (44). – С. 109–113.

УДК 628.316

**Н.П. ЯЛОВАЯ, П.П. СТРОКАЧ, И.П. БОРСУК**

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

## **ВЛИЯНИЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Negative effects of oily contaminants for natural water are discussed in the article. The properties and the form of oily contaminants determine their admission to the aquatic environment and migration patterns of petroleum products.

Промышленность, сельское хозяйство, транспорт и другие сферы экономики характеризуются крайне низким экологическим потенциалом производства, не обеспечивающим должный уровень очистки всех видов загрязнений. Из всех видов последствий воздействия антропогенных факторов загрязнение водных объектов является наиболее опасным. Одним из путей решения обозначенной проблемы является снижение воздействия вредных факторов на водную среду. Известно, что наиболее распространёнными загрязнителями поверхностных вод являются нефтепродукты. Ранее в Советском Союзе значительное внимание уделялось очистке стоков крупных коммунальных и промышленных предприятий. В меньшей степени уделялось внимание очистке стоков малых объектов, например, нефтебаз и автозаправочных станций, автотранспортных и авторемонтных предприятий, гаражей и стоянок машин, локомотивных депо и дворов сельскохозяйственной техники, котельных и т.д. Это было вызвано тем, что недооценивалось влияние на экологическую ситуацию сбросов от малых объектов. При этом не учитывалась многочисленность таких объектов, суммарное воздействие которых на экологическую ситуацию огромно и в XXI веке продолжает возрастать в силу бурного развития автомобильного транспорта с обслуживающей инфраструктурой.

В настоящее время предприятия различных отраслей народного хозяйства Республики Беларусь, которые могут сбрасывать нефтесодержащие сточные воды без должной очистки, исчисляются тысячами.

Интенсивно загрязняет природные водные объекты и поверхностный сток, формирующийся на городской территории. Поступление нефтепродуктов на поверхность автодорог связано с протечками топлива, моторного, трансмиссионного масла, смазочных материалов из различных систем автомобиля. В результате в водные источники ежегодно попадают тонны нефтепродуктов, загрязняя окружающую среду.

Попадая в водную среду, нефть разливается на поверхности воды тонким мономолекулярным слоем и образует нефтяное пятно, захватывающее в зависимости от масштабов выброса пространство в десятки, сотни и тысячи квадратных километров.

Нефть на поверхности воды формирует пленки различной мощности, уничтожающие капиллярные волны и подавляющие мелкие гравитационные волны. Затем наступает процесс испарения летучих компонентов, который наиболее интенсивно идет вначале. За 12 часов улетучивается до 25% легких фракций нефти. Затем процесс испарения замедляется. Подобное особенно характерно для сырой нефти, в которой



летучие компоненты составляют от 20 до 50%. Сырая нефть может отдать в атмосферу до 50% своих компонентов, дизельное топливо – до 75%, тяжелые нефтепродукты – до 10% и нефтеостатки – менее 10%. Ускоряют этот процесс сильные ветры, волнение и повышение температуры. При температуре выше 15°C все углеводороды до  $d_{50}$  испаряются за 10 суток. Испарение нефти приводит не только к потере низкокипящих компонентов. Уже в первые часы поступления нефти в воду идет утилизация алканов от 50 до 90%. Через несколько дней количество оставшейся нефти соответствует количеству содержащихся в ней компонентов, имеющих температуру кипения выше 370°C. Так, легкая сырая нефть за несколько дней может испариться на 66%, более тяжелая – на 20–40%. Весьма интенсивно за счет испарения идет удаление бензиновых и керосиновых фракций, дизельного топлива и других более низкотемпературных соединений нефти. Кроме испарения идет процесс растворения разлитой нефти (до 5%). Растворимость углеводородов уменьшается с увеличением числа атомов углерода в молекуле. Ароматические углеводороды растворяются быстрее, чем парафины с открытыми цепями [1]. Эмульгированию нефти (дроблению на устойчивые мельчайшие капли) в водной среде способствуют гидролитические процессы. Кроме этого, основная масса нефтяных загрязняющих веществ содержит большое количество нефтяных поверхностно-активных веществ (ПАВ) и природных эмульгаторов (смол, асфальтенов, карбенов, высокодисперсных механических примесей), что способствует самоэмульгированию загрязняющих веществ в объеме воды. Смешиваясь с водой, нефть образует эмульсии двух типов: прямые – «нефть в воде» и обратные – «вода в нефти». Прямые эмульсии, составленные капельками нефти до 0,5 мкм, менее устойчивы и особенно характерны для нефти, содержащей ПАВ. После удаления летучих и растворимых фракций, нефть часто образует вязкие обратные эмульсии, которые стабилизируются высокомолекулярными соединениями типа смол и асфальтенов, и содержит 50-70% воды – «шоколадный мусс» [2].

Под влиянием абиотических факторов вязкость «мусса» повышается и начинается процесс слияния в агрегаты, или смоляные образования – нефтяные комочки размерами от 1 мм до 10 см (чаще 1–20 мм). Агрегаты представляют собой смесь высокомолекулярных углеводородов (парафинонафтеновых и ароматических), смол и асфальтенов. Потери нефти при формировании агрегатов составляют 5-10%. Высоковязкие образования – «шоколадный мусс» и нефтяные комочки – могут длительное время сохраняться на водной поверхности, переноситься течениями, выбрасываться на берег, загрязняя побережья, пляжи, портовые сооружения, и оседать на дно. Источники и механизмы накопления нефтяных загрязняющих веществ в донных осадках различные. Прежде всего, это процесс седиментации смоляных образований. Глубина проникновения нефтяных углеводородов в донные отложения разнообразна и зависит от структурно-грунтового состава нефтяных загрязняющих веществ и осадков, солёности воды, гидрометеорологических процессов, геоморфологических и других факторов.

Все вышеупомянутые изменения, происходящие с нефтью при попадании в водную среду, видоизменяют и перераспределяют первоначальные нефтепродукты, а химическое и микробное окисление приводит к их разложению. Соединения, образующиеся в процессе химического окисления под действием солнечного света, обладают большей растворимостью по сравнению с исходными. Однако некоторые нефтепродукты при определенных условиях в процессе химического окисления образуют непрозрачные полимеры, что может тормозить дальнейшее разложение. Кроме того, скорость химического разложения нефти значительно меньше биологического разло-

жения [3]. Биохимическое разложение основной массы разлитой нефти протекает медленно, так как в природе не существует какого-либо определенного вида микроорганизмов, способного разложить все компоненты нефти. Бактериальное воздействие на них отмечается высокой селективностью. Полное разложение нефти требует воздействия многочисленных бактерий разных видов, причем для разрушения образующихся промежуточных продуктов требуются свои микроорганизмы. Легче всего протекает микробиологическое разложение парафинов. Более стойкие – циклопарафины и углеводороды, – которые сохраняются в водной среде гораздо дольше [1]. Скорость биодеградации зависит как от состава нефти, так и от условий окружающей среды – температуры, наличия доступных соединений азота и фосфора, а также доступа кислорода, солености воды, питательного режима водной среды, то есть от тех факторов, которые определяют ее микробиологическую активность.

Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организм человека, животный мир, водную растительность, физическое, химическое и биологическое состояние водоема.

Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные алифатические, нафтеновые и особенно ароматические углеводороды оказывают токсическое и в некоторой степени наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы [4]. Наибольшую опасность представляют полициклические конденсированные углеводороды типа 3,4-бензапирена, обладающие канцерогенными свойствами. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов, вызывая заболевания и гибель [5].

Предельно-допустимая концентрация нефтепродуктов в водоемах общесанитарного пользования равна  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , в рыбохозяйственных водоемах –  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ . Присутствие канцерогенных углеводородов в воде недопустимо [6].

Отрицательное влияние нефтепродуктов, особенно пленочных, в концентрации  $0,001\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$  сказывается и на развитии высшей водной растительности и микроводорослей [7].

В присутствии нефтепродуктов ухудшается газообмен с атмосферой, содержание растворенного в воде кислорода, в результате чего жизнедеятельность обитателей водоема угнетается, вплоть до их гибели. Так, при концентрации нефтепродуктов в водоеме  $0,05\text{--}0,1 \text{ мг/дм}^3$  погибают икра и молодь рыб, при концентрации  $0,1\text{--}1 \text{ мг/дм}^3$  – планктон (простейшие организмы, обитающие в водоеме и являющиеся пищей для рыб), а концентрация  $10\text{--}15 \text{ мг/дм}^3$  – смертельна для взрослых особей рыб. Кроме прямого токсического воздействия, нефтепродукты, попавшие в водоем, при концентрации  $0,05\text{--}0,5 \text{ мг/дм}^3$  придают воде и рыбе неприятный «керосиновый» запах. Всего лишь 1 грамм любого нефтепродукта делает непригодным для употребления  $2000 \text{ л (дм}^3\text{)}$  воды. Наличие запаха обусловлено самими нефтепродуктами и продуктами их химического и биохимического окисления, среди которых встречаются соединения более токсичные, чем исходные вещества [1, 8].

В значительной степени уровень загрязнения окружающей природной среды отходами и потерями в нефтепродуктах может быть снижен разработкой более совершенных технологических схем и конструкций очистных сооружений для поверхностного стока, а также поддержанием оборудования складов горюче-смазочных материалов (ГСМ) в исправном состоянии, повышением технической культуры обслуживающего персонала и систематическим контролем за выполнением мероприятий по охране окружающей среды со стороны должностных лиц, занимающихся вопросами обеспечения ГСМ, эксплуатацией автотранспортной и другой специальной техники.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Миронов, О.Г. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества / О.Г. Миронов // Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана: под редакцией д-ра биол. наук, проф. О.Г. Миронова. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – Т. 4 – 136 с.
2. Ярмук, Л.П. Комплексная система контроля и управления ликвидацией разливов нефти в море / Л.П. Ярмук, В.В. Гуптин / Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 3. – С. 31–34.
3. Красовицкая, М.Л. Вопросы гигиены атмосферного воздуха в районе нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий / М.Л. Красовицкая. – М.: Изд-во «Медицина», 1992. – 170 с.
4. Zafrión, O.C. Improved method for characterizing environmental hydrocarbons by gas chromatography / O.C. Zafrión. – «Anal. Chem.», 1973. – Vol. 45. – № 6. – P. 952–956.
5. Нельсон-Смит, А. Загрязнение моря нефтью / А. Нельсон-Смит. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 124 с.
6. Миронов, О.Г. Биологические аспекты загрязнения морей нефтью и нефтепродуктами / О.Г. Миронов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1972. – № 2. – С. 52–59.
7. Поликарпов, Г.Г. Нефтяные поля как экологическая ниша / Г.Г. Поликарпов. – Природа, 1971 – № 11 – С. 75–78.
8. Синельников, В.Е. Содержание битумоидов в зарегулированных водоемах как показатель загрязнения их нефтепродуктами / В.Е. Синельников. – Гидрохим. материалы, 1999. – Т. 50. – С. 161–167.

УДК 628.316

**Н.П. ЯЛОВАЯ, П.П. СТРОКАЧ, И.П. БОРСУК**

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

### ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ВОДЫ В ВОДОПРИЕМНИКАХ

The qualitative composition of receiving water in filtrating room was determined by the authors. Analysis of water quality upstream and downstream in Mukhavets river showed that the human impact on the pond is insignificant.

Природная вода представляет собой сложную гетерогенную систему, содержащую разнообразные мелко- и крупнодиспергированные, коллоидно-растворенные, газообразные и истинно-растворенные вещества [1], и является электролитом, так как растворенные в ней газы, минеральные и органические вещества в той или иной степени диссоциированы на ионы, а коллоидные и взвешенные вещества в большинстве случаев несут определенный заряд.

Качество природных водных источников определяется по наличию в ней веществ неорганического и органического происхождения, а также микроорганизмов и характеризуется различными физическими, химическими, бактериологическими показателями.

Для изучения качественного состава воды рр. Мухавец, Западный Буг, Лесная производился отбор проб работниками кафедры инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный технический университет» и лаборатории экологического мониторинга «Брестоблгидромет».

Отбор, консервирование и хранение проб природных вод осуществлялись в соответствии с требованиями СТБ ГОСТ 51592-2001 «Вода. Общие требования к отбору проб». Среди показателей качества воды определялись взвешенные вещества, БПК<sub>5</sub>, нефтепродукты, pH, сульфаты, хлориды, АПАВ, сухой остаток [2].

Водородный показатель (pH) определяли потенциометрическим методом при помощи иономеров И-130.2М.1. Определение содержания взвешенных веществ проводили фотометрическим методом на фотометре фотоэлектрическом КФК-3 и методом измерения светорассеяния суспензии в фотоэлектронном мутномере. Биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>) – по убыли растворенного в воде кислорода в аэробных условиях за 5 суток. Анионы СГ определяли с помощью ионоселективных стеклянных и мембранных электродов на иономере «Экотест 2000». Для определения сульфатов применялся турбодиметрический метод, основанный на осаждении сульфат-иона в виде BaSO<sub>4</sub> в солянокислой среде с помощью гликолевого реагента. Измерение оптической плотности раствора проводили светофильтром ( $\lambda = 364$  нм) на КФК-3. Для определения сухого остатка применялся гравиметрический метод. Определение содержания нефтепродуктов, АПАВ проводили флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Основными показателями загрязненности воды являются: биохимическое потребление кислорода (БПК), азотсодержащая группа (азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный), фосфаты, взвешенные вещества, концентрация нефтепродуктов, концентрация тяжелых металлов (цинк, медь, никель, хром и др.).

Наличие в поверхностных водах взвешенных веществ свидетельствует о ее загрязненности нерастворимыми примесями в основном минерального происхождения. Концентрация взвешенных веществ увеличивается, причиной тому является поступление в реку дождевых сточных вод, которые в большей части не проходят очистку.

Присутствие в поверхностных водах легкоокисляемых органических веществ идентифицируется величиной биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>). За период наблюдений яркой тенденции изменения качества воды по этому показателю в ту или иную сторону не наблюдается.

Нефтепродукты являются наиболее распространенными и опасными веществами, загрязняющими поверхностные воды. При содержании нефтепродуктов более 0,05 мг/дм<sup>3</sup> портятся вкусовые качества воды, а рыба приобретает неприятный привкус нефти. Концентрация нефти выше 0,5 мг/дм<sup>3</sup> смертельна для рыб, а равная 1,2 мг/дм<sup>3</sup> вызывает гибель планктона. Кроме того, геохимические особенности нефтесодержащего вещества (стойкость к окислению, высокая подвижность) способствует значительному увеличению протяженности загрязненных участков, которая может достигать сотен километров.

Проблема охраны водных ресурсов от загрязнения является весьма острой, несмотря на предпринимаемые меры по очистке сточных вод, так как поступление в водные источники загрязняющих веществ в составе сточных вод и вследствие смыва удобрений с сельскохозяйственных угодий, а также из-за загрязнения выпадающих осадков, довольно существенно и в ряде створов рек приводит к превышению предельно-допустимых концентраций.

Результаты физико-химических исследований природной воды в водных объектах-приемниках за 2010–2012 гг. представлены в таблице 1. Для анализа качества воды в рр. Мухавец, Западный Буг и Лесная полученные данные сравнены с ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов рекреационного и рыбохозяйственного (II категории) водопользования.

Таблица 1 – Качественная характеристика воды в водоприемниках и ПДК химических веществ в воде водных объектов культурно-бытового и рыбохозяйственного (II категории) водопользования

Наименование показателей загрязненности	Лимитирующий показатель вредности, ЛПВ	Класс опасности	Фоновые концентрации загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>						ПДК загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup> для водосма	
			Р. Мухавец		Р. Лесная		Р. Западный Буг		рыбохоз. водопользования II категории	культурно-бытового использования
			в створе выше первого по течению выпуска (выпуск №27) поверхностного стока	в створе ниже последнего по течению выпуска (выпуск №15) поверхностного стока	в створе выше первого по течению выпуска (выпуск №26) поверхностного стока	в створе ниже последнего по течению выпуска (выпуск №20) поверхностного стока	в створе выше первого по течению выпуска (выпуск №22) поверхностного стока	в створе ниже последнего по течению выпуска (выпуск №17) поверхностного стока)		
Взвешенные вещества	С.		7,9	10,2	9,4	10,0	12,55	12,54	Фон.+0,75	Фон.+0,75
Сухой остаток	С.		316	310	307	310	476	477	1000	1000
БПК <sub>5</sub>	С.		2,44	2,7	2,47	2,67	5,97	5,97	6,0	6,0
СПАВ	Т.		0,041	0,5	0,07	0,09	0,12	0,12	0,1	0,5
Сульфаты	С-т	4	32	44	37	40,9	45	45	100	500
Хлориды	С-т	4	28	30	18	20,0	52	52	300	350
Нефтепродукты	Р/х	3	0,03	0,05	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,3
рН	С.		7,7	7,8	7,56	8,0	7,8	7,9	6,5-8,5	6,5-8,5

Анализ качества воды в р. Мухавец в створах выше выпусков и ниже по течению указывает на то, что антропогенное воздействие города на водоем незначительное, влияние вызвано сбросом в черте города поверхностного стока, как с территории города, так и с территории промпредприятий. Влияние поверхностного стока на река Лесная и Западный Буг еще более незначительное. Негативное влияние сглаживается тем, что поверхностный сток в эти водоемы поступает: в р. Лесная – через мелиоративную канаву; в р. Западный Буг – через естественную аккумуляционную емкость пруд и мелиоративный канал.

#### 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.

## Список авторов

<b>А</b>		<b>Е</b>	
С.В. АНДРЕЮК	12, 16	Я.К. ЕЛОВИЧЕВА	213
В.Н. АНУФРИЕВ	4	К. ЕРЕЧЕК-КОЖЕНЕВСКА	100, 249
<b>Б</b>		<b>Ж</b>	
М.О. БАКАНОВ	260	В.И. ЖЕЛЯЗКО	105
А.М. БАКУНОВ	201	Б.Н. ЖИТЕНЁВ	35, 39
О.М. БАКУНОВА	201	А.О. ЖУРБЕНКОВ	63
С.В. БАСОВ	236		
С.Г. БЕЛОВ	7	<b>З</b>	
О.П. БЕЛОГЛАЗОВА	35	Д.В. ЗАВОРОТНЫЙ	42
М.А. БИНДЮК	62	Л.Г. ЗАЙЧЕНКО	42
Е.Н. БИРУК	207	О.З. ЗУБАИРОВ	109
Е.П. БОГОДЯЖ	81	Т.Е. ЗУБРИЦКАЯ	87
И.П. БОРСУК	264, 267		
И.А. БУЛАК	114	<b>К</b>	
И.В. БУЛЬСКАЯ	20	Н.Б. КАЗАНГАПОВА	156
		М.А. КАЗАНЦЕВ	63
<b>В</b>		Г.Г. КАМЛЮК	167
В.Е. ВАЛУЕВ	83	М.Н. КАРТУЗОВА	45
А.Г. ВАСЕНКО	203	И.И. КИРВЕЛЬ	216
Е.С. ВЕЛГОГО	76	Н.В. КЛЕБАНОВИЧ	112
Н. ВИКТОРОВИЧ	226	В.Н. КОВАЛЬЧУК	182
Э. ВОЗЬНЯК	100, 249	Т.А. КОЗЛОВА	96
П.П. ВОЛК	152	А.Н. КОЛОБАЕВ	49
Г.А. ВОЛКОВА	12, 16	Д.П. КОМАРОВСКИЙ	219
А.А. ВОЛЧЕК	20, 87, 90, 207, 246	В.Н. КОРНЕЕВ	114
Р.Н. ВОСТРОВА	23, 26	Д.А. КОСТЮК	90
		М.С. КУКШИНОВ	216
		А.Г. КУЛЬБЕЙ	219
		Т.С. КУПРИЯНЧИК	73
<b>Г</b>		<b>Л</b>	
А.В. ГАЛУЗО	73	<u>Н.Г. ЛЕБЕДЕВ</u>	119
М.Г. ГЕРМЕНЧУК	229	В.Е. ЛЕВКЕВИЧ	122
Л.Н. ГЕРТМАН	28, 114	Е.В. ЛЕСОВИЧ	51
К.А. ГЛУШКО	93	В.К. ЛИПСКИЙ	219
К.К. ГЛУШКО	93	Е.В. ЛОГИНОВА	119
А.П. ГОЛОВАЧ	210	П.С. ЛОПУХ	125
Н.М. ГОЛУБ	236, 240	А.Г. ЛУКАШЕВИЧ	170
Н.Г. ГРИБОВА	68	В.М. ЛУКАШЕВИЧ	105
<u>А.Г. ГРИНЕВИЧ</u>	96		
Е.И. ГРОМАДСКАЯ	142	<b>М</b>	
А.Д. ГУРИНОВИЧ	60	А.Б. МАЖЕЙКЕНЕ	53
		Д.В. МАКАРОВ	23
<b>Д</b>		Е.В. МАРТЫНОВА	145
С.В. ДДИК	69	С.К. МАТУС	128
Е.И. ДМУХАЙЛО	7	Р.К. МАХАМБЕТОВА	135
Е.Н. ДРОЗД	213		
С.А. ДУБЕНОК	32		

Н.В. МЕЛЬНИКОВА	203
О.П. МЕШИК	83
Е.О. МИНИНА	49
Э.А. МИХАЛЫЧЕВА	170
Э.И. МИХНЕВИЧ	122
С.В. МОНТИК	210
В.В. МОРОЗ	57, 60
Л.Т. МОРОЗ	194
В.Г. МУРАНОВ	152
С.В. МУРАШКО	139

## Н

М.С. НАБИОЛЛИНА	109
С.Г. НАГУРНЫЙ	173
Л.Е. НАУМЕНКО	35
Г.О. НАУМЧИК	7
А.С. НЕВЕРОВ	223
З.А. НЕВЕРОВА	223
А.Б. НЕВЗОРОВА	63
В.М. НОВИКОВ	173
О.К. НОВИКОВА	65, 68
В.Г. НОВОСЕЛЬЦЕВ	176
А.Г. НОВОСЕЛЬЦЕВА	39
Д.В. НОВОСЕЛЬЦЕВА	180

## О

О.А. ОЛЕЙНИК	182
--------------	-----

## П

С.Н. ПАВЛЕНКО	185
А.М. ПЕНЬКОВСКАЯ	142
Д.О. ПЕТРОВ	90
Л. ПЕТРУШИНЬСКИ	249
И.В. ПИЛЕЦКИЙ	145, 149
Т.А. ПОДСАДНИК	76
М.С. ПОЛУТРЕНКО	69
О.И. ПОНОМАРЕНКО	156
Е.Н. ПОПОВА	142
Т.Н. ПРЕЗОВА	68

## Р

А.Н. РОКОЧИНСКИЙ	152
С.М. РОМАНОВА	156
В.А. РЫБАК	201

## С

Н.Т. САГЫНДЫКОВА	135
С.Р. САЛЬНИКОВА	189
В.С. СЕВЕРЯНИН	192
К. СЕДЛИСКА	226

С.Н. СКУРАТОВИЧ	96
Т.А. СМАРЧЕНКО	26
Е.Ю. СОМОНОВА	229
А.А. СОРОКИН	112
Л.М. СПИРИДЕНЮК	219
Н.Ю. СТОРОЖУК	12, 16
П.П. СТРОКАЧ	264, 267
Н.С. СТУПЕНЬ	232

## Т

А.Г. ТРИФОНОВ	170
М.В. ТУКАЧ	26
Э.А. ТУР	236, 240
Г. ТУРАРОВА	109

## Ф

А. ФЛИС	159
О.Е. ФРОЛОВА	163

## Х

В.А. ХАЛЕЦКИЙ	243
---------------	-----

## Ч

О.Е. ЧЕЗЛОВА	246
Г.С. ЧЕКАН	139
Л.И. ЧЕЛЯДИН	69
Р. ЧЕСЛИНСКИ	249

## Ш

С.В. ШАЛАЙ	152
С.И. ШВЯДЕНЕ	53
Н.С. ШЕВЦОВА	253
Н.Н. ШЕШКО	90
М.В. ШИХМАРЕВ	257

## Щ

Ю.А. ЩЕПОЧКИНА	260
С.В. ЩИКОВА	149

## Ю

Р.А. ЮРЕВИЧ	163
В.Д. ЮЩЕНКО	73, 76

## Я

Н.П. ЯЛОВАЯ	264, 267
П.Ф. ЯНЧИЛИН	194



## Содержание

### Секция

#### «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

<b>В.Н. Ануфриев</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД	4
<b>С.Г. Белов, Г.О. Наумчик, Е.И. Дмухайло</b> ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДИСПЕРГАТОР ГАЗА «ТОРНАДО»	7
<b>Г.А. Волкова, И.Ю. Сторожук, С.В. Андрюк</b> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОАГУЛЯНТОВ И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ	12
<b>Г.А. Волкова, И.Ю. Сторожук, С.В. Андрюк</b> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ	16
<b>А.А. Волчек, И.В. Бульская</b> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ Г. БРЕСТА	20
<b>Р.Н. Вострова, Д.В. Макаров</b> ТЕХНОЛОГИЯ ОБМЫВКИ ВАГОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАВИТАЦИОННОГО НАСАДКА	23
<b>Р.Н. Вострова, М.В. Тукач, Т.А. Смаченко</b> КОМПСТИРОВАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕЛЕНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДА	26
<b>Л.Н. Гертман</b> НОРМИРОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ ОСОБО ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СОСТАВЕ СТОЧНЫХ ВОД	28
<b>С.А. Дубенок</b> ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К УСТАНОВЛЕНИЮ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ	32
<b>Б.Н. Житенёв, О.П. Белоглазова, Л.Е. Науменко</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ КОАГУЛИРОВАНИЕМ В ПРИСУТСТВИИ ФОСФАТОВ	35
<b>Б.Н. Житенёв, А.Г. Повосельцева</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФАТОВ	39
<b>Л.Г. Зайченко, Д.В. Заворотный</b> ОБОСНОВАНИЕ НОРМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЧАСТНОМ СЕКТОРЕ	42
	273

**М.И. Картузова**  
*БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIOS* 45

**А.Н. Колобасев, Е.О. Минина**  
*ОБОСНОВАНИЕ СТАВОК НАЛОГА ЗА ОТВЕДЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД С  
ПРЕВЫШЕНИЕМ ДОПУСТИМЫХ ОБЪЕМОВ ИХ СБРОСА* 49

**Е.В. Лесович**  
*ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ* 51

**Mažeikienė A., Švedienė S.**  
*EXPERIMENTAL RESEARCH ON SORPTION OF PETROLEUM PRODUCTS FROM  
STORM WATER BY FILTRATION* 53

**В.В. Мороз**  
*ОЧИСТКА КРАСКОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД «ПОПУТНОЙ» ТЕХНОЛОГИЕЙ* 57

**В.В. Мороз, А.Д. Гуринович**  
*ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ* 60

**А.Б. Невзорова, А.О. Журбенков, М.А. Казанцев**  
*ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБРОСА ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО  
ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ХОРОПУТЬ И ИПУТЬ В РАЙОНЕ ГОРОДА ДОБРУШ* 63

**О.К. Новикова, М.А. Биндюк**  
*БИОЛОГИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ ГОРОДСКИХ  
СТОЧНЫХ ВОД ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ* 65

**О.К. Новикова, Н.Г. Грибова, Т.Н. Презова**  
*РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ  
СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ* 68

**Л.І. Челядин, М.С. Полутренко, С.В. Дідик**  
*ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ СТОЧНИХ ВОД ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ*  
**В.Д. Ющенко, Т.С. Куприянич, А.В. Галузо**  
*ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД,  
ПОСТУПАЮЩИХ НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ Г. ВИТЕБСКА* 73

**В.Д. Ющенко, Т.А. Подсадник, Е.С. Вельго**  
*АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ* 76

#### **Секция**

#### **«Мелиорация, водохозяйственное строительство, рациональное природопользование»**

**Е.П. Богодаж**  
*ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА ОЦЕНКИ  
ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ РЕК ПРИ  
ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В БЕЛАРУСИ* 81

<b>В.Е. Валуев, О.П. Мешик</b> <b>РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ</b> <b>РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ МЕТЕОДАНЫХ И МАТЕРИАЛОВ</b> <b>АНАЛИТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В ОЦЕНКАХ</b> <b>ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЕПЛОВЛАГОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬ</b>	83
<b>А.А. Волчек, Т.Е. Зубрицкая</b> <b>ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕКИ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК БАССЕЙНА ЯСЕЛЬДА</b>	87
<b>А.А. Волчек, Д.А. Костюк, Д.О. Петров, Н.Н. Шешко</b> <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СНЕГОТАЯНИЯ ПО ТЕРРИТОРИИ</b> <b>ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОСБОРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ</b> <b>НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПАССИВНОГО МИКРОВОЛНОВОГО</b> <b>СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ</b>	90
<b>К.А. Глушко, К.К. Глушко</b> <b>СПОСОБ ЗАГОТОВКИ ОЗОНОНАСЫЩЕННОГО ЛЬДА</b>	93
<b>А.Г. Гриневич, С.Н. Скуратович, Т.А. Козлова</b> <b>ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ХАРАКТЕРНЫХ</b> <b>РАСХОДОВ ВОДЫ В СВЯЗИ С ВОЗМОЖНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ</b> <b>УСЛОВИЙ В БАССЕЙНАХ РЕК БЕЛАРУСИ</b>	96
<b>К. Еречек-Коженевска, Э. Вольняк</b> <b>КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ВЕРХОВОМ ТОРФЯНИКЕ БАЛТИЙСКОГО ТИПА</b> <b>ЧАРНЕ БАГНО В ПРАДОЛИНЕ РЕДЫ-ЛЕБЫ</b>	100
<b>В.И. Желязко, В.М. Лукашевич</b> <b>ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ ЯПОНСКОГО ПРОСА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ</b> <b>МАШИНОЙ BAUER "RAINSTAR" T-61</b>	105
<b>О.З. Зубайров, М.С. Набиоллина, Г. Турарова</b> <b>ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ</b> <b>РАЗЛИЧНЫХ НОРМАХ НАГРУЗКИ</b>	109
<b>Н.В. Клебанович, А.А. Сорокин</b> <b>ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО</b> <b>ПОКРОВА БЕЛАРУСИ</b>	112
<b>В.Н. Корнеев, Л.Н. Гертман, И.А. Булак</b> <b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДНЕПРОВСКО-БУГСКОГО КАНАЛА</b> <b>С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО ВОДНЫМ РЕЖИМОМ</b>	114
<b>Н.Г. Лебедев, Е.В. Логинова</b> <b>ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗЕР РЯДА РАЙОНОВ ВИТЕБСКОЙ</b> <b>ОБЛАСТИ</b>	119
<b>В.Е. Левкевич, Э.И. Михневич</b> <b>ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВЫХ</b> <b>ОТКОСОВ ДАМБ И ПЛОТИН И ЕСТЕСТВЕННЫХ БЕРЕГОВЫХ</b> <b>СКЛОНОВ В УСЛОВИЯХ</b> <b>ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ</b>	122
<b>П.С. Лопух</b> <b>ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОБОСНОВАНИЯ СОЗДАНИЯ</b> <b>ВОДОХРАНИЛИЦ</b>	125
	275

**С.К. Матус**

**РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ВОДОРегулиРОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА  
ОСНОВЕ ПРИРОДНО-ЛАНДШАФТНОЙ  
ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ПО  
МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПУ**

**Р.К. Махамбетова, Н.Т. Сагындыкова**

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
«ГЕЛИООПРЕСНИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛИЦ» И ПОДВОДОМ  
ВОДЫ К КОРНЕВОЙ СИСТЕМЕ РАСТЕНИЙ**

**С.В. Мурашко, Г.С. Чекан**

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**А.М. Пеньковская, Е.Н. Попова, Е.И. Громадская**

**ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА  
РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА**

**И.В. Пялецкий, Е.В. Мартынова**

**СЕЛЬСКИЕ АГЛОМЕРАЦИИ КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК  
НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

**И.В. Пялецкий, С.В. Шикова**

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАСТБИЩ КАК ФАКТОР  
ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ  
БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

**А.Н. Рокочинский, П.П. Волк, В.Г. Муранов, С.В. Шалай**

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖА В ПРОЕКТАХ  
СТРОИТЕЛЬСТВА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**С.М. Романова, О.И. Пономаренко, Н.Б. Казангапова**

**ТРАНСФОРМАЦИЯ И НАКОПЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПИТАНИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ «ВОДА – ПОЧВА – РАСТЕНИЕ»  
ПРИ МУЛЬЧИРОВАНИИ ПОЧВЫ**

**А. Флис**

**ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЛЬСКИХ ЛАНДШАФТОВ БЫТОВОГО  
ПООЗЕРЬЯ В СВЕТЕ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ**

**Р.А. Юревич, О.Е. Фролова**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ И КАНАЛОВ  
МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

#### **Секция**

**«Энерго- и ресурсосбережение, охрана воздушного бассейна»**

**Г.Г. Камлюк**

**ОЦЕНКА ВЕТРО- И ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**А.Г. Лукашевич, Э.А. Михальчева, А.Г. Трифонов**  
**КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ**  
**ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ**  
**НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОТУРБИНЫ** 170

**В.М. Новиков, С.Г. Нагурный**  
**СТРУЙНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ**  
**ОБЪЕМОВ ВОЗДУХА НА ОБЪЕКТАХ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ** 173

**В.Г. Новосельцев**  
**ОБЗОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В БЕЛАРУСИ И ЗА РУБЕЖОМ** 176

**Д.В. Новосельцева**  
**УСТАНОВКА СО СЛОВЕНЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ДЛЯ**  
**ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ** 180

**О.А. Олейник, В.Н. Ковальчук**  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ**  
**ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО**  
**РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРИТОЧНОЙ**  
**ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ** 182

**С.И. Павленко**  
**ПАРОГАЗОГЕНЕРАТОР ПУЛЬСАР — АППАРАТ С МИНИМАЛЬНЫМИ**  
**ВРЕДНЫМИ ВЫБРОСАМИ** 185

**С.Р. Сальникова**  
**НЕОБХОДИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИ ГРАМОТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**  
**В СНИЖЕНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ** 189

**В.С. Северянин**  
**ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ** 192

**П.Ф. Янчилин, Л.Т. Мороз**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФОРМЫ**  
**ГЕЛИОКОНЦЕНТРАТОРА «ЛУЧ»** 194

**Секция**

**«Инженерная экология и химическая технология в решении**  
**проблем рационального природопользования»**

**А.М. Бакунов, О.М. Бакунова, В.А. Рыбак**  
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В**  
**ЭКОЛОГИИ** 201

**А.Г. Васенко, Н.В. Мельникова**  
**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА**  
**ПРИМЕРЕ УКРАИНСКОЙ ЧАСТИ Р. ДУНАЙ** 203

**А.А. Волчек, Е.Н. Бярук**  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДЫ НА РЕКЕ ЛЕСНАЯ**  
**В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ 1965 И 2013 ГГ.** 207

- А.П. Головач, С.В. Монтик**  
ВЛИЯНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПАРАМЕТРЫ  
КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ В ПРОЦЕССЕ МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ 210
- Я.К. Еловичева, Е.Н. Дрозд**  
ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ВОДОЕМОВ БЕЛАРУСИ  
В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ 213
- И.И. Кирвель, М.С. Кукшинов**  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА  
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗНОСТЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ  
ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ  
ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК 216
- В.К. Ллпский, Л.М. Спириденко, Д.П. Комаровский, А.Г. Кульбей**  
СТАЦИОНАРНЫЕ РУБЕЖИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ  
НА ВОДОТОКАХ 219
- А.С. Неверов, З.А. Неверова**  
КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭКОЛОГИИ 223
- К. Седлиска, Н. Викторovich**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛИЗАРИНОВЫХ И КАТЕХИНОВЫХ  
КРАСИТЕЛЕЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ  
В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ДЛЯ  
СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ (DSSC) 226
- Е.Ю. Соменова, М.Г. Герменчук**  
ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ  
МЕТОДА БИОИНДИКАЦИИ 229
- И.С. Ступень**  
СУЛЬФАТНАЯ КОРРОЗИЯ В КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛАХ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИД И ФОСФАТ-ИОНОВ 232
- Э.А. Тур, С.В. Басов, Н.М. Голуб**  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ  
ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ ПРИБУГСКОГО ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА 236
- Э.А. Тур, Н.М. Голуб**  
ЭКОЛОГИЧНЫЙ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ  
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ  
СЛОЖНОГО ЭФИРА КАНИФОЛИ 240
- В.А. Халецкий**  
СИЛКОНМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С НИЗКИМ  
СОДЕРЖАНИЕМ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ 243
- О.Е. Чезлова, А.А. Волчек**  
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОМЕГА-ДОЖДЕВАЛЬНОЙ  
УСТАНОВКИ ФИРМЫ HYDRO-AIR (ГЕРМАНИЯ)  
НА ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЯХ  
ОРОШЕНИЯ СГЦ «ЗАПАДНЫЙ» 246

**Р. Чеслянки, К. Еречк-Коженевска, Э. Возняк, Л. Петрушиньски**  
**ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА**  
**НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ**  
**СОЕДИНЕНИЙ В БАСЕЙНЕ РЕКИ**  
**БОРУЧИНКИ (СЕВЕРНАЯ ПОЛЬША)** 249

**Н.С. Шевцова**  
**ОЦЕНКА ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕКИ ПРИПЯТЬ**  
**И ЕЕ ЗОНИРОВАНИЕ ПО ПРОФИЛИРУЮЩИМ ВИДАМ ТУРИЗМА И ОТДЫХА** 253

**М.В. Шихмарев**  
**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДОЕМА НА**  
**ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ** 257

**Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов**  
**УТИЛИЗАЦИЯ СТЕКЛОБОЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НОВОГО**  
**КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА** 260

**Н.П. Яловая, П.П. Строкач, И.П. Борсук**  
**ВЛИЯНИЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**  
**НА ПРИРОДНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ** 264

**Н.П. Яловая, П.П. Строкач, И.П. Борсук**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ВОДЫ В ВОДОПРИЕМНИКАХ** 267

58200

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

**Сборник материалов  
Международной научно-практической конференции**

25-27 сентября 2013 г.

Ответственный за выпуск: Волчек А.А.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерный набор и вёрстка: Романюк И.Н., Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-258-3



9 789854 932583

Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009 г.

Подписано к печати 20.09.2013 г. Бумага «Снегурочка».  
Формат 60x84  $\frac{1}{8}$ . Гарнитура «Times New Roman».  
Усл. п. л. 16,2. Уч.-изд. л. 17,5. Тираж 120 экз. Заказ № 1003.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

362625