

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Факультет водоснабжения и гидромелиорации**

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Сборник материалов**  
**Международной научно-практической конференции**

**18–20 апреля 2012 г.**



---

Брест 2012

УДК [628.1.034+60.9](476)

**Рецензенты:**

*М.А. Богдасаров,*

доктор географических наук, доцент,

УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»

*В.И. Желязко,*

доктор сельскохозяйственных наук, доцент,

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

**Редакционная коллегия:**

**Председатель:**

*А.А. Волчек,*

доктор географических наук, профессор,

УО «Брестский государственный технический университет»

**Члены редакционной коллегии:**

*С.В. Басов,* кандидат технических наук, доцент;

*В.Е. Валуев,* 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;

*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.

И 34 **Научно-технические и экологические проблемы природопользования:**  
материалы Международн. науч.-практ. конф., Брест, 18-20 апр. 2012 г. /  
УО «Брестск. гос. техн. ун-т»; под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2012. – с.

**ISBN 978-985-493-220-0**

В сборнике представлены статьи, подготовленные участниками международной научно-практической конференции «Научно-технические и экологические проблемы природопользования», которая состоялась 18-20 апреля 2012 г. на факультете водоснабжения и гидромелиорации УО «БрГТУ».

УДК [628.1.034+60.9](476)

ISBN 978-985-493-220-0

© Издательство БрГТУ, 2012

УДК 581.19+577

Артемук Е.Г.<sup>1</sup>, Кобринец Л.А.<sup>2</sup>, Ивашковец Н.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г.Брест,

<sup>2</sup> УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ СВИНЦА КАК СТРЕСС-ФАКТОРА НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ПРОРОСТКАХ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

The growth and development of the plant organism goes is influenced by various stress factors: increased and or low temperatures, drought, salinization, pollution with heavy metals. Intention to work was to study the stress response of leguminous plants subjected to the toxic effect of lead ions. Studies have shown that high concentrations of lead ions lead to a change in the activity of antioxidant enzymes – catalase and peroxidase. The higher peroxidase activity compared with catalase indicates a more significant role of this enzyme in the oxidative mechanisms of resistance to the action of leguminous plants lead.

В последнее время в связи с интенсивным развитием промышленности, повсеместным использованием транспорта и применением минеральных удобрений возросло влияние тяжелых металлов (ТМ) как экстремального фактора на живые организмы. Известно, что значительную роль в миграции ТМ играют растения. Высокие концентрации ТМ вызывают окислительный стресс у растений, что ведет к усилению перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембран, повреждению белков и нуклеиновых кислот, и целому ряду серьезных функциональных нарушений, поскольку повреждаются различные компоненты клеток [1, 2].

В отсутствие экстремальных факторов окислительный процесс в клетках протекает сбалансированно, при этом концентрация продуктов окисления поддерживается на постоянном низком уровне. Способность растений сопротивляться экстремальным условиям произрастания, приспосабливаться к ним и сохранять при этом свой жизненный потенциал является одним из определяющих условий существования растений и зависит от возможности реализовать защитно-приспособительные механизмы, то есть адаптироваться к разнообразным стрессовым воздействиям.

В условиях воздействия стресс-факторов, в процессе адаптации к неблагоприятным условиям растение проходит два этапа: стресс-реакция (быстрый первичный ответ) и специализированная адаптация [3]. Стресс-реакция является кратковременной защитой растений от гибели за счет формирования быстрых защитных механизмов устойчивости. Обычно она сопровождается повреждением клеток и их обменных механизмов.

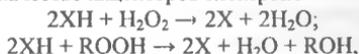
Важным фактором устойчивости растений к окислительному стрессу является функционирование эффективной антиоксидантной системы, ключевую роль в которой играют ферменты каталаза и пероксидаза.

Каталаза всегда присутствует в системах, где происходят процессы клеточного дыхания с участием флавиновых дегидрогеназ, в результате деятельности которых образуется токсичная для клетки перекись водорода. Поэтому каталаза выполняет важную роль, разлагая токсичную для клеток перекись водорода:



Кроме того, весьма существенной должна быть признана роль каталазы в снабжении молекулярным кислородом тех участков ткани, куда доступ его в силу тех или иных причин затруднен [4].

Пероксидазы – обширная группа ферментов, катализирующих реакции окисления органического и неорганического субстрата с использованием пероксида водорода или органических пероксидов в качестве акцепторов электронов:



где ХН – восстановленный субстрат, Х – окисленный субстрат.

Пероксидаза способна осуществлять контроль за уровнем перекиси водорода, восстанавливая ее до воды.

В исследованиях ряда авторов [5-7] показано, что особое место в защитных реакциях растений на действие ТМ принадлежит антиоксидантным ферментам (каталаза, пероксидаза), активность которых значительно возрастает в этих условиях, поэтому целью данной работы было изучение активности ферментов каталазы и пероксидазы как компонентов антиоксидантной системы защиты растений, обеспечивающей устойчивость растений гороха и люпина к высоким концентрациям свинца.

Объектами исследования служили проростки (корешки и побеги) сельскохозяйственных растений: горох полевой сорта «Агат», люпин узколистный сорта «Кармавья». Для исследования влияния солей свинца в среду добавляли раствор  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  в диапазоне концентраций от  $10^{-5}\text{M}$  до  $10^{-3}\text{M}$ . Все опыты выполнялись с 3-кратной повторяемостью. В качестве контроля использовалась среда, не содержащая ионов свинца

Активность пероксидазы в проростках гороха и люпина определяли по методу А.Н. Бояркина [7], основанному на определении скорости реакции окисления бензидина под действием пероксидазы, содержащейся в растениях, до образования продукта окисления синего цвета определенной концентрации.

Изучение активности каталазы в проростках растений проводили по методу М.А. Королук [8], основанному на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс.

Результаты наших исследований воздействия ионов свинца на активность антиоксидантных ферментов показали, что ионы свинца в концентрациях  $10^{-5}$ – $10^{-1}\text{M}$  привели к увеличению активности пероксидазы в корешках гороха полевого на 7,0–31,6% (7-е сутки), 7,3–16,4% (10-е сутки) и 21,9–65,6% (14-е сутки) по сравнению с контрольными растениями (таблица 1). Усиление активности пероксидазы свидетельствует об активизации антиоксидантной системы для утилизации перекиси водорода. В процессе роста проростков гороха активность пероксидазы в корешках и побегах постепенно снижается на 10-е и 14-е сутки. Следовательно, можно предположить, что защитные функции пероксидазы снижаются со временем.

Таблица 1 – Активность пероксидазы в проростках гороха полевого при воздействии ионов свинца

Концентрация свинца	Активность пероксидазы, у.е./г сырой массы					
	Корешки			Побеги		
	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
Контроль	5,7	5,5	3,2	2,3	2,6	2,1
$10^{-5}\text{M}$	6,1	5,5	3,9	2,7	2,3	1,1
$10^{-4}\text{M}$	6,2	5,9	4,3	2,4	2,3	1,1
$10^{-3}\text{M}$	7,5	6,4	5,3	2,9	2,4	1,4

Установлено, что ионы свинца в концентрациях  $10^{-4}$ М и  $10^{-3}$ М приводили к увеличению активности каталазы в корешках гороха полевого на 8,2–11,5% (7-е сутки), 44,3–45,9% (10-е сутки) и 2,2–11,6% (14-е сутки) по сравнению с контрольными растениями (таблица 2). Увеличение активности каталазы наблюдалось также на 7-й день и в побегах гороха. На 10-й и 14-й день увеличение активности каталазы в побегах наблюдалось только при действии ионов свинца в концентрации  $10^{-3}$ М. Показано, что в корешках и побегах гороха полевого в процессе роста проростков активность каталазы, так же как и пероксидазы, практически во всех вариантах опыта снижается на 14-е сутки (таблица 2).

Таблица 2 – Активность каталазы в проростках гороха полевого при воздействии ионов свинца

Концентрация свинца	Активность каталазы, мкат/л					
	Корешки			Побеги		
	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
Контроль	335,7	276,9	297,9	473,5	465,1	413,2
$10^{-5}$ М	293,6	307,7	305,7	674,2	475,8	433,2
$10^{-4}$ М	363,2	399,6	304,4	668,0	375,3	398,3
$10^{-3}$ М	374,3	403,9	332,6	694,0	497,7	489,0

Уменьшение активности каталазы и пероксидазы в проростках гороха при дальнейшем их проращивании может свидетельствовать о смещении прооксидантно-антиоксидантного равновесия в сторону усиления генерации активных форм кислорода и участия их в окислении липидов мембран.

У растений люпина узколистного при повышении концентрации ионов свинца также наблюдалось увеличение активности пероксидазы. Так, ее активность в корешках люпина возрастала в 2,0–3,4 раза (7-е сутки), 1,6–4,5 раза (10-е сутки) по сравнению с контрольными растениями (таблица 3). Резкое увеличение активности пероксидазы при высоких концентрациях свинца ( $10^{-2}$ М и  $10^{-3}$ М) наблюдалось также и в побегах люпина узколистного.

Таблица 3 – Активность пероксидазы в проростках люпина узколистного при воздействии ионов свинца

Концентрация свинца	Активность пероксидазы, у.е./г сухой массы					
	Корешки			Побеги		
	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
Контроль	1,65	1,61	2,01	0,56	0,68	1,71
$10^{-5}$ М	3,29	2,62	2,25	0,60	0,72	2,16
$10^{-4}$ М	6,42	7,21	–	3,48	2,67	–
$10^{-3}$ М	5,73	5,07	–	4,82	3,69	–

Однако в отличие от растений гороха, в корнях проростков люпина узколистного наблюдается снижение активности каталазы (таблица 4). В этом случае из-за уменьшения активности каталазы, пероксидаза становилась главным ферментом, катализирующим распад перекиси водорода.

Таблица 4 – Активность каталазы в проростках люпина узколистного при воздействии ионов свинца

Концентрация свинца	Активность каталазы, мкат/л					
	Корешки			Побеги		
	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
Контроль	222,7	170,5	161,6	241,8	207,9	232,8
10 <sup>-5</sup> М	206,7	106,8	44,2	261,8	311,4	241,4
10 <sup>-4</sup> М	199,7	94,6	–	306,6	349,7	–
10 <sup>-3</sup> М	84,2	98,6	–	257,1	342,0	–

Токсичное воздействие ионов свинца на растения люпина узколистного, так же как и на растения гороха полевого, заключалось в ингибировании роста корешков и побегов, уменьшении тургора, наблюдались различные внешние анатомические нарушения и, наконец, гибель растений.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что при воздействии ионов свинца на растения гороха и люпина происходит изменение активности ферментов антиоксидантной системы – каталазы и пероксидазы. На порядок более высокая активность пероксидазы по сравнению с каталазой свидетельствует о более значительной роли этого фермента в механизмах устойчивости бобовых растений к действию свинца.

*Данные исследования проводились в рамках научно-исследовательской работы, поддерживаемой Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (проект "Наука НАНБ-вузы" №Б110Б-63).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cadmium and copper toxicity for tomato seedlings / С. Mediouni [et al.] // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2006. – Vol. 26, № 4. – P. 227–232.
2. Мерзляк, М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений / М.Н. Мерзляк // *Соросовский образовательный журнал*. – 1999. – № 9. – С. 20–26.
3. Колесниченко, А.В. Белки низкотемпературного стресса растений / А.В. Колесниченко, В.К. Войников.; отв. ред. В.К. Войников; СО РАН. Сибирский институт физиологии и биохимии растений (СИФИБР). – Иркутск: Арт-Пресс, 2003. – 196 с.
4. Диксон, М. Ферменты: в 3 т. / М. Диксон, Э. Уэбб; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Т. 3 – 1120 с.
5. Влияние кадмия на СО<sub>2</sub>-газообмен, переменную флуоресценцию хлорофилла и уровень антиоксидантных ферментов в листьях гороха / Т.И. Балахина [и др.] // *Физиология растений*. – 2005. – Т.52, № 1. – С. 21–26.
6. Холодова, В.П. Адаптация к высоким концентрациям солей меди и цинка растений хрустальной гравки и возможность их использования в целях фиторемедиации / В.П. Холодова, К.С. Волков, Вл.В. Кузнецов // *Физиология растений*. – 2005. – Т.52, № 6. – С. 848–858.
7. Гавриленко, Л.Е. Большой практикум по физиологии растений / Л.Е. Гавриленко, Л.М. Хандобина. – Минск: Высшая школа, 1975. – С. 207–209.
8. Метод определения активности каталазы / М.А. Королук [и др.] // *Лабораторное дело*. – 1988. – № 1. – С. 16–19.

УДК 502.11

**Бакунова О.М., Рыбак В.А., Бакунов А.М.**

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,  
г.Минск,

## **ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ**

In article new scientific principles of an estimation of agricultural loading in territory of administrative districts are stated. It is offered to consider the areas of farmland, volumes of fertilizers and pesticides, a livestock of cattle. In the article new approaches to estimation of anthropogenic influence on environment of administrative territories are presented. To the basic loading belong agricultural, demographic, industrial, housing and communal services tourist etc.

Качество атмосферного воздуха является важным фактором, формирующим здоровье населения. Вредные вещества, содержащиеся в воздухе, оказывают прямое биологическое воздействие на организм человека, результатом которого нередко является ухудшение состояния здоровья населения.

Одним из постоянно растущих источников негативного воздействия на городскую среду является автотранспорт. В отличие от промышленных объектов, автомобильный транспорт является подвижным источником токсичных выбросов в приземный слой атмосферного воздуха. Рост выбросов в атмосферу вредных веществ от автотранспорта связан с быстрым ростом парка городских автомобилей, значительным амортизационным износом эксплуатируемого подвижного состава, большая часть которого не оборудована нейтрализаторами отработавших газов, отсутствием мер по разгрузке основных магистралей города вследствие недостаточного развития уличной дорожной сети, отсутствием необходимого количества развязок, способствующих снижению негативного воздействия. Вклад автотранспорта в эмиссию загрязняющих веществ на территории крупных городов, как правило, превышает 70%.

Для оценки техногенного воздействия автотранспорта на городскую среду нами будут использоваться данные по отбору проб воздуха и анализа содержания загрязняющих веществ в воздушном бассейне придорожной полосы на различных категориях дорог и улиц городского округа.

В реальных условиях антропогенное влияние на территории административных районов может быть разделено на несколько компонентов, главные из которых: промышленная, сельскохозяйственная, транспортная и демографическая нагрузки. Также важен уровень физического загрязнения, включая шум, вибрации и ионизирующее излучение.

Для оценки транспортной нагрузки предлагается учитывать показатель протяженности дорог, интенсивность движения, тип транспортного средства, тип топлива, тип дороги. Для получения оценочных баллов по каждому показателю на первом этапе предлагается использовать линейную шкалу, разделённую на пять отрезков.

Для получения итогового балла транспортной нагрузки предлагается усреднение трёх наибольших значений. Это позволяет избежать ситуации нивелирования острых проблем за счёт малых значений остальных показателей.

Линейное разбиение оценочной шкалы для каждого из показателей следует выполнять с учётом максимально возможных значений в условиях Республики Беларусь, т.к. показатели, например, для европейских дорог покажут совершенно другие результаты.

При оценке влияния выбросов автотранспорта следует, прежде всего, исходить из отношения интенсивности движения и протяженности дорог. Чем ближе данный показатель к 100 %, тем выше антропогенная нагрузка на территории.

Следует учитывать, что при использовании различных видов топлива для транспортных средств, типа дорожного покрытия будет возрастать антропогенная нагрузка при одинаковой интенсивности движения различного вида транспорта.

С увеличением объёмов промышленного производства, добычи полезных ископаемых, развитием сельского хозяйства и туризма вопросы оценки и управления экологическим состоянием территорий Республики Беларусь приобретают особую актуальность.

С учётом того, что контрольно-ревизионную деятельность в области экологии на местах осуществляют горрайинспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, а распределение финансов производится райисполкомами, видится целесообразным в рамках наших исследований выбрать административный район в качестве базовой единицы.

Для оценки сельскохозяйственной нагрузки предлагается учитывать площади сельхозугодий, объёмы вносимых удобрений и ядохимикатов, поголовье скота. Для получения оценочных баллов по каждому показателю на первом этапе предлагается использовать линейную шкалу, разделённую на пять отрезков.

Для получения итогового балла сельскохозяйственной нагрузки предлагается усреднение трёх наибольших значений. Это позволяет избежать ситуации нивелирования острых проблем за счёт малых значений остальных показателей.

Линейное разбиение оценочной шкалы для каждого из показателей следует выполнять с учётом максимально возможных значений в условиях Республики Беларусь. Это значит, например, что при наличии диапазона изменения массы вносимых пестицидов в расчёте на один гектар от нуля до 7 кг оценке в 5 баллов будут соответствовать значения (5,6-7).

При оценке влияния сельхозугодий следует, прежде всего, исходить из отношения площади пашни к общей площади организации. Чем ближе данный показатель к 100 %, тем выше антропогенная нагрузка на территории.

С учётом того, что использование навоза чаще всего осуществляется в рамках самого сельскохозяйственного предприятия отношение поголовья крупного рогатого скота, лошадей, количества свиней и птицы к общей площади организации показывает степень загруженности территорий органическими удобрениями.

В настоящее время тенденция урбанизации приобрела необратимый характер. В Республике Беларусь более двух третей население проживает в городах. Однако является бесспорным тот факт, что не городские территории страны подвергаются антропогенному воздействию с нарастающей интенсивностью. Это связано, на наш взгляд, с необходимостью постоянного роста производства сельскохозяйственной продукцией, организацией новых и расширением существующих полигонов для хранения отходов, хозяйственной деятельностью, использованием водных и земельных ресурсов.

Демографическая нагрузка зависит от количества населённых пунктов, численности и статуса поселений. Исходя из этого, мы предлагаем использовать следующие показатели: количество и статус населённых пунктов, плотность населения, показатель рекреационной освоенности территории, количество свалок.

Нами предлагается ранжировать свалки и бытовые отходы по степени опасности на здоровье населения, проживающего в этих районах. Далее нас будет интересовать отношение площади свалок или бытовых захоронений к общей площади административных территорий и численности населения к общей площади.

Разработка норм рекреационных нагрузок направлена на установление максимально допустимых объемов и режима использования той или иной территории при условии устойчивого функционирования Ландшафтного комплекса (ЛК). Однако до настоящего времени не создана единая методика нормирования рекреационных нагрузок, которая бы учитывала весь комплекс определяющих их факторов и тем самым отвечала реальным условиям практики. В качестве источника воздействия, который необходимо нормировать, принимается количество рекреантов. Вместе с тем, не учитываются такие факторы рекреационного воздействия, как транспортные средства отдыхающих и строительство различного рода инфраструктурных сооружений, например, дорог. Фактически производится нормирование не рекреационной нагрузки, а потока отдыхающих, туристов и экскурсантов. Ключевое значение имеют нормы допустимой единовременной рекреационной нагрузки, годовые и установленные на более длительный период, которые позволят, соответственно, избежать дискомфорта рекреационного процесса, деградации ландшафтов и учесть так называемую "усталость и сохранность" природных комплексов

В дальнейшем предлагается использовать математическую модель с уравнениями регрессии, которые позволят более адекватно учитывать степень влияния антропогенного воздействия на территории административных районов.

При оценке антропогенного воздействия важно обоснованно выделять первичные единицы для исследований, характеризующиеся достаточной однородностью хозяйственного использования и природных условий.

В целом разработка комплексной оценки антропогенной нагрузки на территории административных районов позволит более эффективно принимать управленческие решения и повысит эколого-экономическую эффективность природоохранных мероприятий.

УДК 663.43+556.36+628.1

**Басов С.В., Гладышук А.А.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## **СОЛОДУВНИ И БРОВАРЫ НА РЕКЕ ЗАПАДНЫЙ БУГ**

This article describes medieval technologies of beer and malt manufacturing using water from the river of Western Bug.

В настоящее время вопросы рационального природопользования являются предметом многочисленных научных исследований, дискуссий и обсуждения в обществе, как в нашей стране, так и во всем мире. Разрабатываются и внедряются комплексные трансграничные природоохранные программы, различные финансовые организации инвестируют средства в фундаментальные и прикладные научные исследования. Однако обеспечить должный уровень экологической ситуации, минимизировать вероятные последствия от попадания в окружающую среду всех видов выбросов антропогенного характера все равно не получается – более того, по оценкам и прогнозам многих специалистов, ситуация во многих регионах постоянно ухудшается.

Известно, что из всех видов антропогенного воздействия на окружающую среду загрязнение водных объектов является наиболее опасным, поскольку качество и количество водных ресурсов определяло и определяет уровень устойчивого развития любого государства во все времена.

По данным Государственного водного кадастра, в бассейне реки Западный Буг имеется 26 прямых выпусков сточных вод предприятий в водные объекты, которые постепенно формируют неравномерные зоны загрязнения. Получение и анализ информации о состоянии поверхностных вод обеспечивается различными системами мониторинга качества поверхностных вод. Только в речку Мухавец, согласно данным, представленным в работе [1], поступают сточные воды РУП «Брестэнерго» Брестские тепловые сети, Брестского КУП водопроводно-канализационного хозяйства «Водоканал», ОАО «Жабинковский сахарный завод», КУПП «Кобринрайводоканал», филиала Пружанского КУПП «Коммунальник» и др.

В месте впадения реки Мухавец в Западный Буг без малого тысячу лет (а может и больше) стоял город Берестье – город, полностью уничтоженный при строительстве военного объекта Российской империи – Брест-Литовской крепости. Долгое время воды рек Мухавец и Буг были одним из основных источников механической энергии, а также питьевой и хозяйственной воды для населения. Воздействие всех видов хозяйственной деятельности не оказывало существенного влияния на качество воды в реках.

А о качестве воды в реке Западный Буг можно косвенно судить по тому факту, что она использовалась для производства пива – напитка, ставшего частью европейской культурной традиции, производство которого и сегодня немыслимо без качественной, чистой воды определенного минерального состава.

Известно, что в средневековой Европе производство пива было в основном сосредоточено в монастырях многочисленных христианских орденов. Продажа пива, составлявшая существенную часть рациона монахов, приносила немалый доход. Кроме того, им потчевали толпы паломников, приходивших в монастыри и нуждавшихся в еде и питье. Больше всего пива варили бенедиктинцы, хотя и другие ордены не отставали. Так, например, в средневековой Германии было 400-500 монастырских пивоварен [2].

Для изготовления пивного солода использовали ячмень, овес, рожь и пшеницу. Солод, применяемый для производства пива, представляет собой специфический продукт проращивания зёрен этих злаков. Качество получаемого солода непосредственным образом зависит от воды, используемой в этом процессе.

Практически все средневековые пивоварни строились неподалеку от рек – энергия бегущей воды использовалась для помола зерна, из реки бралась вода пивного налива для затора (смеси солода с водой) и та же вода смывала всяческие нежелательные примеси по окончании пивоваренного процесса. Когда зерно прорастало, его переносили в примитивную сушильню, раскладывали на ворсистой ткани и прогревали над огнем. Чтобы убедиться, что оно достигло требуемой мягкой и ломкой кондиции, пивовар жевал несколько зернышек. После сушки солод механически или вручную перемалывали, а затем смешивали с водой в открытом медном чане, установленном над открытым пламенем. Монахи предпочитали использовать в качестве налива мягкую воду и даже добавляли к воде мыло в целях ее смягчения. Затор перемешивали с помощью деревянных вил, и когда сусло вокруг их рукоятки закипало, считалось, что осахаривание (процесс преобразования крахмала в сахар) закончилось. После этого суслу давали остыть, а затем черпаками переливали его в деревянные бочки, называемые «кругами». В качестве одной из многих трав, добавляемых в пиво для компенсации солодовой сладости, монахи научились использовать хмель. Однако пивовары очень быстро сообразили, что они тем самым не только придают напитку приятную цитрусовую горечь, но и антисептические свойства, способность противостоять «порче» - охмеленное пиво лучше хранилось.

Уже в бочках к суслу добавлялись дрожжи. По окончании брожения бочки запечатывались, чтобы молодое пиво дозрело и добрадило [2,7].

Впервые в письменных источниках бочка берестейского пива упомянута 1525-м годом, причем при достаточно грустных обстоятельствах. После страшного пожара 1525 года в Берестье «московские вязни» замковой порьмы оказались в бедственном положении, что зафиксировал ревизор [3]: *«А живности имь передь тымъ давали: на тыждень по два бараны, а по два бохоны на челоуѣка хлѣба, а по 10 головажень соли, а по бочий пива: а теперь того имь, повѣдаютъ, не даютъ, о страву стоскують велми: «не будетъ ли дей жалованья господарского? не можемъ дей стрывати съ голоду».*

Фраза из «Реестра замка Берестейского 1566 года» констатирует [4]:

*– Там же над Мухавцом броваровъ зрубленыхъ посполу 4, котории за всеми потребами комини и огнищами ново збудовавши жидомъ в аренду подани. Начине тежъ броварское всякое ведле потребе во всехъ броварахъ есть, которие за пенязи замковие арендовние черезъ жидов ново поуплено и по ступению аренды такового жъ отдати повинни. За тими бровари над Мухавцомъ ятка замковая для потреби битья бидла замкового. Солодувни две над Бугом от места подле перекопу, в нихъ озницъ мурованихъ 3 со всеми потребами, в одной солодувнии печь кафловая и коминъ.*

Этот же реестр разъясняет, когда и каким образом у Перекопа, соединявшего Угринку с Бугом, который теперь по милости графа Оппермана называем правым рукавом Мухавца, были воздвигнуты солодовни для приготвления основного компонента пива – солода [4]:

*– Солодовнѣ и броварѣ оттоль уросли, кѣди за арендою е.к.м. Юнась, жидъ берестиский, держаль в Берести складъ солний, ижъ никому в месте не было волно продавати соли толко ему, а давалъ толтъ седмнадцать за пѣнязь; о што гди мещане докучали славной памяти его милости пану воеводи виленскому, поведаячи, ижъ то ачъ было поживене и мало не всѣ солю торговали, его милость тымъ их отбиваль, ижъ на своихъ привилеяхъ не толко солного, але жадного складу не мають наданого. Ветъже питаль их, если би хотѣли пустити на замокъ солодувнѣ, в которыхъ мели би бити робяны солоди и продавани, почому збоже на ринку будетъ платить. На што мещане позволили, и заразомъ соль имь пуцоно, а солодувнѣ и броварѣ коштомъ замковимъ збудовано.*

Таким вот непростым способом бровары и солодовни отошли от города и были построены за счёт замка, т. е. стали «господарскими». Далее ревизор разъясняет, когда это произошло [3]:

*А такъ од того часу всѣ люди мешкаючи в Берестѣ, хотяжъ месѣцке, albo чужие с тих солодовень солоди берутъ, а зинулъ никому купити не волно. Такъ тежъ и в броварехъ тих меди ситеть и пѣво вареть, а индеи варити не волно. Около побраня пляцовъ на будоване солодовень, гди место згорило, мещане хотячи порядне место осадити, нижъ било перед тымъ, виправили, аби панъ воевода е. м. плаци роздавалъ, а кому би шкодиль на месѣ погориломъ, аби то держаль яко отчизну. А такъ пляцовъ у перекопа месѣцко, над Бугомъ, по погореню никому не дано и на нихъ солодувнѣ побудовано.*

Тот великий пожар случился в Берестье в 1525 году. Значит, после пожара на берегу Буга у Перекопа в конце улицы Пески по левой стороне и были построены «солодувнѣ замковыя – 14 волных протов» [4], занимавшие площади земли. На плане Э. Дальберга 1657 года [5] прямоугольный значок указывает на солодовни на берегу Буга у Перекопа, но уже на плане Фюрстенгоффа [6], который можно отнести к 1690 году, на этом месте значатся только руины. Т.е. оба плана показывают, что берестейские солодовни были каменными.

Всем этим хозяйством управлял «1 солодувникъ, на рокъ ему маеть бити плачоно гр. копь б, жита бочокъ б, сукна чешского локоть б, або копу гр., кожухъ бараний, або гр. 30: а мает при собе мети товариша, ktorому особно мает бити плачоно на рокъ копь 3, жита бочокъ 3 и кожухъ бараний, або за кожухъ гр. 30» [4]. Были в Берестье и свои «2 пивовари, кождому по копь 4 и по 4 бочки жита» [4]. За «солодувником» и за одним из пивоваров ресстр 1566 года земельных участков не обозначил, но всё же имя одного из первых берестейских пивоваров история нам сохранила [4]: «Мѣсто за парканомъ Улица Угринка. Первая полатъ з места поправе. Люди штатальные: ... Хаць пивоварь, <sup>1</sup>/<sub>2</sub> прута садиби, <sup>3</sup>/<sub>4</sub> прута огорода...». Похоже, что пивоварением в Берестье занимались приглашённые иностранцы, но один из них – Хац осел в Берестье основательно. Пивоварение в Берестье, кроме всего прочего, приносило немалый доход в государственную казну [4]: «3 солодовень замковыхъ, с которыхъ вси мешкаючие у месте Берестейскому солоди берутъ, такъ же и з броваровъ, которыхъ всѣ пива варять и меди ситят, приходитъ аренди с того обуйга на годъ копь 400». Напомним, что побор с Берестья на войну в 1513 году составил только «100 копь грошей».

Каково же было берестейское пиво на вкус в те времена? Мы можем получить некоторое представление об этом, попробовав пивоваренную продукцию, производимую на крайнем севере Норвегии, где фермеры все ещё варят пиво на средневековый манер. В качестве фильтра они кладут в заторный чан – а также в сусловарочный чан после кипячения – можжевельные ветки и хмель, обильно покрытые ягодами. По окончании брожения дрожжи собирают в бродильный чан со следующей порцией пива. Содержание алкоголя в готовом пиве составляет около 10%, у него богатый солодово-фруктовый букет и отчетливый можжевельный привкус.

На севере Финляндии несколько пивоваров все ещё производят пиво средневекового типа под названием «сахти». Его засыпь состоит из ячменного солода и ржи, в качестве фильтра используют можжевельник, а при кипячении добавляется хмель. У пива травянисто-виновый аромат, отчетливо фруктовый вкус и пряное послевкусие.

Крошечная пивоварня Sint Martinus в Гронингене, на самом севере Нидерландов, производит пиво Cluup по рецепту 1340-х гг. Это мутноватое, медного цвета с фруктово-травянистым ароматом, вкусом кислых ягод, хмелевой горечью и богатым фруктовым послевкусием пиво пользуется огромным успехом у многочисленных туристов, специально приезжающих отведать пиво в Гронинген [2].

В заключение следует отметить, что настоящее исследование даёт основание считать пивоварение в Берестье пионерским среди городов, находящихся в границах современной Беларуси. Места нахождения и солодовен, и пивных броваров над Бугом (когда качество воды в нем было пригодно для производства солода и пива) сегодня доступны и требуют элементарных знаков внимания к памяти о средневековых традициях пивоварения в Берестье.

Возрождение же оригинальных традиций берестейского пивоварения, которым без малого полтысячелетия, безусловно, не только повысило бы статус туристической привлекательности нашего города, но и явилось бы определенным стимулом для снижения антропогенного влияния на загрязнение воды в Западном Буге.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богодяж, Е.П. Мониторинг качества поверхностных вод в бассейне реки Западный Буг в местах сброса в них сточных вод / Е.П. Богодяж // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов Международной научно-технической конференции. - Брест: изво БрГТУ, 2010. - с. 6-9

2. История пива. Средние века – новое время. [Электронный ресурс] / Биропедия. – 2012. – Режим доступа: <http://beeropedia.ru/istoria-piva/srednie-veka-vozhrozhdenie-novoe-vremja>. – Дата доступа: 15.03.2012.

3. Акты, относящиеся к истории Западной России. – С.-Петербург, 1848. – Т. 2: 1506-1544.

4. Описание староства Берестейскаго 1566 года. – Из кн.: Документы Московского архива Министерства юстиции / Под ред. М. Довнара-Запольского. – М., 1897. – Т. 1, с. 205-448.

5. Puffendorf, S. De rebus a Carlo Gustavo Sueciae Rege gestis commentariorum. – Norimbergae, 1696. – Libri septem. – Urbs et castellum Brestzie Litewski.

6. Plan von der Stadt BRZESC in Lithauen. G.M.v. Furstenhoff. – 1740. – XX 160. (Предоставлен Брестской областной библиотекой им. А.М. Горького).

7. Российский хозяйственный винокур, пивовар, медовар, водочный мастер, квасник, укусник и погребщик – Санкт-Петербург: Имп.Типография иждив. И.Глазунова, 1792.– 278 с.

УДК 556.11

Богодяж Е.П.

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ – ПРИЕМНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ ДНЕПРА

In the article it carries out the hydrochemical typing of rivers, in which it discharges the waste water. It gives proof of development necessity of new methodological approach at the choice of parameters list of local monitoring of surface water in the place of waste water outlets. It permits to assess the waste water impact on surface water quality.

Водоотведение в водотоки бассейна реки Днепр осуществляется через 114 выпусков сточных вод (исключая поверхностные сточные воды), охваченных локальным мониторингом. По видам экономической деятельности предприятия отводящие сточные воды, распределяются следующим образом:

производство и распределение электроэнергии, газа и воды, предоставление коммунальных, социальных и персональных работ – 71 выпуск,  
обрабатывающая промышленность – 33 выпуска,  
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство – 7 выпусков,  
горнодобывающая промышленность – 2 выпуска,  
рыболовство, рыбоводство – 1 выпуск.

Согласно данным Государственного водного кадастра, в водотоки бассейна отводилось 432,8 млн м<sup>3</sup> в 2010 году, из них 1,3 млн м<sup>3</sup> являлись недостаточно очищенными, 45,7 млн м<sup>3</sup> – без очистки. При этом наибольшей нагрузке подверглись следующие участки водотоков [1]:

р. Свислочь ниже г. Минска (по азоту аммонийному, фосфору фосфатному, азоту нитритному),

р. Днепр ниже г. Могилева (по меди, азоту аммонийному, фенолу),  
р. Днепр ниже г. Речицы (по фосфору фосфатному, меди, БПК<sub>5</sub>),  
р. Уза (по цинку, азоту аммонийному, БПК<sub>5</sub>),  
р. Березина ниже г. Светлогорска (по ХПК, меди, азоту аммонийному),  
р. Березина ниже г. Бобруйска (по азоту аммонийному, азоту нитритному, фенолу),  
р. Березина ниже г. Борисова (по фосфору фосфатному, азоту аммонийному, азоту нитритному),

р. Проня ниже г. Горки (по фосфору фосфатному, азоту аммонийному, фенолу).  
Анализируя данные локального мониторинга за 2010 г., основными предприятия-ми-загрязнителями являлись [2]:

Мстиславское УКПП «Водоканал» по БПК<sub>5</sub>, взвешенным веществам, фосфору фосфатному, азоту аммонийному (выпуск в р. Вихру);

Чаусское УКП «Жилкомхоз» по БПК<sub>5</sub>, взвешенным веществам, фосфору фосфатному, азоту аммонийному (выпуск в р. Басю);

КЖУП «Гомельский райжилкомхоз» по БПК<sub>5</sub>, нефтепродуктам, взвешенным веществам, фосфору фосфатному, азоту аммонийному (выпуск в р. Уть);

РУП «Логойский комхоз» по БПК<sub>5</sub>, взвешенным веществам, фосфору фосфатному (выпуск в р. Гайну);

Кировское УКП «Жилкомхоз» по БПК<sub>5</sub>, азоту аммонийному (выпуск в р. Олу);  
РУП ЖКХ «Докшицы-Коммунальник» по БПК<sub>5</sub>, фосфору фосфатному (выпуск в р. Березину);

Хотимское УКП «Жилкомхоз» по фосфору фосфатному (выпуск в р. Беседы);  
ОАО «Климовичский комбинат хлебпродуктов» по БПК<sub>5</sub>, нефтепродуктам, взвешенным веществам, азоту аммонийному (выпуск в р. Лобжанку);

ОАО «Гомельстекло» по взвешенным веществам, фосфору фосфатному, азоту аммонийному (2 выпуска в канал в бассейне р. Беличанки).

Таким образом, основными предприятиями-загрязнителями являлись жилищно-коммунальные. Обращающаяся промышленность, в составе сточных вод которой могут содержаться такие специфические загрязняющие вещества, как растительные жиры, ферментированный крахмал, сахар, сыворотка, дубильные химикаты, красители, лигносульфонаты, целлюлоза, глина, находится на втором месте по количеству выпусков в бассейн (29%), но к загрязнителям относятся только 2 из них, причем в их сточных водах отсутствуют специфические загрязняющие вещества. При этом по фенолу и цинку превышений нормативов в отводимых сточных водах обнаружено не было, но участки рек испытывали повышенную нагрузку от этих загрязняющих веществ.

Учитывая это, можно сделать вывод о том, что перечень наблюдаемых показателей при проведении локального мониторинга выбран неверно, то есть требуется разработка новых методологических подходов при выборе наблюдаемых загрязняющих веществ, которые позволили бы получать достоверные данные о негативном воздействии сточных вод на качество воды рек в каждом конкретном случае. Для этого целесообразно провести типизацию рек по следующим критериям:

разделить бассейн на подбассейны в зависимости от их гидрологических и морфометрических характеристик рек,

разделить подбассейны на участки (типы) с учетом характера отводимых сточных вод.

В бассейне Днепра выделены следующие подбассейны:

1а – река Днепр и ее притоки от истока до замыкающего створа, расположенного ниже г. Могилев;

Ив – река Днепр и ее притоки от г. Могилев до границы с Украиной;

Па – река Березина и ее притоки от истока до замыкающего створа, расположенного ниже впадения р. Гайны;

Пб – река Березина и ее притоки от впадения р. Гайны до замыкающего створа, расположенного ниже впадения р. Свислочи;

Пс – река Березина и ее притоки от впадения р. Свислочи до устья;

Пл – река Свислочь;

Пд – река Сож и ее притоки до замыкающего створа, расположенного ниже впадения р. Прони;

Пе – река Сож и ее притоки от впадения р. Прони до устья.

В подбассейне Ia выделяем 2 типа участков рек: участки рек с выпусками предприятий обрабатывающей отрасли (р. Оршица, р. Днепр – ниже выпуска комбината ЖБИИК, р. Днепр – ниже выпуска Оршанского льнокомбината, р. Днепр – ниже выпуска завода газетной бумаги, р. Днепр – ниже выпуска Могилевского завода искусственного волокна); участки рек с выпусками коммунальных предприятий – все остальные.

В подбассейне Ib выделяем 3 типа участков рек: участки рек с выпусками предприятий обрабатывающей отрасли (р. Ведричь, р. Добысна, р. Днепр – ниже выпуска Речицадрев, р. Друть – ниже выпуска Толочинского консервного завода); участки рек с выпусками сельскохозяйственных предприятий (р. Днепр – ниже выпуска Могилевской птицефабрики, р. Днепр – ниже выпуска СЗАО «Серволукс»); участки рек с выпусками коммунальных предприятий – все остальные.

В подбассейне Pa не выделяем типов. Все выпуски – коммунальных предприятий.

В подбассейне Pb выделяем 4 типа участков рек: участки рек с выпусками предприятий обрабатывающей отрасли (р. Каменка, р. Сха, р. Березина – ниже выпуска Борисовского ремонтно-механического завода, р. Березина – ниже выпуска стеклозавода «Елизово», р. Плисса – ниже выпуска Белорусского автомобильного завода); участки рек с выпусками коммунальных предприятий (р. Березина – ниже выпуска Борисовского водоканала, р. Черница, р. Рова); участки рек с выпусками предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (р. Бобр, р. Плисса – ниже выпуска Жодинской ТЭЦ); участки рек с выпусками сельскохозяйственных предприятий (р. Плисса – ниже выпуска Смолевичской бройлерной птицефабрики).

В подбассейне Pc выделяем 3 типа участков рек: участки рек с выпусками предприятий обрабатывающей отрасли (р. Березина – ниже выпуска Светлогорского химволокна, р. Березина – ниже выпуска «Фандок»); участки рек с выпусками сельскохозяйственных предприятий (р. Березина – ниже выпуска ОДО «МиМ»); участки рек с выпусками коммунальных предприятий – все остальные.

В подбассейне Pl выделяем 5 типов участков рек: участки рек с выпуском предприятий обрабатывающей отрасли (р. Лошица – ниже выпуска ОАО «Камволь», р. Свислочь – ниже выпуска Пуховичской картонной фабрики); участок реки с выпуском предприятий рыболовства, рыбоводства (р. Волма – ниже выпуска рыбхоза «Волма»); участок реки с выпуском сельскохозяйственных предприятий (р. Волма – ниже выпуска ПП «Веска»); участки рек с выпусками коммунальных предприятий (р. Червенка, р. Сяня, канал Млынка, р. Свислочь – ниже выпуска Минской очистной станции, р. Свислочь – ниже выпуска детского санатория «Свислочь», р. Свислочь – ниже выпуска УП «Жилтселсервис КХ»); участки рек с выпусками предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды – все остальные.

В подбассейне IIд выделяем 4 типа участков рек: участок реки с выпуском предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (р. Проня – ниже выпуска УКП «Тепловая энергетика»); участок реки с выпуском сельскохозяйственных предприятий (р. Соболевка); участки рек с выпуском предприятий обрабатывающей отрасли (р. Лобжанка, р. Сож – ниже выпуска Кричевцементошифер, р. Сосновка – ниже выпуска Климовичского филиала ОАО «Мстиславский МСЗ»); участки рек с выпусками коммунальных предприятий – все остальные.

В подбассейне IIе выделяем 4 типа участков рек: участок реки с выпуском предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (р. Сож - ниже выпуска ТЭЦ-1); участок реки с выпуском сельскохозяйственных предприятий (р. Хочемля); участки рек с выпуском предприятий обрабатывающей отрасли (Мильчанская канава, канал в бассейне р. Беличанка – ниже выпусков ОАО «Гомельстекло», р. Сож – ниже выпуска «Гомельдрев»); участки рек с выпусками коммунальных предприятий – все остальные.

Проведенная гидрохимическая типизация рек позволит сравнивать данные о качестве воды по физико-химическим показателям в каждом конкретном случае и получать достоверную оценку влияния сточных вод на качество речных вод с учетом гидрологических и морфометрических характеристик рек, обуславливающих самоочищающую способность водотоков, с одной стороны, и с учетом характера отводимых сточных вод, с другой стороны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фактическое водопользование и отведение сточных вод в Республике Беларусь (за 2010 год) / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, РУП «ЦНИИКИВР». – Минск: ОДО «Экспресс Принт», 2011. – 41 с.
2. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.nsmos.by](http://www.nsmos.by). – Дата доступа: 15.03.2012.

УДК 502.1:54

**Бражников М.М., Кирвель И.И.**

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,  
г. Минск, Беларусь

#### **ХИМИЯ В БОРЬБЕ ЗА ЧИСТОТУ ПРИРОДЫ**

In the message complex use of production wastes of a caprolactam and their processing in water-soluble polymer which is widely used in different branches of a national economy of Byelorussia is shown.

Рациональное использование природных ресурсов, охрана окружающей среды предполагает оптимизацию отношений общества и природы. Одно из направлений такой оптимизации заключается в создании производственных процессов, приближающихся к природным. Идеальной моделью в этом плане является малоотходное и безотходное производство.

В безотходном производстве технологический цикл сырьё – производство – потребление – вторичное сырьё вписан в окружающую природную среду и не нарушает экологическое равновесие. Безотходное производство может быть создано как на одном предприятии, так и на планете в целом. Естественно, и при безотходной технологии неизбежны потери вещества и энергии. Имеются также термодинамические ограничения, не позволяющие всю энергию превращать в работу. Технологический процесс принято считать безотходным, если в ходе его в технологический цикл включается, по аналогии с природным круговоротом, 90 – 98 % перерабатываемого вещества. Для создания таких производств намечились следующие пути: комплексная переработка сырья; разработка новых процессов и схем получения известных продуктов; внедрение бессточных и замкнутых схем водопотребления; использование промышленных отходов; разработка и создание территориально-промышленных комплексов с замкнутой структурой материальных потоков сырья и отходов. Рассмотрим некоторые примеры, иллюстрирующие возможности химии в снижении нагрузки на природу.

*Комплексная переработка сырья.* Наиболее разумный путь использования сырьевых ресурсов, очевидно, заключается в том, чтобы извлекать из них максимум полезных веществ. В этом случае технологический процесс становится практически безотходным.

К примеру, комплексная переработка апатито-нефелиновой руды позволила резко снизить отходы при производстве комплексных удобрений. Это достигнуто за счет флотационного разделения апатито-нефелиновой руды на апатитовый и нефелиновый концентраты. При переработке апатитового концентрата в фосфорные удобрения крупнотоннажным отходом является фосфогипс. В дальнейшем из фосфогипса получают цемент, серную кислоту, гипсовые вяжущие материалы, известь, сульфат аммония и мел. Нефелиновый концентрат идет на производство глинозема, соды, поташа, цемента.

*Новые процессы и схемы получения известных веществ.* Эти схемы отличаются минимальным числом технологических стадий, упрощением процессов и аппаратов.

К примеру, использование геохимических процессов при добыче полезных ископаемых способно избавить от отходов в добывающей промышленности, создать замкнутые технологические циклы.

Развитие сорбционных и экстракционных процессов сделало экономически выгодной добычу ряда металлов путем подземного выщелачивания. Особые преимущества таких способов обнаруживаются при добыче урана, так как в этом случае исключается контакт персонала с радиоактивными спутниками урана – торием-232, радием-226 и продуктами их распада, появляется возможность разрабатывать месторождения с бедными рудами, значительно сокращается количество извлекаемых из недр земли пород, идущих в отходы.

*Рациональное водопотребление.* Химическая и нефтехимическая промышленность все больше ориентируются на технологические процессы с циклическими замкнутыми схемами. Прекращение сброса отходов в виде сточных вод на ряде предприятий становится возможным в результате разработки и внедрения безводных технологий, усовершенствования методов очистки, что обеспечивает повторное использование отработанной воды, замену водяного охлаждения воздушным.

Все большее распространение находят безреагентные методы водоочистки, такие как электродиализ и обратный осмос. Обратный осмос уже используется для очистки воды от поверхностно-активных веществ, деминерализации сточных вод, получения пресной воды в объемах, исчисляемых тысячами кубических метров в сутки.

Создание систем оборотного водоснабжения, предусматривающих повторное использование части отработанной воды, позволило резко сократить объем расходуемой в промышленности пресной воды. Так, если раньше на производство 1 т джаучука ре

требовалось  $2100 \text{ м}^3$ , то в новых промышленных циклах уже  $165 \text{ м}^3$  [1]. Значительно уменьшилось потребление воды при получении важнейших химических продуктов: например, расход воды на производство 1 т аммиака сократилось с 32 до  $8 \text{ м}^3$ ; 1 т серной кислоты – с 77 до  $3 \text{ м}^3$  [1].

На предприятиях химической промышленности доля оборотной и повторно используемой воды выше, чем в других отраслях промышленности. Этого удалось добиться за счет создания энерготехнологических комплексов, где применяются теплота химических реакций и воздушное охлаждение.

*Переработка вторичных ресурсов.* Необходимым условием защиты природной среды является улавливание и переработка отходов. При создании полностью безотходных технологий принципиальная трудность состоит в том, что переработка отходов связана с затратами дополнительной энергии, а производство энергии также сопряжено с загрязнением природной среды, в том числе тепловым. Поэтому практическое применение находят прежде всего те способы переработки, которые требуют относительно небольших энергозатрат, когда, например, отходы одного предприятия служат сырьем для другого. Так, в черной металлургии основные твердые отходы – шлаки. Большая часть шлаков перерабатывается в стройматериалы: гранулированный шлак, шлакопемзы, шлаковаты, шлакоситаллы, добавки к поргланцецементам. Зола теплоэлектростанций также используется как добавка в промышленности стройматериалов – для получения кирпича, бетона, цемента и т.д.

Большое количество осадков, обезвреживание которых позволяет получать ценные продукты, дают городские сточные воды после биохимической очистки. Биохимическое анаэробное брожение активного ила под действием метанобразующих бактерий в метантенках сопровождается образованием газа, содержащего 60 – 70 %  $\text{CH}_4$  и 30 – 40 %  $\text{CO}_2$ . Метан можно использовать в газовых турбинах для получения электроэнергии. Установка газовых турбин сейчас целесообразна при обработке бытовых стоков города с населением не менее 300 тыс. человек. Если перерабатывать таким способом все органические отходы, то метан обеспечит от 8 до 15 % энергетических потребностей человечества [1]. К сожалению, не все отходы удается перерабатывать в полезные вещества. В таком случае, попадая в окружающую природную среду, они должны включаться в естественный круговорот веществ. Если устойчивость отходов по отношению к биологическим редуцентам окажется слишком высокой, то они не будут перерабатываться микроорганизмами и станут накапливаться в среде, что отрицательно скажется на состоянии биосферы. Угроза засорения биосферы такого рода отходами стала реальной в связи с резким увеличением производства полимерных материалов.

Поскольку природа часто не может справиться сама с такой нагрузкой, химия приходит ей на помощь. Например, создаются полимерные материалы со специальными добавками. Отслужив свой век, они легко разрушаются под действием света, тепла или специальных бактерий. Не исключаются также подходы по использованию более глубоких способов переработки вторичных ресурсов. Ярким примером такого решения проблемы может служить организация процесса переработки отходов производства капролактама, производимого на ПО «Полимер» в г. Новополоцке. Первым этапом утилизации отходов полиакрилонитриловых волокон (ПАН) была стадия получения водорастворимого полимера (ВРП).

Первые опытно-промышленные партии ВРП по предложенной в работе [2] технологии были выпущены в Новополоцком ПО «Полимер» еще в 1994 году и использовались для получения окрасочных и герметизирующих составов, применяемых в строительстве, а также при получении медленнодействующих минеральных удобрений, выпускаемых предприятиями концерна «Белнефтехим».

В дальнейшем производство осуществлялось в ОАО «Лесохимик» в г. Борисове, где оно функционирует до настоящего времени, а также и на заводе горного воска в пос. Свислочь Пуховичского района.

Более востребованными оказались этикеточные клеи на основе ВРП, используемые для приклеивания бумажных этикеток на стеклянные и пластмассовые упаковки на предприятиях концерна «Белгоспищепром», а также других министерств и ведомств.

Высокая эффективность малотоннажного производства ВРП и этикеточных клеев обеспечивается устойчивым спросом на последние. Это связано с тем, что они при качественной не уступающей импортным клеям, дешевле их в 2 – 3 раза, что обеспечивает экономическую эффективность их производства.

В дальнейшем на основе «ВРП» были получены полиэлектролитные гидрогели (ПЭГГ). [2] Получение и применение полиэлектролитных гидрогелей (ПЭГГ), обладающих способностью абсорбировать воду и водные растворы в количествах, на 2 – 3 порядка превышающих их собственную массу, является одним из наиболее бурно развивающихся направлений в химии высокомолекулярных соединений. Интерес к полимерным гидрогелям вообще, а к ПЭГГ в особенности, обусловлен главным образом их высокой сорбционной емкостью по отношению к воде и водным растворам. ПЭГГ представляют собой химически или физически сшитые нейтральные или ионогенные гидрофильные полимеры с высоким термодинамическим сродством к воде, благодаря чему они обладают высоким равновесным набуханием в воде и водных растворах ( $10^4 - 10^7$  г/г). Широкое применение находят ПЭГГ в различных областях: в медицине, добыче нефти, строительстве, добыче и обработке полезных ископаемых и др.

Особенно перспективно использование ПЭГГ в сельском хозяйстве в качестве структурообразователей почв. Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур составами, включающими ПЭГГ, повышает стрессоустойчивость растений. Это важно и для Беларуси, климат которой не отличается комфортностью условий. Резкая смена сухого и жаркого периода на сырой и холодный (и наоборот) происходит, как правило, несколько раз за вегетацию. Кроме неустойчивого климата наблюдается еще один стрессор – засуха, которая происходит все чаще. Наличие такого рода условий вызывает необходимость применения веществ, повышающих стрессоустойчивость растений.

ПЭГГ, полярность макромолекул которых обеспечивает хорошую адгезию к поверхности различных частей сельскохозяйственных культур, используются для закрепления на растениях защитных и защитно-стимулирующих составов, используемых при предпосевной обработке семян. В особенности это относится к инкрустации, которая, являясь важной составляющей интенсивных технологий земледелия, в обязательном порядке предполагает использование биотехнических средств, обеспечивающих надежную фиксацию активных компонентов составов (протравители, регуляторы роста, микроэлементы) на поверхности семян. Способность ПЭГГ повышать влагоемкость песков и песчаных почв обеспечивает эффективное влагоснабжение растений в условиях дефицита воды. ПЭГГ, выпускающиеся во многих странах, уже находят применение в земледелии засушливой зоны, борьбе с прогрессирующим опустыниванием и эрозией, решением водных и экологических проблем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кумачев, А.И. Глобальная экология и химия / А.И. Кумачев, Н.М. Кузьменок. – Минск: Университетское, 1991. – 182 с.
2. Круль, Л.П. Водорастворимые полимеры из полиакрилонитриловых волокон и этикеточные клеи на их основе: состояние и перспектива малотоннажного производства / Л.П. Круль, М.М. Бражников [и др.] // Труды БГУ. Химические технологии. – 2008. – Том 3. Часть 2. – С. 46 – 58.

УДК 621.752:629.12:004.9

**Бранцевич Ц.Ю., Базаревский В.Э., Костюк С.Ф.**

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,  
г. Минск

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ**

Article describes the importance of industrial equipment service systems delivery, in accordance with its technical conditions to reduce operation costs. We consider the problems, solved by vibration monitoring systems. We present the constituent elements of the vibration diagnostics systems and their functions.

### *Введение*

В настоящее время на многих предприятиях различных отраслей достаточно активно проводятся мероприятия по энерго- и ресурсосбережению. Экономия электрической энергии, тепла, воды, топлива действительно способствует улучшению экономических показателей предприятий. Однако для достижения реального повышения их эффективности требуется внедрение современных технологий основного и вспомогательного производства.

В общей сумме затрат расходы на эксплуатацию производственного оборудования достигают значительных величин, причем существенную долю в них занимает ремонтно-эксплуатационная составляющая.

Считается, что наиболее изнашиваемым является оборудование с вращательным движением (турбины, генераторы, двигатели, редукторы, насосы, компрессоры, вентиляторы и т.д.). Снизить затраты на его эксплуатацию можно путем внедрения современных систем технического обслуживания, которые базируются на использовании технологий мониторинга параметров технических объектов, оценки состояния, диагностики, прогнозирования развития дефектов. Это позволяет предотвращать аварийные ситуации, вовремя заменять полностью исчерпавшее свой ресурс оборудование, лишь при необходимости проводить его профилактическое обслуживание, ремонт или наладку.

При реализации систем оценки состояния технических объектов, на основе результатов работы которых принимаются управляющие решения, важно оценить и соотнести затраты на ее создание и ожидаемые результаты. Также следует учитывать, что эффект от внедрения будет не очень быстрым.

Состояние производственного оборудования может характеризоваться многими параметрами основных и вторичных процессов, развивающихся при его работе. Для контроля целесообразно выбирать те параметры процессов, которые достаточно хорошо отражают функциональное состояние объектов и не требуют слишком больших затрат на их измерение. В этом плане, для механизмов с вращательным движением, такими являются параметры вибрации [1].

### *Системы вибромониторинга*

В зависимости от важности выполняемых оборудованием функций, его стоимости и величины возможного ущерба при внезапной аварии, реализуют периодический или непрерывный стационарный мониторинг параметров вибрации.

При периодическом мониторинге через некоторые промежутки времени (раз в неделю или месяц) с помощью переносных приборов измеряются параметры вибрации подшипниковых опор, а полученные результаты заносятся в специальный журнал или базу  
20

данных. Важно, чтобы измерения проводились в сопоставимых условиях при одинаковых или близких режимах работы контролируемого оборудования и частоте вращения ротора. В качестве параметров вибрации чаще всего фиксируют среднее квадратическое значение (СКЗ) в нормированной частотной полосе (для механизмов с частотой вращения ротора более 600 оборотов в минуту это 10–1000 Гц), а также, при наличии возможности, определяются амплитуда оборотной составляющей вибрации (составляющая с частотой, равной частоте вращения ротора), интенсивность низкочастотной вибрации, амплитудный спектр. В результате обработки полученных данных отслеживается выход параметров за нормированные допусковые зоны, строятся тренды изменения параметров вибрации для отдельных механизмов. Далее принимаются решения о проведении расширенных обследований вибрационного состояния подозрительных механизмов, планируются мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту. Периодический мониторинг позволяет отследить динамику изменения технического состояния и дать исходные данные для прогнозных оценок, но не дает возможности оперативно отреагировать на внезапные аварийно-опасные ситуации путем отключения оборудования или изменения режимов его работы.

Системы непрерывного стационарного мониторинга внедряют на сложных дорогостоящих агрегатах (турбогенераторах, газоперекачивающих агрегатах и т.п.). Это многоканальная, в большинстве случаев компьютерная, система, определяющая и регистрирующая на каком-то носителе информации значения параметров вибрации через небольшие (не более нескольких секунд) промежутки времени, а также осуществляющая допусковый контроль, выполняющая функции сигнализации и даже защитного отключения. Примером такой системы является измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) серии «Лукомль», разработанный и производимый научно-исследовательской лабораторией вибродиагностических систем БГУИР [2].

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

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

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

- реализация алгоритмов защиты технических объектов по вибрационным параметрам не только по стандартизованным критериям, но и с учетом расширенного числа показателей, индивидуальных особенностей конкретного объекта и обобщенной оценки ситуации на объекте, полученной на основе измерений в нескольких точках контроля. При анализе вибрационного состояния защищаемого объекта учитываются факторы низкочастотной вибрации, высокочастотной вибрации, оборотной составляющей вибрации, изменение вектора оборотной составляющей. Значения конкретных уровней срабатывания защиты устанавливаются индивидуально для конкретного агрегата.

### Системы вибрационной диагностики

На основе анализа вибрационного состояния группы однотипных механизмов при их функционировании на различных режимах, в различном техническом состоянии и на протяжении длительного времени могут быть обоснованы и сформулированы диагностические признаки для локализации мест и причин повышения вибрации. Это создает условия для построения автоматизированных систем оценки технического состояния и диагностики, значительно облегчающих работу инженерно-технического персонала.

Однако практически невозможно разработать подобную универсальную систему, так как каждый тип оборудования имеет свои специфические особенности и характеризуется определенным набором параметров. В связи с этим представляется целесообразным создание обобщенной модели системы оценки технического состояния и диагностирования, которая адаптируется под конкретное применение и может быть представлена следующим набором взаимодействующих элементов.

1. Множество информативно значимых параметров, характеризующих техническое состояние объекта  $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_N\}$ . Например, амплитуды спектральных составляющих вибросигнала на фиксированных частотах, мощность или СКЗ вибрации в полосе частот  $f_n \div f_o$  (может задаваться несколько полос), пик-фактор, эксцесс, асимптота, коэффициент модуляции огибающей вибросигнала, амплитуды оборотных составляющих вибрации и т.д. Параметры выбираются на основе теоретических и экспериментальных исследований, экспертных знаний, эвристических предположений.

2. Множество дефектов, требующих обнаружения, для конкретного механизма  $D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_M\}$ . Конкретный состав этого множества определяется типом механизма, его техническими параметрами, выполняемыми функциями, условиями эксплуатации и т. п.

3. Базовые значения каждого из параметров множества  $P$ , которые соответствуют нормальному (исправному, бездефектному) состоянию исследуемого объекта  $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_N\}$ . Эти значения принимаются: на базе нормативных документов, регламентирующих допустимые уровни вибрации механизмов; на основе исследования вибрационных характеристик достаточно большого количества однотипных механизмов на протяжении продолжительного периода времени; путем теоретических расчетов; в результате проведения натурного или полунатурного моделирования.

4. Подмножества информативно значимых параметров, по изменению которых можно идентифицировать проявление каждого из дефектов, и весовые коэффициенты значимости для каждого признака. Весовые коэффициенты  $\alpha_{d_i}$  принимают значения в диапазоне от 0 до 1.

5. Множество решающих функций для каждого дефекта, отражающих проявление или развитие дефекта. Решающие функции учитывают соотношение текущих и базовых значений информативно значимых параметров и могут быть достаточно разнообразными, например, численными, логическими, на основе нечетких правил, прецедентов.

6. Множество рекомендаций по устранению обнаруженного дефекта и предотвращению его развития. Для каждого дефекта формулируется некоторое множество рекомендаций по его ликвидации или снижению его влияния. Примеры таких рекомендаций: заменить смазку в подшипнике; провести балансировку вала; заменить подшипник; проводить ежедневное измерение параметров вибрации механизма; проверить наличие межвитковых замыканий обмоток двигателя и т.п.

Результатом работы системы вибрационной диагностики является набор рекомендаций для пользователя по устранению выявленного дефекта.

### Заключение

Применение систем вибрационного мониторинга позволяет получать данные об изменении технического состояния механизмов и агрегатов, планировать мероприятия по техническому обслуживанию и ремонтам оборудования и таким образом оптимизировать затраты на их проведение. Стационарные системы мониторинга с функциями сигнализации и защиты помимо этого ориентированы на предотвращение серьезных аварий.

Использование компьютера в качестве базового узла обработки вибрационных данных обеспечивает быструю настройку системы вибрационного контроля под условия применения, гибкость и расширяемость функциональных возможностей.

Задачами вибрационной диагностики является обнаружение зарождающихся дефектов и неисправностей, наблюдение за их развитием и прогнозирование изменения технического состояния. Однако не следует ожидать очень быстрого экономического эффекта от их внедрения, так как требуется определенный промежуток времени на адаптацию системы под конкретное производство и оборудование, а также соответствующую подготовку специалистов и изменение психологии их поведения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков, А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 169 с.
2. Бранцевич, П.Ю. ИВК «Лукомль-2001» для вибрационного контроля / П.Ю. Бранцевич // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 12(69). – С.19-21.

УДК 551.58.57 (476)

Валуев В.Е.<sup>1</sup>, Волчек А.А.<sup>1</sup>, Мешик О.П.<sup>1</sup>, Шпока И.Н.<sup>2</sup>

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

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

### ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

The spatial distribution of the dangerous meteorologic phenomena on territory of Republic Belarus is estimated. The trend analysis of the dangerous meteorologic phenomena is executed. For mapping the information is advised Kriging.

В настоящей работе освещается опыт картографирования на территории Беларуси максимальных суточных величин атмосферных осадков, максимальных и минимальных температур воздуха, относящихся к опасным метеорологическим явлениям (ОМЯ). Построение карты в изолиниях основано на интерполяции данных между эмпирическими точками и экстраполяции картируемой информации на периферию. Допускается, что наблюдаемые в точке (m) и в близлежащих точках значения ОМЯ тесно скоррелированы. Так как картируемая переменная положительно автокоррелирована на малых расстояниях, между точками можно построить непрерывную поверхность. При картографировании ОМЯ на территории Беларуси использована выборка репрезентативных экспериментальных метеоданных по 50 эмпирическим точкам [1]. При наличии данных в рассеянном множестве точек и известной форме вариограммы, независимое значение ОМЯ нами оценивается в любой точке, не принадлежащей выборке (Z). В качестве критерия оценки принят крайгинг [2], который отличают оптимальные статистические свойства. При реализации крайгинга допускается, что карти-

руемая переменная статистически стационарна и свободна от ярко выраженного тренда. Значение в точке (m), не принадлежащей эмпирической выборке, оценивается как средневзвешенное из наблюдённых, т. е. при ограниченном множестве близлежащих контрольных точек. При сумме весов, равной единице, полученная характеристика является несмещённой (при условии отсутствия тренда), т. е. для большого множества оценок средняя ошибка равна нулю, так как положительные и отрицательные отклонения взаимно компенсируются.

Практическое определение значений за пределами точек инструментальных наблюдений осуществляется по крайгингу, обеспечивающему минимальную ошибку оценки. Оптимальные значения весовых коэффициентов находятся решением системы уравнений, в которые включаются значения из вариограммы оцениваемых характеристик при условии, что окончательные оценки являются несмещёнными и имеют минимальную дисперсию. Другие возможные линейные комбинации данных наблюдений не дают оценок с меньшим рассеиванием относительно их истинных значений.

Простой случай крайгинга – оценка ОМЯ ( $X_{ОМЯ}$ ) в точке (m) по трем ближайшим метеопунктам, представлен системой из трех уравнений:

$$\begin{cases} W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) = \gamma(h_{1m}) \\ W_1\gamma(h_{12}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) = \gamma(h_{2m}) \\ W_1\gamma(h_{13}) + W_2\gamma(h_{23}) + W_3\gamma(h_{33}) = \gamma(h_{3m}) \end{cases} \quad (1)$$

где  $\gamma(h_{ij})$  – полувариограмма на расстоянии (h), соответствующем интервалу между контрольными точками i и j.

При известных весах (W) значение оцениваемой переменной в точке (m) устанавливается как

$$\hat{X}_{ОМЯ.m} = W_1 X_{ОМЯ.1} + W_2 X_{ОМЯ.2} + W_3 X_{ОМЯ.3} \quad (2)$$

Оценка дисперсии имеет вид

$$S_e^2 = W_1\gamma(h_{1m}) + W_2\gamma(h_{2m}) + W_3\gamma(h_{3m}) + \lambda \quad (3)$$

Дисперсия оценки является взвешенной суммой полудисперсий для расстояний до точек, использованных в оценивании, и переменной ( $\lambda$ ). На рис. 1 – 3 представлены построенные карты пространственного распределения ОМЯ на территории Беларуси. С целью исключения случайной составляющей выполнено осреднение исходных данных по трем последовательным предельным значениям элементов.

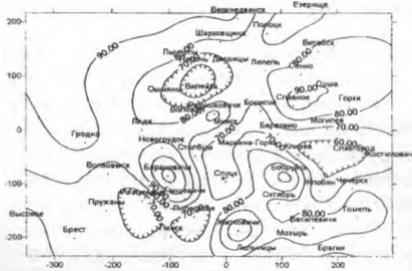


Рисунок 1 – Максимальные осредненные суммарные суммы атмосферных осадков на территории Беларуси, мм



Рисунок 2 – Максимальная осредненная температура воздуха на территории Беларуси, °С



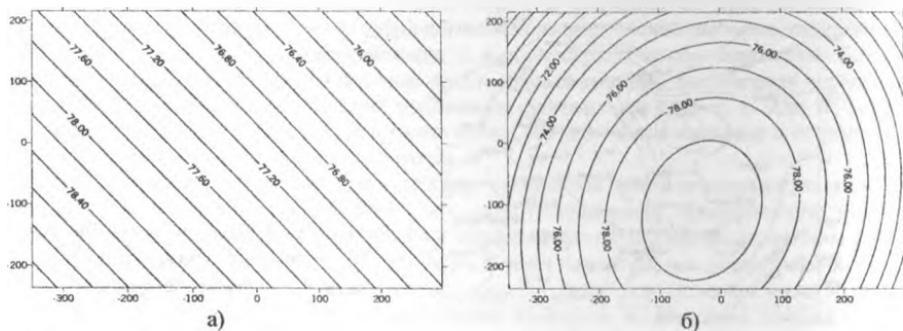


Рисунок 4 – Поверхности тренда максимальных осредненных суточных сумм атмосферных осадков на территории Беларуси, мм: а) линейная; б) полиномиальная

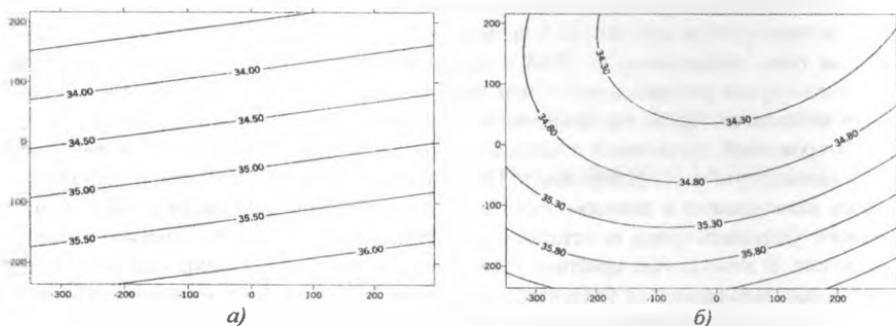


Рисунок 5 – Поверхности тренда максимальной осредненной температуры воздуха на территории Беларуси, °С: а) линейная; б) полиномиальная

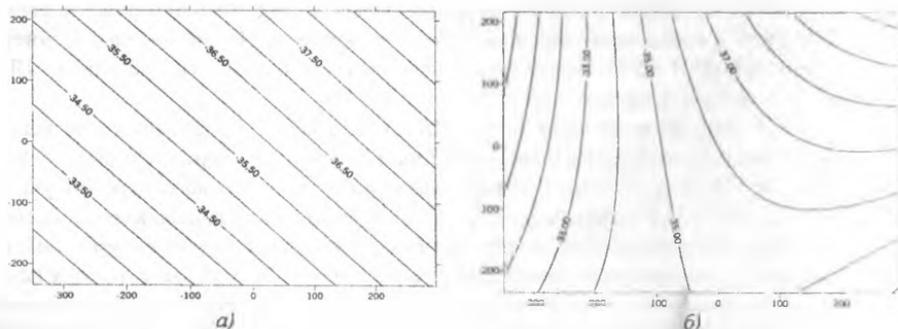


Рисунок 6 – Поверхности тренда минимальной осредненной температуры воздуха на территории Беларуси, °С: а) линейная; б) полиномиальная

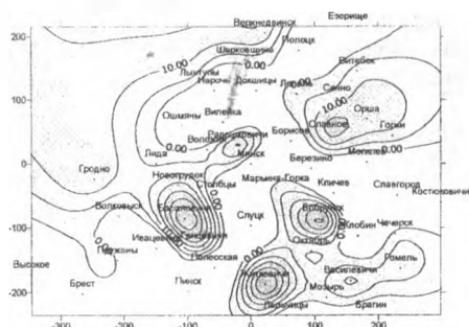


Рисунок 7 – Карта разности максимальных  
средних суточных сумм  
атмосферных осадков (рис. 1) и линейной  
поверхности тренда (рис. 4 а), мм

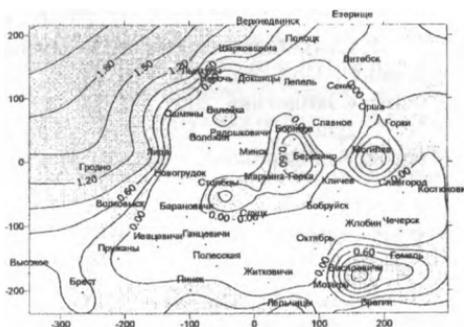


Рисунок 8 – Карта разности  
максимальной средней  
температуры воздуха (рис. 2) и  
линейной поверхности тренда (рис. 5 а), °С

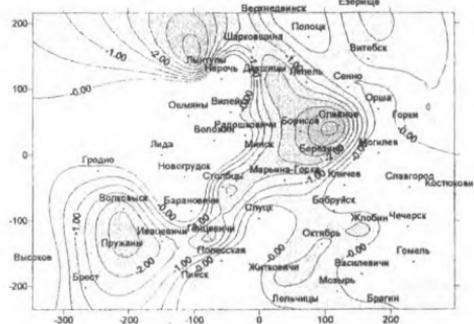


Рисунок 9 – Карта разности минимальной  
средней температуры воздуха  
(рис. 3) и линейной поверхности тренда (рис.  
6 а), °С

При окончательном картировании ОМЯ в систему уравнений (1) вводятся дополнительные переменные, учитывающие трендовую составляющую в пределах локальной поверхности. Выражения тренда связаны географическими координатами контрольных точек и точек, в которых проводится оценка. Оцениваемые точки расположены в узлах прямоугольной сетки, задаваемой, по мере необходимости, с определенным шагом. Скорректированное уравнение (1) позволяет одновременно оценивать как трендовую компоненту, так и регионализированную переменную. Однако при оценке значений в узловой точке необходимо использовать большее количество контрольных точек, в отличие от случая со стационарными переменными, что обеспечивает дополнительные степени свободы при оценке коэффициентов крайгинга. В противном случае, процесс крайгинга приводит к одинаковым оценкам, как для тренда, так и для самой стационарной поверхности.

Анализ поверхностей тренда позволяет выделить глобальные, региональные и локальные составляющие в распределении на территории Беларуси ОМЯ. В выделенных нами районах должны предусматриваться первоочередные комплексные защитные мероприятия, исключающие и снижающие негативное воздействие опасных метеорологических явлений на экономику и окружающую среду Беларуси.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: Справочник / Под ред. М.А. Гольберга. – Минск: Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», 2002. – 132 с.

2. Дэвис, Дж.С. Статистический анализ данных в геологии / Дж. С. Дэвис; под ред. Д.А. Родионова. – Москва: Недра, 1990. – Кн. 2. – 427 с.

УДК 626.8: 005.418 (476)

**Васильев В.В., Шавлинский О.А., Набзоров С.В.**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки

### **ОСОБЕННОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ**

The article deals with a complex of activities in the process of reconstruction of meliorative systems in conditions of north-eastern part of Belarus. These activities will be able to increase the quality of project-cost documentation and the effectiveness of meliorative systems reconstruction.

Несмотря на имеющиеся объективные трудности, реконструкция мелиоративных систем в рамках реализации Государственной программы [1] продолжается. По данным специалистов Департамента по мелиорации и водному хозяйству Минсельхозпрода РБ, в 2011 году введено в эксплуатацию 112 объектов, выполнена реконструкция мелиоративных систем на площади 20,5 тыс. га, новое осушение проведено на площади 0,6 тыс. га [2].

Анализ проектных материалов, а затем и реализуемых на практике решений по реконструкции мелиоративных систем показывает, что в условиях северо-восточной части Республики Беларусь при этом выполняются следующие основные мероприятия: комплексы работ по приведению в порядок открытой осушительной сети, ремонт и усиление регулирующего действия закрытого дренажа, организация поверхностного стока, культуртехнические работы и освоение мелиорируемых земель, ремонт ранее построенных ГТС и строительство новых переездных и регулирующих сооружений, ремонт внутрихозяйственных дорог. Применение вышеуказанных мероприятий во многом оправдано, так как в зависимости от того, насколько они учитывают природные условия и характер почвенного покрова, процессы антропогенной эволюции в используемых земледельцами почвах могут протекать в направлении окультуривания или деградации. При этом эффективность использования земель во многом зависит от их контурности. В среднем по Беларуси размер контура пахотных земель составляет 12,2 га, сенокосных – 4,3, пастбищных – 3,9 и в целом сельскохозяйственных земель – 7,0 га. На общем фоне по размерам контуров пахотных земель сильно контрастирует Витебская область, где средний размер контура пахотных земель составляет 6,0 га, сенокосных – 1,6, пастбищных – 2,4, а в среднем сельскохозяйственных земель – 3,8 га. Контурность пахотных земель сказывается, в конечном счете, на производи-

тельной способности земель. Так, например, на рабочих участках, имеющих размер до 2 га, наблюдается снижение урожайности на 26 – 28% [3]. В условиях же северо-восточной части Беларуси, где преобладают связные почвы, на каждые 100 га приходится до 60 и более замкнутых понижений, расчленяющих пашню на участки неправильной конфигурации. При этом на пашне вокруг них образуются огрехи и необработанные участки, которые активно зарастают сорной растительностью. Основное количество таких замкнутых понижений (западин) имеют площади до 0,2 га, а средняя их площадь составляет 0,01 га. До двух, а иногда и трех месяцев в западинах застаивается поверхностная вода. При невозможности их обработки западины быстро зарастают древесно-кустарниковой растительностью [4]. Традиционные способы осушения таких земель систематическим дренажем всегда были трудоемкими и энергозатратными и, как следствие, малоэффективными. Поэтому при мелиорации таких земель целесообразно применять выборочный дренаж в сочетании с агромелиоративными приемами обработки почвы и мероприятиями по организации поверхностного стока [5]. Проведенные исследования способов осушения таких земель в условиях северо-восточной части Беларуси показали, что одним из наиболее эффективных способов является засыпка замкнутых понижений с устройством через седловину ложбины стока без дополнительных мероприятий. Исследования были проведены в 2008 – 2011 гг. на мелиоративном объекте в СПК «Мазоловский» Мстиславского района Могилевской области. При этом изучалось 9 различных способов мелиорации земель с западным рельефом. В частности было установлено, что при реконструкции мелиоративных систем на минеральных слабопроницаемых почвах не рекомендуется применять фашинный дренаж в связи с его низкой эффективностью осушения и недолговечностью.

Еще одной особенностью хозяйственных и экономических мероприятий при реконструкции мелиоративных систем в условиях северо-восточной части Беларуси является учет фактора водной эрозии. Ведь лессовидные суглинки относятся к эрозионно-опасным землям. В процессе выполненных исследований водная эрозия почвы наблюдалась на участках, осушаемых, как правило, выборочным дренажем, где поверхность почвы имела перепады отметок до 7 – 8 м. На протяжении периода наблюдений с 2008 г. по 2011 г. водная эрозия увеличивалась с каждым годом, и в некоторых местах глубина размыва составляла 30 – 40 см. Опыты и расчеты [6] показали, что ежегодные потери почвы от водной эрозии составляют 18 – 20 т/га, гумуса – 190 – 200 кг/га, азота – 24 – 26, фосфора – 8 – 10, калия – 65 – 70 и кальция – 250 – 300 кг/га. Урожайность многолетних трав на слабоэродированных почвах снижается на 10 – 20, среднее – на 20 – 30% и сильно – в 1,5 – 2 раза.

Нормальное ведение производства в земледелии предполагает внесение на 1 га пашни 15 – 20 т органических и 230 – 250 кг действующего вещества минеральных удобрений. Фактически из-за недостатка ресурсов их вносится в 1,5 – 2 раза меньше. Таким образом, заметно снижается эффективность использования мелиорированных земель, а достижение на них проектной урожайности становится иногда нереальной задачей. В то же время опыт и практика показывают, что на полях с более мощным пахотным слоем лучше используются питательные вещества удобрений, повышается эффективность всех других проводимых мероприятий, складываются хорошие условия роста, развития растений и созревания урожая, создаются условия для минимизации обработки почвы. Исследования и расчеты [6] показывают, что с увеличением мощности пахотного слоя на 1 см масса его возрастает примерно на 120 – 130 т/га, а

запас органического вещества (при содержании по гумусу 2,5%) - на 3,1 – 3,3 т. Пахотный слой в 30 – 40 см может поглотить и удержать без переувлажнения 30 – 50% талых вод и ливневые осадки в 50 – 60 мм. В таком слое оптимальное содержание воздуха устанавливается на 20 – 22 дня раньше, объем общей пористости увеличивается на 50 – 55 м<sup>3</sup>/га в расчете на 1 см мощности [6]. Проведенные исследования подтвердили, что 30 см слой лессовидных суглинистых почв при применении различных способов осушения может поглотить и удержать без переувлажнения примерно 40% талых вод, аккумулировать и отвести ливневые осадки. Поэтому в проекты реконструкции мелиоративных систем на таких почвах обязательно следует закладывать мероприятия по углублению обрабатываемого и созданию мощного пахотного слоя. Вместе с тем следует отметить, что при всех обстоятельствах необходима ликвидация компактности подзолистого горизонта, перемешивания его с нижележащими слоями и создание в конечном счете более мощного (25 – 35 см) однородного по плодородию слоя почвы с новыми улучшенными качествами. При этом также следует иметь в виду, что основу севооборотов на периодически переувлажняемых связных минеральных почвах должны составлять зерновые культуры и многолетние травы. Максимальный выход продукции обеспечивает структура посевных площадей, включающая 3 – 4 поля зерновых в 8 – 9 – польном севообороте и примерно столько же многолетних трав [6]. В проведенных нами исследованиях мелиорированные земли использовались под овес, озимую пшеницу, тритикале и кукурузу на силос. С увеличением степени увлажнения и содержания глинистых частиц в почве доля многолетних трав должна увеличиваться, а зерновых и пропашных культур уменьшаться.

Учет указанных выше мероприятий при проектировании мелиоративных мероприятий позволит повысить качество проектно-сметной документации и эффективность реконструкции мелиоративных систем в условиях северо-восточной части Беларуси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011 – 2015 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 авг. 2010, №1262. – Минск: Беларусь, 2010.
2. Готовы к серьезной работе, резервы для роста имеются // Живая вода. 2012. – 11 февр. №6 (856). – С. 1.
3. Земля Беларуси. 2001: справочное пособие / И.М. Багдевич [и др.]; под ред. Г.И. Кузнецова. – Минск, 2001. – 120 с.
4. Заленский, В.А. Обработка почвы и плодородие / В.А. Заленский, Я.У. Яроцкий – Минск: Беларусь, 2004. – С. 261–262.
5. Брусиловский, Ш.И. Мелиорация минеральных почв тяжелого механического состава / Ш.И. Брусиловский – Минск: Ураджай, 1981. – 267 с.
6. Кулеш, С.В. Основные направления окультуривания и рационального использования периодически переувлажняемых связных минеральных почв Белорусского Поозерья / С.В. Кулеш, В.С. Куратник, П.П. Курачонок, В.В. Кучко, Н.Е. Коржич // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: материалы Международн. науч.-практ. конф., Горки, 4 – 5 июня 1999 г. / БГСХА. Горки: БГСХА, 1999. – Ч. 1. – С. 82–86.

УДК 66.081-032.22 (678.664)

**Васильева В.С., Выдумчик С.В., Гавриленко О.О., Ксенофонтов М.А.,  
Островская Л.Е., Понарядов В.В.**

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем  
им. А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, г. Минск

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОГЛОТИТЕЛИ НЕФТЕПРОДУКТОВ: ИЗДЕЛИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА**

In this work efficient composite with membrane structure which absorbing petroleum oil is described. It is shown, that the sorption of the nonpolar and polar hydrocarbon molecules is determined with fluidstructured elements, the last being the transport channels for the penetration of the sorbate molecules in the volume of the foampolymer

Большие объемы передвижения нефти и нефтепродуктов становятся причиной техногенных аварий, приводящих к загрязнению водных артерий. Разливы нефтепродуктов часто связаны с труднодоступностью мест аварий и сложностью сбора нефтепродуктов, расплывшихся тонкой пленкой по водной поверхности. Нефтепродукты наносят значительный урон окружающей среде. Известно, что 2 г нефти в килограмме почвы делают ее непригодной для жизни растений и почвенной микрофлоры, а 1 л нефти лишает килограда 40 тыс. л воды, 1 т нефти загрязняет 12 кв.км водной поверхности.

Одним из самых эффективных методов уменьшения негативных последствий техногенных воздействий на окружающую среду в результате аварийных разливов нефти и нефтепродуктов является использование специальных сорбционных материалов и изделий из них, которые отличаются друг от друга внешним видом, плотностью, сорбционной емкостью, плавучестью, способностью удерживать поглощенные углеводороды и т.д.

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

Полученный материал представляет собой пористый полимерный композит с мембранной структурой, гидрофобная полимерная матрица которого содержит полярные уретановые, амидные, сложноефирные, простые эфирные, мочевиные группы, а также ароматические и алифатические радикалы, что обуславливает их эффективную сорбцию как неполярных, так и полярных углеводородных молекул. Газоструктурные элементы являются транспортными каналами, по которым молекулы сорбата проникают вглубь пеноматериала. Особенности химического строения и геометрии газоструктурных элементов пенополимера обеспечивают его уникальные свойства.

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

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

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



Рисунок 1 - Состав комплекса оборудования для производства сорбента Пенопурм®

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

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

Эффективность сорбента Пенопурм® обусловлена особенностями физико-химического строения полимерной матрицы полиуретанов, состоящей из полимерных блоков различной химической природы, в которых содержатся гибкие сегменты полиэфира и

жесткие ароматические уретановые участки, а также большое количество полярных групп. Наличие открытых пор в пенопласте обеспечивает доступ сорбируемого вещества внутрь сорбента, что приводит к извлечению сорбата не только за счет адсорбции (поглощения поверхностью), но и в результате абсорбции (поглощения всем объемом пенополимера). По-видимому, пенополиуретаны сорбируют растворяя поглощенные вещества в своих мембранах, причем почти вся полимерная матрица пенопласта принимает участие в сорбции. Многообразие функциональных групп полимерной матрицы обуславливает возникновение межмолекулярных ван-дер-ваальсовых и водородных связей, различающихся между собой природой и величиной энергии взаимодействия.

*Изделия из сорбента Пенопурм<sup>®</sup> выпускаются в виде пластин, крошки, пластин в сетке, крошки в сетке, бонов-сорбентов со сменным поглощающим блоком и т.д., притом каждое изделие эффективно при определенных условиях эксплуатации.*

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

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

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

Разработанные технология и специализированное оборудование готовы для осуществления промышленного производства различных изделий из сорбента Пенопурм и широкого внедрения их в локальных очистных сооружениях, отстойниках и для ликвидации разливов нефтепродуктов и очистки твердых поверхностей.

УДК 631.432:62

**Волк П.П., Шалай С.В., Рокочинский А.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г.Ровно, Украина

## **ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ДРЕНАЖА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

The approach, which allows evaluating the influence of drainage operation on formation the economic and environmental effect on drained land areas, is shown

В современных условиях развития гидромелиораций приоритетной задачей является реконструкция и модернизация существующего наличного мелиоративного фонда, с учетом современных экономических и экологических требований, в том числе и на осушаемых землях. Для этого необходима разработка научно обоснованных подходов, основанных на комплексе прогнозно-оптимизационных моделей по расчету конструкций и параметров сельскохозяйственного дренажа.

Одной из главных задач при разработке моделей такого вида является определение влияния работы дренажа на формирование экономического эффекта с учетом изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условий [1,2,3].

В свою очередь, определение экономического эффекта заключается в долгосрочном прогнозе климатических условий местности, водного режима почв, процессов развития и формирования урожая выращиваемых культур в условиях работы дренажа в весенний и вегетационный периоды.

В общем случае урожайность определяют или прогнозируют на основе моделей развития и формирования урожая выращиваемых культур [1]. Особая актуальность разработки таких моделей на мелиорируемых землях обусловлена тем, что главной задачей гидромелиораций является комплексное регулирование условий развития выращиваемых культур и, в первую очередь, водно-воздушного режима почв. Вотворых, урожай культур при этом выступает как один из важнейших критериев эффективности гидромелиораций в целом.

С учетом особой актуальности и сложности создания моделей урожайности необходимо отметить наличие значительного количества различных по характеру и уровню разработок как в нашей стране, так и за ее пределами (М.А.Багров, Е.П.Галимин, П.И.Закржевский, П.И.Ковальчук, Н.А.Лазарчук, Э.Митчерлих, Ю.М.Никольский, В.П.Остапчик, В.А.Платонов, Р.О.Полужтов, О.Д.Сиротенко, Дж. Стюарт, Р.Дж.Ханкс, А.Ф.Чудновский, В.В.Шабанов, В.Ф.Шебеко, А.М.Янголь, и др.). Многие из них ориентированы на возможность их использования в производстве. Однако эти модели, полученные на эмпирическом, в лучшем случае на эмпирико-функциональном уровне, не отвечают в достаточной мере требованиям практичности их использования в прогнозно-оптимизационных расчетах по обоснованию конструкции и параметров ГМС и их основных регулирующих элементов, в том числе дренажа осушительных систем.

Поэтому, с учетом поставленной задачи, для нас представляет интерес модель долгосрочного прогноза эффективной урожайности, разработанная на кафедре гидромелиораций НУВХП [1,4,5]. В ее структуре учтен весь основной спектр множественных изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условий, присущих мелиоративным объектам, в весенний и вегетационный периоды.

Согласно [5,6], эта модель в общем виде может быть представлена как

$$Y_{\text{итп}}^F = Y_{\text{итп}}^F \cdot \prod_{i=1}^n K_i = Y_{\text{итп}}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $Y_{\text{итп}}^F$  - климатически обеспеченная урожайность за вегетацию  $k$ -й культуры;

$K_1$  - коэффициент снижения урожайности по бонитету почвы ( $0 \leq K_1 \leq 1$ );

$K_2$  - коэффициент увеличения урожайности по внесенным удобрениям, ( $K_2 > 1$ , но  $0 < K_1, K_3 \leq 1$ );

$K_3$  - коэффициент снижения урожайности при отклонении срока сева или возобновления вегетации от оптимальных значений ( $0 \leq K_3 \leq 1$ );

$K_4$  - коэффициент влияния природно-мелиоративных условий (климата  $\omega$ ,  $p$  и технологий водорегулирования  $s$ ) периода вегетации культуры на формирование урожайности ( $0 \leq K_4 \leq 1$ );

$K_5$  - коэффициент снижения урожайности при отклонении срока уборки от оптимальных значений ( $0 \leq K_5 \leq 1$ );

$K_6$  - коэффициент уменьшения урожайности за счет потерь при уборке и транспортировке ( $0 < K_6 < 1$ ).

Важной составляющей модели (1) является коэффициент  $K_3$ , который характеризует влияние работы дренажа на формирование урожая в весенний основной расчетный период. В соответствии с результатами исследований, изложенными в [4,5], рекомендуется принимать показатель  $K_3 = 1$  для стадии проекта мелиоративных объектов в случае, если конструкция и параметры дренажа обеспечивают требуемый водно-воздушный режим почвы в посевной период. По методу В.Г. Муранова [6], этот показатель может определяться по эмпирической зависимости через связи потерь урожая сельскохозяйственных культур вследствие отклонения сроков их сева и возобновления вегетации от оптимальных значений [7]. Однако данные подходы не позволяют дифференцировать урожайность культур в соответствии с возможными вариантами конструкций и параметров дренажа с учетом множественных природо-агро-мелиоративных условий реальных объектов [3].

Поэтому для решения данной задачи необходимо установить связь в подсистеме вида *урожай (Y) ↔ модуль дренажного стока (q)* в весенний период, которая является составляющей более общей системы *урожай (Y) ↔ модуль дренажного стока (q) ↔ расстояние между дренами (E)* [8] в виде функции.

$$Y = f_1(q). \quad (2)$$

Функция (2), ввиду ее чрезвычайной сложности, прямого решения не имеет, поэтому по аналогии с [1] нами введен коэффициент  $K_d$ , изменяющейся в интервале [0,1] и характеризующий влияние работы дренажа в весенний расчетный период на формирование урожая в относительном виде каждой культуры проектного севооборота в зависимости от ее вида, урожайности и рентабельности.

Тогда

$$K_d = f_2(q), \quad (3)$$

а

$$Y = f_3(K_d). \quad (4)$$

Для реализации функции (4) может быть использован уже апробированный подход [1], устанавливающий связь урожайности выращиваемых культур с определяющими составляющими продуктивного процесса (фотосинтез, водопотребление и т.п.) и соответствующими факторами влияния внешней среды (водно-воздушный режим, температурный, питательный и др.). Эта связь имеет *s*-подобный характер в интервале предельных и оптимальных значений определяющих факторов влияния и, согласно [1], может быть аппроксимирована возрастающей ветвью данной нормированной кривой с одним максимумом в виде тригонометрической функции в интервале изменения аргумента  $x \leq x \leq x^0$

$$y = 0,49 - 0,385 \arctg(A - Bx), x \leq x \leq x^0, \quad (5)$$

в которой

$$A = \frac{3,65(0,9x^0 + x)}{x^0 - x}, B = \frac{7,3}{x^0 - x} \quad (6)$$

В выражениях (5), (6) приняты следующие обозначения: *y* - нормированная функция (имеет решение в интервале [0,1]); *x* - аргумент функции; *A*, *B* - коэффициенты кривых;  $x$ ,  $x^0$  - соответственно начало и экстремальная точка (где  $y = 1$ ) определения аргумента.

Поэтому, по аналогии и в развитие [6,8] нами получена аналогичная кривая, описывающая связь коэффициента  $K_d$  влияния работы дренажа на формирование урожая с величиной модуля дренажного стока  $q_r^0$

$$K_d = 0,49 - 0,385 \arctg(328 - Bq), 0 \leq q \leq q_r^0 \quad (7)$$

при

$$B = 7,3/q_r^0, \quad (8)$$

где  $q_r^0$  - значения модуля дренажного стока для каждой культуры севооборота соответствующих уровней эффективности работы дренажа совокупности  $\{r\}, r = \overline{1, n}$ , ( $r = 1$  - экологический,  $r = 2$  - технологический,  $r = 3$  - экономический,  $r = 4$  - критический) [8];

Исходя из общей постановки оптимизационной задачи относительно конструкции и параметров сельскохозяйственного дренажа, главным требованием к функции связи между параметрами эффекта (урожая) и модулем дренажного стока (или коэффициентом  $K_d$ ) является необходимость определить изменчивый оптимум урожайности в соответствии с уровнем эффективности его работы.

Для этого нами предлагается функцию (3) реализовать как семейство кривых с изменчивым определением точки «оптимальной» урожайности культуры проектного севооборота ( $K_d = 1$ ) в зависимости от соответствующих значений параметров модуля дренажного стока с учетом разных уровней работы дренажа  $q_r^0, r = \overline{1, n}$ , (рис. 1).

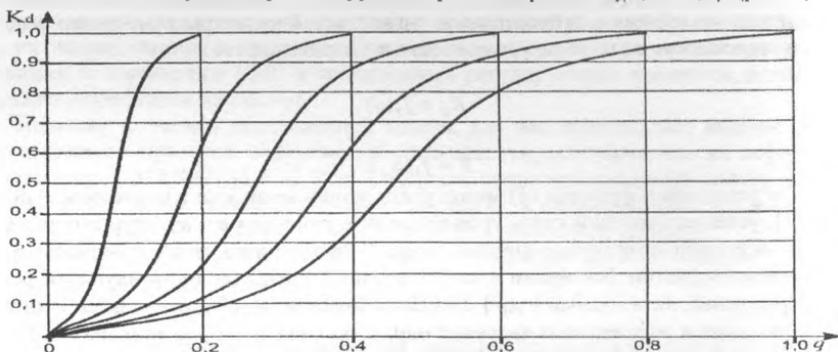


Рисунок 1 – Семейство кривых, описывающих зависимость коэффициента влияния работы дренажа  $K_d$  на формирование урожая культур от величины модуля дренажного стока  $q_r^0, r = \overline{1, n}$ , соответствующего уровня эффективности

Тогда показатель  $K_3$  в модели (1) предлагается рассматривать как  $K_3 \equiv K_d$ .

Таким образом, рассмотренный подход дает возможность установить влияние работы дренажа на формирование продуктивности осушаемых земель в весенний период. Это позволит получать дифференцированные значения показателей урожайности (экономической эффективности), отвечающие соответственным вариантам конструкции и параметров дренажа с учетом множественных изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условий исследуемого объекта, из которых впоследствии определяется оптимальный.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо регулюваних осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія / За редакцією академіка УААН. Ромашенка М.І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351с.
2. Волк, П.П. Обґрунтування необхідності удосконалення методів оптимізації конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях / П.П. Волк, А.М. Рокочинський // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво, вип. 34, міжвідомчий науково-технічний збірник. – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 83–88.
3. Волк, П.П. Оптимізація конструкції і параметрів сільськогосподарського дренажа з урахуванням методу обґрунтування проекційної урожайності на осушуваних землях на основі довгострокового прогнозу / П.П. Волк, В.Г. Мурапов, А.Н. Рокочинський // Сб. матеріалів Міжнародної науч.-практ. конф. – М.: ФГОУ ВПО МГУІ, 2009. – Ч.1. – С.93–97.
4. Шалай, С.В. Оцінка продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом: Монографія / С.В. Шалай, А.М. Рокочинський – Рівне: НУВГП, 2011. – 149 с.
5. Тимчасові рекомендації з обґрунтування ефективної проекційної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем. – Рівне, 2004. – 43 с.
6. Волк, П.П. Урахування впливу строків сівби та відновлення вегетації сільськогосподарських культур при оптимізації конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу / П.П. Волк, А.М. Рокочинський // Збірник наукових праць. – Випуск 1 (53). – Рівне, 2011. – С.11–16.
7. Лазарчук, М.О. Оптимізація розрахунку осушувальних систем та управління ними: Монографія / М.О. Лазарчук, А.В. Черенков, А.М. Рокочинський – Рівне: НУГП, 2010 – 354 с.
8. Волк, П.П. Передумови до обґрунтування модуля дренажного стоку в оптимізаційних розрахунках сільськогосподарського дренажу на еколого-економічних засадах / П.П. Волк, А.М. Рокочинський // Міжнародна науково-технічна конференція «Інтегроване управління меліоративними ландшафтами». – Херсон. 24-27 серпня 2011р. – С.101–103.

УДК: 628.316

**Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

### **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА**

The problem of pollution of water by synthetic surfactants is described in the article. Possible methods of sewage purification are discussed by the authors.

За последние годы широкое применение синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) обусловило появление в сточных водах нового вида загрязнений. Специфические свойства СПАВ вызывают серьезные затруднения при очистке сточных вод химическими и биохимическими методами, следствием чего является увеличение загрязнения воды поверхностных и подземных источников.

Такое положение определило интенсивное развитие серьезных научных исследований по изучению специфических особенностей этого вида загрязнения и изысканию путей его предотвращения.

В настоящее время существуют следующие методы очистки сточных вод, содержащих в своем составе СПАВ:

#### *1. Очистка воды адсорбцией на углях*

Адсорбенты, применяемые для очистки воды, должны удовлетворять ряду требований: иметь большую сорбционную емкость; обладать высокой механической прочностью; легко регенерироваться; иметь низкую стоимость. Большая поверхность адсорбции свойственна веществам и материалам, обладающим сильно развитой пористой структурой или находящимся в тонкодисперсном состоянии.

При разработке способов очистки воды с помощью активированных углей следует учитывать, что эти адсорбенты целесообразно применять на стадиях доочистки вод, содержащих небольшие концентрации СПАВ (не более 100-200 мг/дм<sup>3</sup>).

#### *2. Очистка воды с помощью ионообменных смол и полимерных адсорбентов*

Крупные органические ионы, как правило, поглощаются ионитом с высокой степенью избирательности. Сорбция ионитами протекает более эффективно из разбавленных растворов с содержанием СПАВ менее 100 мг/дм<sup>3</sup>. Учитывая также высокую стоимость ионитов и их дефицитность, очистка воды от СПАВ методом ионного обмена может рекомендоваться лишь в тех случаях, когда к воде предъявляются повышенные требования в части отсутствия СПАВ [8, 6].

#### *3. Очистка сточных вод коагуляцией*

В основном рассматривается эффективность таких коагулянтов, как серноокислый алюминий, серноокисное железо.

Удаление СПАВ в малых концентрациях требует значительных затрат. Так, при содержании анионных СПАВ 1-20 мг/л для достижения эффекта очистки 98,3% вводится коагулянт в концентрации 30-1000 мг/л, добавлением каустической соды значение pH поддерживается в пределах 5-10, после чего подмешивается сульфат натрия 200-5000 мг/л и после коагуляции 1-50 мг/л полиэлектролита. Путем пенной сепарации происходило разделение фаз, и перешедшие в пену СПАВ выводятся из системы [5].

#### *4. Очистка воды пенообразованием*

Наибольшее распространение для извлечения ПАВ получили приемы, использующие их высокую пенообразующую способность. Присутствие в водных растворах самых разнообразных поверхностно-активных веществ, т.е. веществ, способных понижать поверхностное натяжение, при встряхивании или при пропуске пузырьков газа (воздуха) приводит к образованию пены [6].

Большое влияние на степень извлечения СПАВ оказывает их концентрация в сточных водах. Пенное концентрирование СПАВ эффективно и уместно лишь при извлечении малых количеств СПАВ в результате резкого увеличения объема пенного продукта с ростом концентрации вещества.

#### *5. Применение электрохимических методов для очистки сточных вод*

Как показывает практика применения электрохимических методов, они обладают существенными преимуществами перед традиционными методами обработки воды. И в первую очередь они дают возможность в большинстве случаев отказаться от применения реагентов, реагентного хозяйства, что наряду со снижением стоимости электроэнергии позволяет прогнозировать на ближайшее время еще более широкое их распространение [9, 10].

Небольшие концентрации ПАВ (около 100 мг/л) удаляют электрокоагуляцией без добавления нейтрализующих агентов.

#### *6. Физические методы*

К ним относятся электрогидравлический, ультразвуковой, электростатический, радиационный и магнитный методы, причем два последних имеют хорошую перспективу внедрения для повышения эффективности ранее рассмотренных методов очистки от СПАВ.

#### *7. Биохимический метод*

Удаление СПАВ в процессе биохимической очистки сточных вод, как и любых органических соединений, происходит преимущественно за счет биохимического разпада этих веществ.

При определении предельно допустимых концентраций СПАВ в сточных водах, поступающих на сооружения биохимической очистки, следует учитывать нормы предельно допустимого их содержания в воде водоемов. Исходя из норм на водоемы санитарно-бытового назначения, требования по удалению анионных СПАВ на 80% при исходном их содержании в городских сточных водах порядка 20 мг/дм<sup>3</sup> потребуют разбавления очищенных сточных вод водой водоемов примерно в восемь раз, т.е. близкого к требованию по разбавлению сточных вод, исходя из показателя БПК. Предполагаемый норматив для неионогенных СПАВ порядка 0,05 мг/дм<sup>3</sup> из-за их высокой пенообразующей способности потребует введения многоступенчатой очистки и с учетом технико-экономических факторов почти невыполним [4].

#### *8. Окисление СПАВ озоном*

Озон является наиболее сильным из известных природных окислителей, экологически чистым и универсальным методом обработки воды. Имеет высокую растворимость и активно вступает в реакцию с органическими и неорганическими веществами и при этом экологически совершенно безвреден, потому что его время жизни в воде не превышает нескольких минут и, выполнив свои полезные функции, он превращается обратно в кислород, из которого был образован. Это уникальное качество озона и является причиной того, что его используют как окислитель в подавляющем большинстве систем очистки воды во многих странах мира [7, 11].

Технология озонирования, основанная на деструктивных процессах, позволяет проводить очистку производственных сточных вод от биологически трудноокисляемых органических соединений и токсичных примесей, таких как: нефтепродукты (ароматические, непредельные и терпеновые углеводороды), фенол, бензапирен, цианиды, пестициды, стирол, ацетофенон, бактерии, вирусы, цисты, сине-зелёные водоросли и т.д. При контакте с озоном они претерпевают полную деструкцию. Озон требует малого времени контакта, улучшает органолептические свойства обработанной воды [3].

Озонирование является одним из перспективных методов очистки сточных вод от СПАВ. В результате его использования образуются продукты, которые не являются токсичными и не воздействуют отрицательно на естественные био- и гидрохимические процессы в открытых водоемах, куда их сбрасывают. Считается целесообразным использовать озонирование для удаления низких концентраций ПАВ (4,5 мг/л), хотя имеются предложения по использованию этого метода и в случае значительно более высоких концентраций (до 200 мг/л).

Для эффективного проведения озонирования необходимо подбирать определенные условия: pH среды, время контакта, концентрацию окисляемых ПАВ. Так, при озонировании сточных вод с концентрацией СПАВ 26 мг/л в щелочной среде (pH = 9-10) полное

разложение достигалось уже в первые 3-5 мин, в слабокислой среде ( $\text{pH} = 5,0$ ) скорость озонирования в 5-6 раз меньше. При концентрации СПАВ 14 мг/л полное разложение происходит за 1-3 мин при концентрации озono-воздушной смеси в сточных водах 9,5-15,0 мг/л и  $\text{pH} > 8,0$ .

В последнее время приобретает все большее значение использование редокс-систем, в которых озон сочетается с другими окислителями. Это позволяет не только повысить эффективность очистки сточных вод, но и снизить расход окисляющих агентов. Эффективность редокс-систем с озоном повышается за счет введения в раствор гетерогенных и гомогенных катализаторов и может быть связана с тем, что озон выступает как интенсивный источник радикалов, тогда как редокс-партнер участвует в реакциях продолжения цепи в радикально-цепном механизме окисления органических веществ [1, 2]. Перспективным является совместное применение метода деструкции синтетических поверхностно-активных веществ озоном и пероксидом водорода.

Сочетание озонирования с другими методами деструкции СПАВ, например, с обработкой пероксидом водорода, делает озонирование одним из наиболее перспективных методов не только в экологическом, но и в гигиеническом и экономическом аспектах.

Экономически применение озона и пероксида водорода оправдано еще и тем, что после озонирования сточных вод необходимо применение более низких доз коагулянтов, повышается скорость и глубина очистки, разрушаются токсические вещества, деструкция которых не достигается другими методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скурлатов, Ю.И. Введение в экологическую химию / Ю.И.Скурлатов, Г.Г.Дука, А.Мизити – М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.
2. Сычев, А.Я. Каталитические реакции и охрана окружающей среды / А.Я.Сычев, С.О.Травин, Г.Г.Дука, Ю.И.Скурлатов – Кишинев, 1983. – 271 с.
3. Мунтер, Райн. Очистка промышленных стоков / Райн Мунтер // Использование и менеджмент водных ресурсов. Программа Балтийского университета – Уппсальский университет, 2003. – С. 219-236.
4. Лукиных, Н.А. Очистка сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества / Н.А.Лукиных. – М.: Стройиздат, 1972. – 98 с.
5. Жуков, А.И. Методы очистки производственных сточных вод / А.И.Жуков, К.Л.Монгайт, И.Л.Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1977. – 204 с.
6. Яковлев, С.В. Очистка производственных сточных вод / С.В.Яковлев – М.: Стройиздат, 1986. – 336 с.
7. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д.Разумовский, Г.Е.Заиков. – М.: Наука, 1974. – 172 с.
8. Кирсанов, А.Г. Охрана окружающей среды на предприятиях бытового обслуживания: Справочное пособие / А.Г.Кирсанов, Н.И.Миташева – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 240 с.
9. Петряев, Е.Н., Власов В.И., Сосоновская А.А. Новые методы очистки сточных вод / Е.Н.Петряев, В.И.Власов, А.А.Сосоновская // Обзorn. Информ. Мин.: Белорус. НИИНТИ., 1985.
10. Кульский, Л.А. Очистка воды электрокоагуляцией / Л.А. Кульский, П.П. Строчак, В.А. Слипченко. – Киев: Будівельник, 1978. – 112 с.
11. Демидюк, В.И. Разложение озона на твердых поверхностях / В.И.Демидюк, С.Н.Ткаченко, Г.В.Егорова, М.П.Попкович, В.В.Лунин // Третий Международный конгресс “Вода: экология и технология”. Тезисы докладов. – Москва, 1998. – С.649-650.

УДК 349.4.008.6(476)

Волчек А.А., Бирук Е.Н.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Now, in connection with climatic changes, the requirement for forecasting of productivity of agricultural crops sharply increases. We had been used a method of regressive analysis of time numbers for forecasting of productivity of potato.

Климат – это природный ресурс, оказывающий большое влияние на жизнь человека. Получение высоких урожаев является составляющей стабильного экономического развития страны. Для получения хороших урожаев необходимо учитывать агроклиматические ресурсы территории. В настоящее время происходит изменение климата и одновременно увеличение неблагоприятных метеорологических явлений, поэтому прогнозирование урожайности становится необходимым, оно позволяет установить пространственно-временные закономерности формирования урожайности и их зависимости от климатических факторов.

Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур применяются различные методы. В данной работе использован регрессионный анализ временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур на примере озимой ржи, поскольку данный метод, как подтверждает практика, наиболее адаптирован к условиям Брестской области.

Регрессионный анализ проводится с использованием стандартной гидролого-климатической информации. Исходными данными являются:

– многолетние ряды наблюдений за урожайностью озимой ржи с 1960 по 2009 гг. – данных Министерства статистики и анализа Республики Беларусь об урожайности культур;

– материалы Республиканского гидрометеоцентра о среднемесячных количествах осадков, среднемесячных температурах воздуха и запасах почвенной влаги 50 см слоя почвы по 16 районам Брестской области.

Урожайность описывается выражением:

$$Y(t) = Y_{\phi}(t) \pm \Delta Y(t), \quad (1)$$

где  $Y(t)$  – планируемая урожайность в расчетном году, ц/га;  $Y_{\phi}(t)$  – фоновый урожай в том же году, ц/га;  $\pm \Delta Y$  – отклонение фактической урожайности от фоновой, ц/га.

Влияние технологических факторов, с достаточной точностью описывается многочленом второй степени:

$$Y_{\phi}(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c. \quad (2)$$

Данное уравнение описывает фоновую урожайность. Разность между фактической урожайностью и фоновой составляет отклонения, определяющиеся погодными условиями.

Динамика погодной составляющей урожайности  $\pm \Delta Y(t)$  представлена в виде аддитивной функции.

$$\pm \Delta Y(t) = u(t) \pm \eta(t), \quad (3)$$

где  $u(t)$  – детерминированная функция;  $\eta(t)$  – случайная составляющая.

Периодическая составляющая или тренды погодной составляющей урожайности описываются с помощью различных статистических методов:

$$u(t) = f(\Delta P_i, \Delta T_i, \Delta W_i), \quad (4)$$

где  $\Delta P_i$  – отклонение атмосферных осадков от нормы в  $i$ -тый интервал времени;  $\Delta T_i$  – отклонение температуры воздуха в  $i$ -тый интервал времени;  $\Delta W_i$  – отклонение влагозапасов 50 см почвы в  $i$ -тый интервал времени.

Случайная составляющая урожайности сельскохозяйственных культур определяется вероятностным методом:

$$\pm \eta(P_k) = \pm \bar{\eta}(\Phi_{R_k} C_V + 1), \quad (5)$$

где  $\bar{\eta}$  – среднее значение случайной составляющей урожайности, ц/га;  $\Phi_{R_k}$  – числа Фостера расчетной обеспеченности;  $C_V$  – коэффициент вариации.

С помощью стандартных статистических методов находят значения средней величины случайной составляющей ( $\bar{\eta}$ ) для благоприятных ( $P < 50\%$ ) и неблагоприятных ( $P > 50\%$ ) лет, коэффициенты вариации ( $C_V$ ) и асимметрии ( $C_S$ ). По найденным параметрам строится теоретическая кривая обеспеченности. Далее при помощи таблицы случайных чисел, путем розыгрыша, моделируются значения обеспеченности ( $P_i$ ). Таким образом, имея ограниченный объем информации, можно получить, при принятом законе распределения, временной ряд урожайности практически неограниченной длины.

При проведении регрессионного анализа вегетационный период для озимой ржи был принят сентябрь – декабрь предыдущего года и январь – июль текущего.

Основной зерновой культурой в Брестской области является озимая рожь (12,3 % от общей посевной площади). Так, удельный вес озимой ржи в общей посевной площади Пинского района составляет более 16 %, Барановичском, Столинском и Брестском районах - 5 - 10 %, остальных районах Брестской области - 10 - 17 %.

В урожайности озимой ржи можно проследить тренд увеличения урожайности с середины 80-х до конца 90-х. Причиной этого является совершенствование технологий, посевного материала и удобрений. В конце 90-х годов во всех районах наблюдается постепенный спад урожайности, при этом средняя урожайность по области составляла 21,6 ц/га, а максимальная урожайность наблюдалась в Столинском районе в 1987 году и составила 45,4 ц/га.

В таблице 1 представлены коэффициенты уравнения 2-й линии тренда фактической урожайности.

Таблица 1 – Коэффициенты линии тренда (формула 2)

Район	Коэффициенты регрессии			Коэффициент корреляции
	a	b	c	
Барановичский	-0,022	1,4481	3,4053	0,84
Березовский	-0,025	1,5919	3,0150	0,85
Брестский	-0,023	1,5875	1,7248	0,85
Ганцаевичский	-0,026	1,5076	3,2540	0,76
Дрогичинский	-0,025	1,6914	1,0733	0,88
Жабинковский	-0,028	1,7459	0,2760	0,86
Ивановский	-0,020	1,4429	4,1181	0,84
Ивацевичский	-0,023	1,4455	2,9632	0,82
Каменецкий	-0,028	1,6908	1,4505	0,86
Кобринский	-0,024	1,5494	2,1315	0,84

Продолжение таблицы 1

Лунивецкий *	-0,030	1,6948	3,3778	0,81
Ляховичский	-0,024	1,5541	3,9229	0,86
Малоритский	-0,024	1,4478	2,1200	0,81
Пинский	-0,026	1,5887	3,6048	0,83
Пружанский	-0,027	1,5716	2,4376	0,84
Столинский	-0,024	1,5669	5,3779	0,82

По полученным уравнениям тренда была определена фоновая урожайность.

Брестская область располагает благоприятными агроклиматическими и почвенными условиями для выращивания озимой ржи. Максимальная фоновая урожайность в большинстве районов находится в пределах 50 – 60 ц/га, а в Дрогичинском районе она выше 60 ц/га. Меньшая урожайность наблюдается в Ганцевичском, Жабинковском и Малоритском районах. Она находится в пределах 40 – 50 ц/га. Наименьшая урожайность озимой ржи в Барановичском районе, где максимальная урожайность не достигает и 40 ц/га.

Следующим этапом исследования стало описание погодной составляющей урожайности рассматриваемых культур уравнением (4) полиномом первой степени. Полученные итоговые уравнения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уравнения детерминированной функции

Район	Уравнение	R
Барановичский	$u(t) = -0,39 + 0,42\Delta T_2 - 1,5 \Delta T_6 + 0,46 \Delta T_{11} - 0,02\Delta P_7$	0,58
Березовский	$u(t) = -0,37 + 0,45\Delta T_2 - 1,43\Delta T_6 + 0,98 \Delta T_9 - 0,02\Delta P_7$	0,64
Брестский	$u(t) = 0,02 + 0,83\Delta T_6 + 0,54\Delta T_8 - 0,94\Delta T_9$	0,43
Ганцевичский	$u(t) = -0,36 + 0,42\Delta T_2 - 1,5 \Delta T_6 - 1,6\Delta T_9 - 0,02\Delta P_7$	0,61
Дрогичинский	$-0,35 + 0,49\Delta T_2 - 1,26 \Delta T_6 - 1,28\Delta T_9 - 0,03\Delta P_7$	0,58
Жабинковский	$u(t) = 0,02 + 0,46\Delta T_3 - 0,62 \Delta T_4 - 0,91\Delta T_9 - 0,07\Delta P_4$	0,51
Ивановский	$u(t) = -0,14 + 0,47\Delta T_3 - 0,93 \Delta T_4 - 1,05\Delta T_6 - 1,21\Delta T_9 + 0,04\Delta P_{10}$	0,67
Ивацевичский	$u(t) = -0,06 + 0,45\Delta T_2 - 0,98 \Delta T_4 - 1,05\Delta T_6 - 1,06\Delta T_9$	0,64
Каменецкий	$u(t) = -0,29 + 0,43\Delta T_3 - 1,1 \Delta T_6 - 0,07\Delta P_1 - 0,04\Delta P_{12}$	0,51
Кобринский	$u(t) = -0,29 + 0,43\Delta T_2 - 0,98 \Delta T_6 - 1,28\Delta T_9 + 0,48\Delta T_{12} - 0,04\Delta P_7$	0,57
Лунивецкий	$u(t) = -0,14 + 0,58\Delta T_2 - 0,9 \Delta T_4 - 1,37\Delta T_6 + 1,73\Delta T_9 - 0,06\Delta P_7$	0,70
Ляховичский	$u(t) = -0,29 + 0,46\Delta T_3 - 1,93\Delta T_6 - 0,07\Delta P_5$	0,65
Малоритский	$u(t) = -0,2 + 0,41\Delta T_3 - 0,87 \Delta T_6 - 1,16\Delta T_9 - 0,03\Delta P_7$	0,46
Пинский	$u(t) = -0,32 + 0,42\Delta T_2 - 1,09 \Delta T_6 - 1,41\Delta T_9 - 0,04\Delta P_7$	0,59
Пружанский	$u(t) = -0,16 + 0,31\Delta T_2 - 1,03 \Delta T_6 - 1,04\Delta T_9 - 0,03\Delta P_9$	0,57
Столинский	$u(t) = -0,5 + 0,7\Delta T_2 - 1,33 \Delta T_6 - 1,61\Delta T_9 + 0,64\Delta T_{11} + 0,63 \Delta T_{12} -$	0,74

Примечание:  $\Delta T$  – отклонение месячной температуры воздуха от нормы,  $\Delta P$ ,  $\Delta W$  – то же, соответственно, атмосферные осадки и влажность 50 см слоя почвы; индекс обозначает номер месяца, начиная с января.

Из таблицы 2 видно, что на урожайность озимой ржи влияют осадки мая, июля, сентября и температуры февраля, марта, апреля, июня, сентября, ноября и декабря. Температуры апреля и июня в уравнениях имеют знак «-», так как сильная засуха может привести обмен веществ к стерильности цветочной пыльцы и задержке образования эндосперма.

Из уравнений видно, что на формирование урожая озимой ржи наибольшее влияние оказывают отклонения температур холодных месяцев, когда определяются условия перезимовки. В более теплое время образуются генеративные органы, и определяется полная спелость культуры.

Полученные уравнения позволяют описать урожайности озимой ржи во всех районах Брестской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полевой А.Н. Динамическая модель формирования урожая картофеля // Метеорология и гидрология. – 1978. - №7. - С. 79-85.

2. Полевой А.Н. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности картофеля на ЕТ СССР / А.Н. Полевой, Т.А. Гопчарова [и др.] – М.: Гидрометеоиздат. – 1980. – 65 с.

3. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1984. – Т. 1. – 309 с.

УДК [551.82:556.53(476.7)]0.63

**Волчек А.А., Волчек Ан.А., Коренец Г.В.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОГРАФОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Changing of hydrographs' parameters of spring flood on rivers of Belarusian Polesye during a period since 1968 till 2005 is discussed in the article.

##### *Введение*

Весеннее половодье – это основная фаза гидрологического режима рек Полесья. Трансформация паводков водохранилищами, расчет гидротехнических сооружений, вопросы эксплуатационной службы, установление зон и длительностей затопления и подтопления сельскохозяйственных угодий – таков далеко не полный перечень мероприятий, требующих знания календарного хода стока в период паводков. А с проблемой наводнений в период паводков в той или иной мере приходится сталкиваться практически на всех реках Полесья.

Цель настоящего исследования является анализ особенностей формирования весеннего половодья на реках Белорусского Полесья.

##### *Исходные данные и методика исследования*

В основу работы положены материалы многолетних наблюдений (1968 – 2008 гг.) Республиканского Гидрометцентра, опубликованных в материалах государственных кадастров по 6 водомерным постам: Припять – г. Мозырь ( $A=101000 \text{ км}^2$ ); р. Ясельда – с. Сеннин ( $A=5110 \text{ км}^2$ ); р. Лань – с. Мокрово ( $A=2160 \text{ км}^2$ ); р. Случь – с. Лепин ( $A=4480 \text{ км}^2$ ); р. Птичь – с. Дарангово ( $A=2030 \text{ км}^2$ ); р. Оресса – с. Андреевка ( $A=3580 \text{ км}^2$ ).

Метод исследования включает в себя обработку, анализ и интерпретацию данных сравнительно-графическими методами и методами визуального сравнения.

*Обсуждение результатов исследований.* В ходе анализа режима рек за период с 1968 по 2008 гг. построены гидрографы для каждого года по 6 рекам Белорусского Полесья. Формы гидрографов за рассматриваемый период классифицировались по трем категориям: одновершинные, двухвершинные и невыраженные, их процентное соотношение приведено в таблице 1, а их динамика – на рисунке.

Таблица 1 – Соотношение форм гидрографов (%) Белорусского Полесья за период с 1968 по 2008 гг.

Река – створ	одновершинные	двухвершинные	невыраженные
р. Лань – Мокрово	20	6	74
р. Оресса – Андреевка	16	21	63
р. Припять – Мозырь	40	14	46
р. Птичь – Дарангово	26	5	69
р. Случь – Ленин	39	11	50
р. Ясельда – Сенин	14	11	75
Итого	26	11	62

Как видно из таблицы 1, преобладают невыраженные гидрографы (62 %), наибольшее число невыраженных гидрографов наблюдалось на р. Лань – с. Мокрово (74 %) и р. Ясельда – с. Сенин (75 %), что связано с созданием водохранилищ, которые и срезают пики половодья. Одновершинные гидрографы наблюдались на р. Припять – Мозырь (40 %) и р. Случь – Ленин (39 %). Двухвершинные гидрографы наблюдаются редко, меньше всего на р. Птичь – Дарангово (5 %).

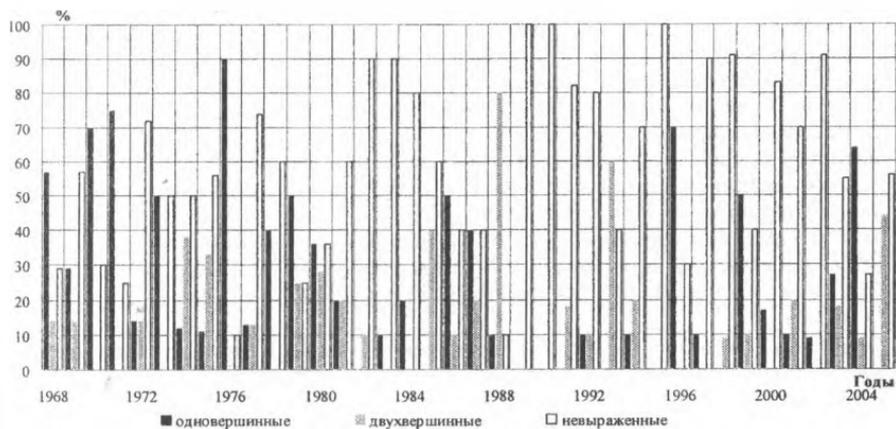


Рисунок 1 – Классификация гидрографов весеннего половодья рек Белорусского Полесья за период с 1968 по 2008 гг.

Наибольшее количество двухвершинных гидрографов наблюдалось в 1988 г. (80 %), несколько меньше в 1993 г. (60 %), из 38 лет наблюдений 14 лет не наблюдались двухвершинные гидрографы, а 16 лет встречались не более чем на 20 % исследуемых створов. Количество одновершинных гидрографов уменьшилось с начала 80-х гг. прошлого столетия, однако наблюдались годы с большим количеством классических одновершинных гидрографов: так, например, в 1986 г. их было 50 %, в 1987 г. – 40 %,

в 1996 г. – 70 %, в 1999 г. – 50 %, в 2004 г. – 64 %. До 1981 г. наблюдалась обратная картина, когда в основном преобладали одновершинные гидрографы, например, в 1970 г. их было 91 %. Количество невыраженных гидрографов увеличивается и порой достигает 90 % и более: 1997 г. – 90 %, 1998 г. – 91 %, 2002 г. – 91 %.

Визуальный анализ гидрографов рек Белорусского Полесья показал, что существенных изменений в форме гидрографов не наблюдается. Можно отметить некоторую трансформацию формы гидрографов, вызванную антропогенными и климатическими факторами. Например, в форме гидрографа весеннего половодья на всех реках наблюдаются уменьшение степени островершинности, вызванное созданием водохранилищ, крупномасштабными мелиоративными работами, зарастанием пойм и др.

Помимо формы гидрографа, значительный интерес представляет изменение объема весеннего половодья. За анализируемый период произошло уменьшение объема воды весеннего половодья, о чем свидетельствуют линии тренда. Среднее значение объема воды весной за период с 1968 по 2005 гг. составило на р. Припять – Мозырь – 110602 млн м<sup>3</sup>, р. Ясельда – Сенин – 6640 млн м<sup>3</sup>, р. Лань – Мокрово – 2652 млн м<sup>3</sup>, р. Случь – Ленин – 7456 млн м<sup>3</sup>, р. Оресса – Андреевка – 4264 млн м<sup>3</sup>.

Максимальные значения объемов весеннего половодья за рассматриваемый период были на р. Припять – Мозырь в 1970 г (859768 млн м<sup>3</sup>), р. Ясельда – Сенин в 1968 г. (41697 млн м<sup>3</sup>), р. Лань – Мокрово в 1977 г (12761 млн м<sup>3</sup>), р. Случь – Ленин в 1968 г. (34970 млн м<sup>3</sup>), р. Оресса – Андреевка в 1968 г (25306 млн м<sup>3</sup>).

С 1990 г. объемы весеннего половодья значительно уменьшились. Так на р. Припять – Мозырь средний объем весеннего половодья уменьшился в 3 раза, на р. Ясельда – Сенин в 6 раз, на р. Лань – Мокрово в 2 раза, на р. Случь – Ленин в 2,5 раза, на р. Оресса – Андреевка в 2 раза.

Исключение составляет 1999 г., когда весеннее половодье было дружным и наблюдался наибольший объем, на р. Припять объем в этом году составил 228130 млн м<sup>3</sup>, на р. Лань – 14700 млн м<sup>3</sup>, на р. Случь – 28600 млн м<sup>3</sup>, на р. Оресса – 9940 млн м<sup>3</sup>.

За рассматриваемый период произошло уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья. Среднее значение расхода воды весной за период с 1968 по 2008 гг. составил на р. Припять – Мозырь – 1370 м<sup>3</sup>/с, р. Ясельда – Сенин – 67,8 м<sup>3</sup>/с, р. Лань – Мокрово – 34,9 м<sup>3</sup>/с, р. Случь – Ленин – 95,0 м<sup>3</sup>/с, р. Птичь – Дарангово – 22,5 м<sup>3</sup>/с, р. Оресса – Андреевка – 54,1 м<sup>3</sup>/с. Максимальные значения расходов весеннего половодья наблюдений на р. Припять – Мозырь в 1979 г. (4310 м<sup>3</sup>/с), р. Ясельда – Сенин в 1971 г (230 м<sup>3</sup>/с), р. Лань – Мокрово в 1970 г. (423 м<sup>3</sup>/с), р. Оресса – Андреевка в 1970 г. (119 м<sup>3</sup>/с).

Основной причиной вызвавшей уменьшение объема и максимальных расходов весеннего половодья являются современные климатические изменения. В целом устойчивое потепление климата в республике наблюдается с 1988 года. Среднегодовая температура в республике возросла за последние 20 лет на 1,1 °С [1]. Среди других особенностей изменения климата Полесья наблюдается наибольший рост температуры в зимний период и первые весенние месяцы, а также нарастание потепления в последнее десятилетие. Кроме того, уменьшение величины снегозапасов и толщины льда на реках, незначительное увеличение атмосферных осадков за период снеготаяния, залесенность водосбора р. Припять и ее притоков составляет 25 %, наличие больших массивов низинных болот, создание искусственных водоемов способствуют уменьшению объемов и расходов весеннего половодья.

Осушение болот и заболоченных земель как антропогенные воздействия влияют на естественный ход формирования весеннего половодья. Значительная площадь бассейна (23 %) в пределах Беларуси по состоянию на 01.01.2006 г. мелиорирована, сдаю в экс-

платуацию около 56000 км открытой осушительной сети каналов. Наиболее масштабные мелиоративные работы (осушение) проведены в бассейнах притоков р. Припять: р. Пина (35 %), р. Неслуха (47 %), р. Ясельда (32 %), р. Бобрик (30 %), р. Цна (22 %), р. Горынь (12 %), р. Лань (24 %), р. Случь (25 %), р. Уборть (14 %), р. Птичь (24 %).

В таблице 2 представлены наиболее значительные половодья за период наблюдения. 1970, 1979, 1999 гг. – очень многоводные годы (2, 5 и 10 % обеспеченности).

В результате исследований, было установлено, что начало и пик весеннего половодья постепенно смещаются на более ранние даты. Если раньше датой начала половодья считали вторую декаду марта, то теперь это – начало марта. Смещение составляет 15 – 20 суток. В то время как окончание весеннего половодья постепенно смещается на более поздние даты. Если раньше половодье заканчивалось в середине мая или начале июня, то теперь оно заканчивается в начале июня. Смещение окончания половодья составляет 15 – 20 суток.

Таблица 2 – Максимальные расходы и уровни воды весеннего половодья рек Белорусского Полесья различной обеспеченности

Река - пост	1970 г.			1979 г.			1999 г.		
	Обеспеченность, %	Максимальный уровень воды, см	Максимальный расход воды, м <sup>3</sup> /с	Обеспеченность, %	Максимальный уровень воды, см	Максимальный расход воды, м <sup>3</sup> /с	Обеспеченность, %	Максимальный уровень воды, см	Максимальный расход воды, м <sup>3</sup> /с
р. Припять - Мозырь	5	485	4140	2	529	4310	7	657	3270
р. Ясельда - Снеин	5	202	198	7	218	164	24	247	78,7
р. Случь - Ленин	2	246	423	5	229	283	10	294	207
р. Оресса - Андреевка	2	258	119	5	239	86	7	263	85,9

Средняя продолжительность весеннего половодья на реках Белорусского полесья составляет 70 – 90 дней: на р. Припять – Мозырь – 97 дней, р. Ясельда – Снеин – 94 дня, р. Лань – Мокрово – 82 дня, р. Случь – Ленин – 70 дней, р. Оресса – Андреевка – 74 дня. В отдельные годы продолжительность весеннего половодья может достигать до 150 дней (1999 г): на р. Припять – Мозырь – 147 дней, р. Ясельда – Снеин – 102 дня, р. Лань – Мокрово – 113 дней, р. Случь – Ленин – 103 дня, р. Оресса – Андреевка – 107 дней.

На основании тенденций в смещении дат начала пика и окончания весеннего половодья с 1968 по 2008 гг. получены прогнозные оценки этих параметров на 2020 г. По прогнозным оценкам, к 2020 г. весеннее половодье станет еще более пологим и растянутым. Начало половодья сместится на более ранние сроки на 5-7 суток с началом в первых числах марта. Пик половодья также сместится на более ранние сроки на 5-7 суток и придется на первую декаду марта. Окончание весеннего половодья сместится на более поздние сроки (до 15 суток) и продлится до середины июня.

#### Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что произошла некоторая трансформация формы гидрографа рек Белорусского Полесья. Вместе с формой гидрографа весеннего половодья произошло уменьшение объемов и максимальных расходов весеннего половодья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Природная среда Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн., 2002. – 424 с.

УДК 550.34 (476)

**Водчек А.А., Волчек Ан.А., Лукша В.В., Шведовский П.В.**  
УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## **ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БЕЛАРУСИ**

Peak and frequency characteristics of spectral decomposition of a spring high water flow of four basic rivers of Belarus on time interval in 134 years and two allocated periods 1937-1968 and 1969-2000 periodicity of a river flow are considered. Comparison of this periodicity for two allocated periods is established.

При проведении мелиоративных работ и гидротехническом строительстве необходимо иметь четкое представление о значениях максимальных расходов воды весеннего половодья, а также об периодичности их изменения. Анализ максимальных расходов воды весеннего половодья рек, а также последствий наводнений является одним из приоритетных направлений современной гидрологической науки. Исследования последних лет показывают, что речной сток имеет тенденцию к изменению. Причем, если годовой, минимальный летне-осенний и зимний стоки рек Беларуси увеличиваются, то максимальный сток весеннего половодья имеет тенденцию к снижению. Это вызвано увеличением количества оттепелей, что значительно увеличивает минимальный зимний сток [1].

Целью данной работы является изучение динамики периодов колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Беларуси. При этом рассматриваются отрезки ряда, различающиеся степенью антропогенного воздействия на сток и типом атмосферной циркуляции.

Одним из наиболее наглядных методов исследования внутренней структуры временных рядов считается спектральный анализ, основанный на разложении функций, графически представляемых как колебательный процесс, в ряд Фурье.

В качестве исходных данных для анализа периодов колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья использованы временные ряды продолжительностью 134 года (1877-2010 гг.) основных рек Беларуси: Припять – г. Мозырь, Неман – г. Гродно, Западная Двина – г. Витебск и Днепр – г. Речица. Восстановление недостающих данных наблюдений осуществлялось методом множественной корреляции с использованием рек-аналогов. Выполнено продление временного ряда путем погодичного восстановления пропущенных (или недостающих) наблюдений с помощью программного комплекса «Гидролог» [2].

Практическая реализация спектрального анализа заключается в аппроксимации с любой точностью заданной функции  $H$  на интервале времени  $t$  с помощью конечного набора гармонических составляющих, т.е.

$$H(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m (a_n \cdot \cos n \omega_1 t + b_n \cdot \sin n \omega_1 t) \quad (1)$$

или

$$H(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m (A_n \cos(n \omega_1 t - \varphi_n)), \quad (2)$$

где  $n$  – номер гармоники;  $\omega_i = 2 \cdot \pi \cdot f_i$  – угловая частота повторения;  $a_0$ ,  $a_n$  и  $b_n$  – коэффициенты ряда Фурье;  $m$  – число гармоник;  $A_n$  и  $\varphi_n$  – соответственно амплитуда и начальная фаза  $n$ -ой гармоники.

Коэффициенты  $a_n$  и  $b_n$  для дискретных числовых рядов определяются по формулам:

$$a_n = \frac{2}{N} + \sum_{i=1}^N (y_i \cdot \cos \omega_i \cdot \Delta t), \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{N} + \sum_{i=1}^N (y_i \cdot \sin \omega_i \cdot \Delta t), \quad (4)$$

где  $N$  – число членов ряда на интервале  $T_n = 1/f_n$ ;  $\Delta t$  – отрезок времени между соседними членами ряда.

Конечная цель спектрального анализа – нахождение спектральной функции  $D=f(\omega)$ , описывающей распределение дисперсии  $D$  исходного ряда по различным частотам  $\omega$ . Амплитудно- и фазово-частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ) спектра определяются по формулам [4]:

$$A_n(f) = \sqrt{a_n^2(f) + b_n^2(f)}, \quad (5)$$

$$\varphi(f) = -\arctg\left(\frac{b_n(f)}{a_n(f)}\right). \quad (6)$$

Как известно, величины  $A_n$  и  $D_n$  взаимосвязаны ( $D_n = A_n^2/2$  для крайних и  $D_n = A_n^2$  для промежуточных значений  $n$ ), с практической точки зрения важнее представляется провести анализ АЧХ-спектра, определяющие конкретные значения амплитуд годовых расходов воды на различных частотах. Так как выделяемые на АЧХ гармоники в реальном природном процессе могут быть нестабильными и с течением времени возможно изменение АЧХ, оптимальный вариант – построение АЧХ-спектра для одних и тех же точек на последовательных временных интервалах [4].

Построены периодограммы АЧХ максимального стока весеннего половодья крупных рек Беларуси, рассчитанные с помощью уравнений (3), (4) и (5). Их анализ показывает, что в рядах максимального стока весеннего половодья явно присутствуют циклы 20 и 40 лет, за исключением реки Неман, для ряда которой возможно выделение менее значительных циклических колебаний приблизительно в 17 и 25 лет. Большая часть «пиковых» циклов для всех рассматриваемых рек приходится на периоды до 20 лет. Выделенные 40-летние циклы, амплитуда которых для Припяти сопоставима с менее короткими циклами (до 20 лет), показывают, что, в среднем, для крупных рек Беларуси колебания максимальных расходов воды весеннего половодья имеют 40-летнюю цикличность в вековом разрезе.

Отличие формы периодограмм для различных рек характеризует условия формирования максимальных расходов воды весеннего половодья. Так, например, водосбор Припяти имеет существенные отличия стокоформирующих (рельефных, гидрогеологических и климатических) факторов от водосборов других рек, что влияет на дружность весеннего половодья и соответственно на цикличность стока.

Для более детального выяснения значений наиболее существенных периодов в короткоциклической структуре колебаний амплитуд построены периодограммы максимального стока весеннего половодья для периодов до 20 лет. Здесь можно отметить существенную синхронность хода периодограмм по всем рассматриваемым рекам, то есть короткопериодические циклы более взаимосвязаны нежели длиннопериодические.

При этом большая часть выделенных циклов сосредоточена в промежутке от 2 до 5 лет, что дает возможность говорить о достаточной нестабильности в процессах формирования максимальных расходов воды весеннего половодья. Это, в первую очередь, связано с быстротой прохождения половодья и появления пика половодья.

Для более детального изучения циклов максимальных расходов воды весеннего половодья и выделения их временной трансформации значения исследуемых расходов воды были разделены на две группы, соответствующие 32 годам наблюдений – 1937-1968 и 1969-2000 годы. За оба рассматриваемых периода выделенные циклы представлены в таблице 1.

*Таблица 1 – Циклы колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья для основных рек Беларуси*

Река – створ	Циклы за период	
	1937-1968 гг.	1969-2000 гг.
Припять – г. Мозырь	2,29; 2,67; 3,56; 5,33; 8,00	2,91; 4,00; 10,7
Неман – г. Гродно	2,29; 3,56; 5,33	2,91; 4,00; 8,00
Западная Двина – г. Витебск	2,13; 2,91; 3,56; 5,33; 8,00	2,13; 2,67; 4,00; 8,00
Днепр – г. Речича	2,13; 2,29; 2,91; 5,33; 8,00	2,91; 4,00; 8,00

Анализ таблицы показывает, что за период 1969-2000 гг. по сравнению с 1937-1968 гг. произошла трансформация цикличности максимального стока весеннего половодья. Так, если за период 1937-1968 гг. доминировали циклы в 3,56 и 5,33 года, то за период 1969-2000 гг. выделяются более выдающимися являются 4-летние циклы. Для всех рек, за исключением Припяти, произошло уменьшение амплитуды короткопериодичных циклов (до 4 лет). В то же время для Днепра периодограммы для двух рассматриваемых периодов идут синхронно с довольно существенным (до 2,5 раз) уменьшением амплитуды. Наиболее «нарушенный» ход имеют периодограммы для Припяти.

Существенное уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья в бассейне Припяти (до 50%) связано с большой антропогенной нагрузкой на речной сток. Крупномасштабные мелиоративные работы внесли изменения во внутrigодовое перераспределение стока. Поэтому для Припяти характерны смещения цикличности, особенно для периодов до 4 лет.

С использованием спектрального анализа максимальных расходов воды весеннего половодья выявлена цикличность колебаний речного стока основных рек Беларуси. Для всего ряда наблюдений отмечаются длиннопериодичные (20 и 40 лет) циклы, что обусловлено вековыми колебаниями водности рассматриваемых рек.

При разделении ряда на два периода: с ненарушенными условиями формирования стока – 1937-1968 гг. и практически с начала крупномасштабных мелиораций – 1969-2000 гг. и последующем построении периодограмм для двух рассматриваемых периодов выявлены нарушения цикличности максимальных расходов воды весеннего половодья, особенно для Припяти. И если изменения годового стока для Припяти несущественны, как, впрочем, и цикличность, то для максимального стока весеннего половодья эти изменения за второй рассматриваемый период носят трансформированный характер, т.е. антропогенное вмешательство повлияло в большей степени на внутrigодовое распределение стока.

В целом для исследуемых рядов максимального стока весеннего половодья преобладают циклы в 2, 4, и 8 лет, что практически не отличается от результатов, полученных нами ранее с использованием спектрально-временного анализа других независимых методов оценки межгодовой изменчивости модулей речного стока [5].

Дальнейшие исследования будут направлены на выявление цикличности минимальных летних и зимних расходов воды с целью получения полной картины внутригодовой трансформации речного стока.

Практическое применение полученных результатов возможно при прогнозировании максимальных расходов весеннего половодья рек Беларуси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчек, А.А. Пространственная структура изменения весеннего половодья рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша, Ан.А. Волчек // Экологические проблемы природно-технических комплексов: тез. докл. I Международного экологического симпозиума в г. Полоцке: в 2-х томах. – Полоцк: УО «ПГУ», 2004. – Том 1. – С. 59.
2. Волчек, А.А. Автоматизация гидрологических расчетов / А.А. Волчек // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: труды Международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений / Брест. политехн. институт. – Биберах – Брест – Ноттингем, 1998. – С. 55-59.
3. Пановский, Г.А. Статистические методы в гидрометеорологии / Г.А. Пановский, Г.В. Брайер – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 210 с.
4. Педан, В.В. Анализ структуры временных рядов весенних максимальных уровней природных вод / В.В. Педан // Водные ресурсы, 2003. – Том 30. – №6. – С. 688-695.
5. Volchak, A.A. Chronological structure of long-term alteration of river flow of Belarus / A.A. Volchak, V.V. Luksha // Природнае асяроддзе Палесся: сучасны стан і яго змены. Матэрыялы Міжнароднай канферэнцыі / ОПП НАН Беларусі. – Т.1. – Брест, 2002. – С. 183-187.

УДК 621.221(476)

**Волчек А.А., Дашкевич Д.Н.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### **ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕК БЕЛАРУСИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Results of calculation of change of a hydroenergy potential of the rivers of Belarus in the conditions of modern climate change are presented in the article. Calculations are executed for 88 hydrometric points of the rivers.

#### *Введение*

Согласно стратегии развития энергетического потенциала Беларуси, принятой Советом Министров Республики Беларусь, к 2015 году доля собственных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива должна возрасти до 28-30 процентов. В этой связи большое значение приобретает развитие возобновляемых источников энергии, в частности гидроресурсов. Использование водного потенциала является одним из важнейших направлений возобновляемой энергетики в Беларуси. Потенциальная мощность всех водотоков страны составляет 850 МВт, в том числе технически

доступная - 520 МВт, экономически целесообразная - 250 МВт. В настоящее время в Беларуси эксплуатируется 41 малая гидроэлектростанция суммарной мощностью 14,5 МВт. Из них в составе белорусской энергосистемы эксплуатируется 21 гидроэлектростанция (ГЭС) общей установленной мощностью 9,3 МВт [1]. Для Республики Беларусь гидравлическая энергия является одним из важнейших возобновляемых источников энергии, несмотря на то, что территория практически равнинная. Вся территория Беларуси поделена речными бассейнами шести рек: Немана, Западной Двины, Днепра, Западного Буга, Вилии и Припяти. Общая мощность 11 малых ГЭС составляет около 7 тыс. кВт, или 0,8% ее возможных к техническому использованию гидроэнергоресурсов. Для сравнения: в Китае их освоено 12%.

В современных условиях Беларуси использование энергии течения рек представляется перспективным путем решения проблемы уменьшения зависимости энергетики республики от импорта топлива. что также будет способствовать улучшению экологической обстановки.

На территории Беларуси находится более 10 тысяч озер и протекает более 20 тысяч рек. Озера являются естественными регуляторами стока. В значительной степени развитие гидроэнергетики будет идти по пути строительства низконапорных ГЭС малой мощности. Режим работы ГЭС может оказаться достаточно благоприятным по экологическим условиям. Однако при этом снижаются регулировочные характеристики малых ГЭС и требуется принятие соответствующих технических решений для надежного энергоснабжения потребителей.

Выборочное исследование энергетического потенциала рек Беларуси было начато еще в конце XIX века. Оценка гидроэнергетических ресурсов Беларуси производилась неоднократно. Наиболее полно результаты этих исследований отображены в «Водноэнергетическом кадастре Белорусской ССР» [2], изданном в 1962 году. В нем представлены кадастровые графики в основном рек с площадью водосбора  $> 200 \text{ км}^2$ , протекающих, хотя бы частично, по территории Беларуси (за исключением Западного Буга). Хотя те реки, которые представлены в кадастре, составляют лишь около 12% всего количества учтенных рек Беларуси, их потенциальная мощность достигает 92% суммарной мощности всех рек. К тому же они имеют наибольшее значение для других отраслей водного хозяйства.

Целью настоящего исследования является оценка влияния современного изменения климата на гидроэнергетический потенциал рек Беларуси.

#### *Исходные материалы и методы исследования*

Исходными данными для исследований послужили материалы наблюдений Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за среднемесячными расходами воды в реках за период инструментальных наблюдений, а также данные «Водноэнергетического кадастра Белорусской ССР».

Для изучения пространственно-временного распределения гидроэнергетических ресурсов необходимы данные регулярных и длительных наблюдений за расходами воды в реках. Наблюдения, как правило, выполняются в «фиксированных точках» - постах наблюдений. В настоящее время на водных объектах республики действует 123 поста. В данной работе использовались 88 гидрометрических створов рек Беларуси, по которым имеются данные многолетних наблюдений за среднегодовыми расходами воды.

Расчет потенциальной гидравлической мощности производился методом базисных бассейнов С.В.Клопова [3]. Использование этого метода предполагает разбиение изучаемой территории на отдельные энерго-географические районы и в каждом из них выбирают типичные базисные речные бассейны, для которых методом индивидуального учета определяют потенциальную мощность и энергию.

Для перехода от энергетической оценки отдельных базисных бассейнов к оценке целых энерго-географических районов и всей территории пользуются гидроэнергетическим модулем, определяющим удельную мощность рассматриваемого базисного или энерго-географического района

$$M_0 = N / A, \quad (1)$$

где  $N$  – потенциальная мощность, кВт;  $A$  – площадь бассейна, км<sup>2</sup>.

При использовании метода базисных бассейнов производятся следующие шаги. Выбираются характерные для данной территории и хорошо изученные малые базисные бассейны. Они должны быть равномерно распределены по площади. Далее выполняется подсчет потенциальной мощности базисных бассейнов и их гидроэнергетических модулей. На следующем этапе выполняется построение изолиний гидроэнергетического модуля. На последнем шаге выполняется подсчет потенциальных гидроэнергетических ресурсов изучаемой территории с помощью гидроэнергетического модуля.

Для подсчета потенциальных запасов гидравлической энергии методом базисных бассейнов необходимо построение продольных профилей основной реки базисного бассейна и графика нарастания площади базисного бассейна; разбивка реки базисного бассейна на участки с характерными уклонами и определения разности отметок на этих участках; определение средних годовых расходов воды для выделенных участков. Подсчет потенциальной мощности выполняется по формуле

$$N = \sum_{H_{устья}}^{H_{истока}} Q_{ср} \Delta H, \quad (2)$$

где  $Q_{ср}$  – средний годовой расход воды на каждом участке, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta H$  – разность отметок начала и конца каждого участка, м.

Для истока рек и малых притоков вводится поправочный коэффициент 0,5 (учитывающий параболичность продольного профиля).

#### Анализ результатов исследований

С учетом накопленных дополнительных данных со времени составления кадастра (1960 год) нами пересчитаны гидроэнергетические ресурсы по 88 гидрометеорологическим створам рек Беларуси. Уточнены модули стока, средние годовые расходы воды, средние и удельные мощности водотоков на участках. Характерные размеры участков, отметок точек перелома профиля рек, а также площади водосбора приняты такими же, как в [2].

На рисунке 1 в качестве примера представлен продольный профиль р. Друть. Из рисунка видно, что расстояние от истока до устья реки составляет 273,5 км., а перепад этих отметок равен 95,3 м. Как видно, р. Друть имеет «равновесный» тип продольного профиля, который характерен для большинства рек Беларуси.

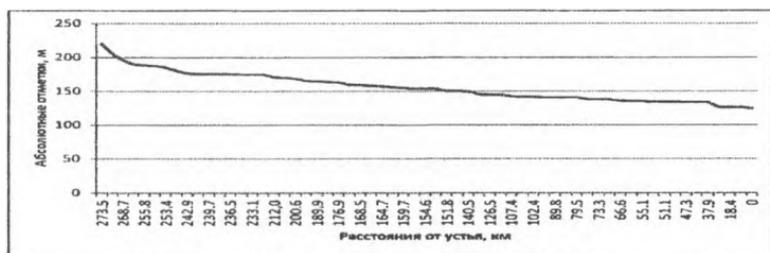


Рисунок 1 – Продольный профиль р. Друть

В таблице в качестве примера представлено сравнение оценок изменения потенциальной мощности рек двух периодов: с начала наблюдений до 1960 г. и с начала наблюдений до 2011 г. для отдельных рек Беларуси. Для расчета гидроэнергетического потенциала важное значение имеет определение с приемлемой точностью средних многолетних расходов, которые также приведены в таблице для данных периодов наблюдений.

Таблица 1 – Изменение потенциальной мощности рек Беларуси

Река	Створ	Водопримечник	Среднегодовой расход реки, м <sup>3</sup> /с		Потенциальная мощность рек, кВт		Изменение потенциальной мощности, в % к периоду до 1960 г.
			на период до 1960 г.	на период до 2011 г.	на период до 1960 г.	на период до 2011 г.	
Бася	Хильковичи	Проня	3.57	5.4	1173	1775	34
Березина	Борисов	Днепр	36.4	34.2	6035	5670	-6
Березовка	Саутки	Дисна	3.43	4.6	318	426	25
Бобр	Куты	Березина	2.4	2.3	530	508	-4
Вилия	Михалишки	Неман	63.9	72.1	22253	25109	11
Горынь	Речица	Припять	108	98.7	124012	113333	-9
Днепр	Могилев	Ч море	144	133.1	68160	63001	-8
Доколька	Бояново	Птичь	2.14	1.82	258	220	-18
Дрисса	Демехи	Зап Двина	14.9	13.05	175	154	-14
Дзурь	Городище	Днепр	16.5	15.8	6094	5836	-4
Зап Двина	Полоцк	Б море	304	329.8	169988	184414	8
Копаявка	Черск	Зап Буг	1.31	1.4	64	69	6
Лань	Мокрово	Припять	9.01	12.05	3315	4433	25
Лесная	Тюхиничи	Зап Буг	9.61	10.4	533	576	8
Мухавец	Брест	Зап Буг	24.6	24.6	2643	2643	0
Неман	Гродно	Б море	195	200.6	80535	82848	3
Неслуха	Рудск	Пина	1.44	1.5	76	79	4
Припять	Пинск	Днепр	71.6	101.8	12116	17227	30
Проня	Летяги	Сож	25.7	29.1	8383	9492	12
Птичь	Лучицы	Припять	45.1	41.95	38160	35494	-8
Случь	Клепчаны	Припять	7.82	8.7	921	1024	10
Сож	Гомель	Днепр	201	211.9	96717	101962	5
Уза	Прибор	Сож	2.52	3.4	195	263	26
Уса	Богусевичи	Березина	1.22	1.6	126	165	24
Ухлясть	Радков	Днепр	1.32	1.4	102	108	6
Щара	Слоним	Неман	24	30.2	6592	8295	21
Ясельда	Береза	Припять	4.68	4.7	418	420	0

Анализ таблицы показал, что практически на всей территории Беларуси произошли изменения потенциальной мощности рек. Наименьшие изменения произошли в бассейне Западного Буга, где они достигают до 8 % в сторону увеличения, а на р. Мухавец в створе Брест и р. Ясельда в створе Береза вообще не наблюдается изменений потенциальной мощности. Наибольшая трансформация мощности рек наблюдается в бассейнах Днепра и Припяти, которая колеблется в пределах от -15% до +35%. Четкой тенденции в направлении изменений потенциальной мощности рек в пределах крупных бассейнов рек не наблюдается, происходят как увеличения, так и уменьшения потенциальной мощности отдельных водотоков. Это вызвано различными условиями формирования речного стока, проведенными крупномасштабными мелиорациями во второй половине XX века, наместившимися тенденциями изменения параметров климата с 1987 года [4] и др.

### *Заключение*

По результатам расчетов можно констатировать о наметившейся тенденции изменения в режиме потенциальной мощности рек на территории Беларуси, вызванной современными природными и антропогенными факторами, в том числе потеплением климата. Процессы трансформации гидроэнергетического потенциала рек разнятся как по пространственному распределению, так и по скорости изменения самих процессов, которые будут усиливаться в связи с прогнозируемым изменением климата. Таким образом, освоение гидроэнергетического потенциала рек поможет уменьшить зависимость энергетики Беларуси от дорогостоящего импорта топлива, что будет способствовать улучшению экологической обстановки и повышению производительности в народном хозяйстве страны.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 декабря 2010 года № 1838.
2. Водноэнергетический кадастр Белорусской ССР // М.Г. Мурашко, П.Д. Гатило, П.А.Великевич, Э.А. Войтеховская. – Мн.:Изд-во АН БССР, 1962. – Том II – 220 с.
3. Клопов, С.В. Методика учета гидроэнергетических ресурсов малых рек // Изв. АН СССР, ОТН, №3, 1949.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации : Техническое резюме [Электронный ресурс] / Федерал. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва, 2008. – Режим доступа: [http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume\\_teh.pdf](http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume_teh.pdf). - Дата доступа: 25.10.2011.

УДК 556.13 (476)

**Волчек А.А., Зубрицкая Т.Е.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Results of analysis of total evaporation obtained by meteorological stations of Belarusian Polesye are discussed in the article. Changing of evaporation caused by global warming was evaluated by the authors.

### *Введение*

Суммарное испарение является интегральным показателем изменения состояния экосистем. Происходящие климатические изменения и антропогенные воздействия могут быть оценены непосредственно через суммарное испарение. Кроме того, данные об испарении необходимы при решении ряда водохозяйственных, сельскохозяйственных, экологических и других проблем.

В настоящей работе предпринята попытка оценить происходящие изменения суммарного испарения на территории Белорусского Полесья в условиях современного потепления.

### *Исходные материалы и методика исследования*

Наблюдения за испарением с поверхности почвы и растений на Белорусском Полесье ведутся на специализированных агрометеорологических станциях – Василевичи и Полесская. В теплый период испарение с поверхности почвы и растительного покрова определяется методом почвенных испарителей. Используются испарители с площадью испаряющей поверхности 500 см<sup>2</sup> и высотой почвенного монолита 50 см – ГГИ – 500-50 (ГР-25). В работе использованы материалы наблюдений за суммарным испарением с травяного покрова по метеостанциям Василевичи – с 1959 по 2011 гг. и Полесская с 1980 по 2011 гг.

Для оценки влияния современного изменения климата на суммарное испарение использовались статистические критерии:

а) критерий Стьюдента для оценки изменения средних величин

$$t = \frac{\bar{E}_1 - \bar{E}_2}{\sqrt{n_{E_1} \cdot \hat{\sigma}_{E_1}^2 + n_{E_2} \cdot \hat{\sigma}_{E_2}^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_{E_1} \cdot n_{E_2} \cdot (n_{E_1} + n_{E_2} - 2)}{n_{E_1} + n_{E_2}}},$$

где  $\bar{E}_1$ ,  $\bar{E}_2$  – выборочные средние значения величин суммарного испарения за различные периоды осреднения, мм;  $\hat{\sigma}_{E_1}^2$  и  $\hat{\sigma}_{E_2}^2$  – выборочные дисперсии;  $n_{E_1}$  и  $n_{E_2}$  – объемы выборок.

Полученное значение  $t$  критерия Стьюдента сравнивалось с его критическим значением при заданном уровне значимости  $\alpha=5\%$ . Если  $t > t_{кр}$ , принимается гипотеза статистического различия двух выборочных средних;

б) критерий Фишера для оценки изменения дисперсий

$$F = \hat{\sigma}_{E_1}^2 / \hat{\sigma}_{E_2}^2,$$

где  $\hat{\sigma}_{E_1}^2$  и  $\hat{\sigma}_{E_2}^2$  – выборочные дисперсии: в числителе берется большая из дисперсий.

Гипотеза статистического различия выборочных дисперсий принималась, если  $F > F_{кр}$ , где  $F_{кр}$  – критическое значение критерия Фишера.

*Полученные результаты и их обсуждение.* Для оценки влияния современного потепления расчетный период был разбит два интервала с начала наблюдений до 1987 г. и с 1988 по 2011 гг., для которых получены основные статистические параметры рядов наблюдений за суммарным испарением (средние величины, максимальные и минимальные значения, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии, а также обеспеченные значения суммарного испарения) за отдельные месяцы теплого периода и в целом за период с мая по октябрь. При нахождении обеспеченных величин использовались два типа распределения: трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа, ряды наблюдений могут описываться обоими видами распределений, однако предпочтение следует отдавать распределению Пирсона III типа. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица 1 Значение величин суммарного испарения по метеостанциям Белорусского Полесья

Интервал осредне- ния	Средняя величина, мм	Минимальное зна- чение, мм/год	Максимальное зна- чение мм/год	Коэффициент ва- риации	Коэффициент асим- метрии	Число лет наблюде- ний	Обеспеченные величины, мм						
							5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Метеостанция Василевичи</i>													
<b>Май</b> 1959-2011	77	25 1965	125 1973	0,27	0,24	46	111	104	91	77	63	50	43
1959-1987	72	25 1965	125 1973	0,31	0,32	25	116	108	93	77	61	46	38
1988-2011	84	62 1993	120 1996	0,21	0,91	21	103	98	88	77	66	56	51
<b>Июнь</b> 1959-2011	88	42 2011	192 1961	0,35	1,01	50	121	112	95	77	59	42	33
1959-1987	102	54 1984	192 1961	0,32	0,79	29	117	109	93	77	61	45	37
1988-2011	73	42 2011	121 1997	0,27	0,40	21	111	104	91	77	63	50	43
<b>Июль</b> 1959-2011	85	33 1963	168 1961	0,28	0,8	50	112	105	92	77	62	49	42
1959-1987	88	33 1963	168 1961	0,33	0,77	29	119	109	94	77	60	45	35
1988-2011	82	49 2002	114 1988	0,22	-0,04	21	105	99	89	77	65	55	49
<b>Август</b> 1959-2011	63	21 1983	110 1966	0,28	0,07	50	112	105	92	77	62	49	42
1959-1987	59	21 1983	110 1966	0,32	0,63	29	117	109	93	77	61	45	37
1988-2011	68	25 1992	97 2007	0,24	-0,64	21	107	101	89	77	65	53	47
<b>Сентябрь</b> 1959-2011	36	11 2005	72 1965	0,34	0,4	50	120	111	95	77	59	43	34
1959-1987	37	14 1972	72 1965	0,35	0,46	29	121	112	95	77	59	42	33
1988-2011	34	11 2005	60 2006	0,33	0,11	21	119	109	94	77	60	45	35
<b>Октябрь</b> 1959-2011	22	10 2005	36 1991	0,24	0,55	43	107	101	89	77	65	53	47
1959-1987	21	13 1975	29 1965	0,21	-0,09	27	103	98	88	77	66	56	51

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1988-2011	22	<u>10</u> 2005	<u>36</u> 1991	0,28	0,76	16	112	105	92	77	62	49	42
<b>(V-X)</b> 1959-2011	371	<u>261</u> 1963	<u>640</u> 1961	0,17	1,55	53	99	94	85	77	69	60	55
1959-1987	379	<u>261</u> 1963	<u>640</u> 1961	0,20	1,54	29	102	97	87	77	67	57	52
1988-2011	362	<u>280</u> 2002	<u>423</u> 2007	0,12	-0,42	24	92	89	83	77	71	65	62
<i>Метеостанция Полесская</i>													
<b>Май</b> 1980-2011	97	<u>42</u> 1990	<u>144</u> 1983	0,25	0,24	32	109	102	90	77	64	52	45
1980-1987	100	<u>68</u> 1987	<u>144</u> 1983	0,26	0,7	8	110	102	90	77	64	52	44
1988-2011	89	<u>42</u> 1990	<u>144</u> 1996	0,27	0,11	24	111	104	91	77	63	50	43
<b>Июнь</b> 1980-2011	89	<u>31</u> 2003	<u>162</u> 1995	0,3	0,52	32	115	106	92	77	62	48	39
1980-1987	89	<u>67</u> 1985	<u>113</u> 1987	0,17	-0,26	8	99	94	85	77	69	60	55
1988-2011	82	<u>31</u> 2003	<u>162</u> 1995	0,36	0,67	24	122	112	95	77	59	42	32
<b>Июль</b> 1980-2011	85	<u>25</u> 1999	<u>132</u> 1983	0,29	-0,25	31	114	105	92	77	62	49	40
1980-1987	82	<u>54</u> 1986	<u>132</u> 1983	0,32	0,9	7	117	109	93	77	61	45	37
1988-2011	88	<u>25</u> 1999	<u>132</u> 1998	0,28	-0,63	24	112	105	92	77	62	49	42
<b>Август</b> 1980-2011	65	<u>32</u> 1994	<u>109</u> 1993	0,35	-0,04	32	121	112	95	77	59	42	33
1980-1987	65	<u>46</u> 1985	<u>89</u> 1982	0,21	0,27	8	103	98	88	77	66	56	51
1988-2011	69	<u>32</u> 1994	<u>109</u> 1993	0,37	-0,15	24	124	113	96	77	58	41	30
<b>Сентябрь</b> 1980-2011	40	<u>20</u> 2002	<u>105</u> 2006	0,48	1,79	32	138	124	102	77	52	30	16
1980-1987	38	<u>26</u> 1984	<u>60</u> 1980	0,3	1,04	8	115	106	92	77	62	48	39
1988-2011	42	<u>20</u> 2002	<u>105</u> 2006	0,51	1,66	24	142	127	103	77	51	27	12
<b>Октябрь</b> 1980-2011	28	<u>15</u> 2005	<u>58</u> 2008	0,36	1,18	31	122	112	95	77	59	42	32
1980-1987	26	<u>20</u> 1982	<u>37</u> 1984	0,22	0,71	8	105	99	89	77	65	55	49
1988-2011	31	<u>15</u> 2005	<u>58</u> 2008	0,36	0,96	23	122	112	95	77	59	42	32
<b>(V-IX)</b> 1980-2011	401	<u>277</u> 2003	<u>546</u> 2004	0,15	0,17	32	96	92	85	77	69	62	58

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1980-1987	400	$\frac{321}{1985}$	$\frac{498}{1983}$	0,13	0,61	8	93	90	84	77	70	64	61
1988-2011	401	$\frac{277}{2003}$	$\frac{546}{2004}$	0,16	0,12	24	97	92	85	77	69	62	57

*Примечание. Выделены статистически различимые величины.*

По метеостанции Василевичи статистически значимые различия в средних величинах суммарного испарения наблюдаются в мае, июне и августе, а по метеостанции Полесская – сентябре и октябре. Комплексный анализ климатических параметров, влияющих на величину суммарного испарения, показал, что вектора этих воздействий не остаются постоянными внутри сезона, а имеют тенденцию изменять свое направление, что в ряде случаев приводит к компенсации их воздействий. Так, отмечаемое повсеместно повышение температуры воздуха, которое должно приводить к росту суммарного испарения, уравновешивается снижением средней скорости ветра, что приводит к уменьшению суммарного испарения, и в итоге значимых изменений в величинах суммарного испарения не наблюдается. Можно говорить лишь о некоторых тенденция в его колебаниях.

*Заключение.* Таким образом, можно говорить о некоторой тенденции изменения режима суммарного испарения на территории Белорусского Полесья, вызванные природными и антропогенными факторами.

Полученные предварительные результаты требуют дальнейших всесторонних исследований, ввиду сложности и актуальности поставленной задачи оценки суммарного испарения.

УДК 551.492

Волчек А.А., Махнист Л.П., Рубанов В.С., Гладкий И.И.  
УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## СХОДИМОСТЬ МОМЕНТОВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ РЕЧНОГО СТОКА

This research work deals with the model of several years' fluctuation of the river flow, which was received by applying the stochastic differential equation of Ornstein-Uhlenbeck. The process under consideration is the homogeneous in terms of time Markow process of diffusion type with corresponding coefficient of drift and diffusion. It gives the opportunity to evaluate the mathematical expectation and the moments of frequency distribution of the river flow. In comparison with the use of numerical integration of the differential equations system our research work studies the convergence of obtainable solution presented in power series.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Интегрируя по  $t$  на интервале от 0 до  $+\infty$  соотношение (2), получаем следующие уравнения для  $T_n$ :

$$\frac{\sigma^2}{2} \frac{d^2 T_n}{dx^2} - kx \frac{dT_n}{dx} = -nT_{n-1}, \text{ при } \frac{dT_n}{dx}(+\infty) = 0, T_n(x)|_{x=x_*} = 0 \quad (T_0 = 1).$$

Введя безразмерные величины

$$kT_1 = \theta_1, k^2 T_2 = \theta_2, x \frac{\sqrt{2k}}{\sigma} = \xi, x_* \frac{\sqrt{2k}}{\sigma} = \xi_*,$$

приходим к системе для оценки математического ожидания  $T_1$  и среднего квадратичного отклонения  $\sqrt{T_2 - T_1^2}$ :

$$\frac{d^2 \theta_1}{d\xi^2} - \xi \frac{d\theta_1}{d\xi} = -1, \frac{d^2 \theta_2}{d\xi^2} - \xi \frac{d\theta_2}{d\xi} = -2\theta_1, \frac{d\theta_1}{d\xi}(+\infty) = 0, \theta_1(\xi)|_{\xi=\xi_*} = 0 \quad (3)$$

Система (3), приведенная в [1], при решении различных прикладных задач интегрировалась численными методами. В данной работе рассматриваются вопросы сходимости решения системы (1), записанного в виде степенных рядов [3]:

$$\theta_1(\xi) = S_1(\xi) - S_1(\xi_*), \quad \theta_2(\xi) = 2(S_2(\xi) - S_2(\xi_*) - S_1(\xi_*)\theta_1(\xi)), \quad \text{где}$$

$$S_1(\xi) = \sum_{k=1}^{+\infty} \left(\frac{\pi}{2}\right)^{\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor} \frac{(-1)^{k-1} \xi^k}{(k-1)!! k}, \quad (4)$$

$$S_2(\xi) = \sum_{k=1}^{+\infty} \left(\frac{\pi}{2}\right)^{\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor} \left[ \ln \left( 2 - 2 \left\{ \frac{k-1}{2} \right\} \right) - \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{\left\lfloor \frac{k-1}{2} \right\rfloor} \frac{1}{m - \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor} \right] \frac{(-1)^{k-1} \xi^k}{(k-1)!! k}, \quad (5)$$

а  $\{t\}$  и  $\lfloor t \rfloor$  – целая и дробная часть числа  $t$  соответственно.

Степенной ряд (4) получен в [2]. В [2] предложено теоретическое обоснование асимптотического поведения математического ожидания, рассматриваемого распределение вероятностей многолетних колебаний речного стока, широко используемого в практике гидрологических расчетов. Предлагаемая в [3] методика решения уравнений вида (3) обобщена на более широкий класс уравнений такого типа, для чего исследовались функции специального вида, связанные соотношениями с интегралами Эйлера первого и второго рода и неполной гамма-функцией. Сходимость ряда (4) рассматривалась в [3].

Исследуем решение  $\theta_2(\xi) = 2(S_2(\xi) - S_2(\xi_*) - S_1(\xi_*)\theta_1(\xi))$  на сходимость, где

$$S_2(\xi) = A_2(\xi) - B_2(\xi) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{n=0}^{+\infty} \left( \ln 2 - \sum_{m=1}^n \frac{1}{2m-1} \right) \frac{\xi^{2n+1}}{(2n)!!(2n+1)} + \\ + \sum_{n=1}^{+\infty} \left( \sum_{m=1}^n \frac{1}{2m} \right) \frac{\xi^{2n+2}}{(2n+1)!!(2n+2)}.$$

Общие члены этих рядов  $a_n^{(2)} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \left( \ln 2 - \sum_{m=1}^n \frac{1}{2m-1} \right) \frac{\xi^{2n+1}}{(2n)!!(2n+1)}$  и

$b_n^{(2)} = \left( \sum_{m=1}^n \frac{1}{2m} \right) \frac{\xi^{2n+2}}{(2n+1)!!(2n+2)}$  удовлетворяют соотношениям

$$a_{n+1}^{(2)} = \frac{c_{n+1}(2n+1)\xi^2}{c_n(2n+2)(2n+3)} a_n^{(2)}, \quad c_{n+1} = c_n - \frac{1}{2n+1}, \quad a_0^{(2)} = c_0 \xi \sqrt{\frac{\pi}{2}}, \quad c_0 = \ln 2 \quad \text{и}$$

$$b_{n+1}^{(2)} = \frac{d_{n+1}(2n+2)\xi^2}{d_n(2n+3)(2n+4)} b_n^{(2)}, \quad d_{n+1} = d_n + \frac{1}{2n+2}, \quad b_1^{(2)} = d_1 \frac{\xi^4}{12}, \quad d_1 = \frac{1}{2}.$$

Заметим, что  $\left| \frac{c_{n+1}(2n+1)}{c_n(2n+2)} \right| < 1$ , если  $n \geq 5$  и  $\frac{d_{n+1}(2n+2)}{d_n(2n+3)} < 1$ , если  $n > 4$ .

Используя признак Д'Аламбера, имеем

$$\left| \frac{a_{n+1}^{(2)}}{a_n^{(2)}} \right| = \frac{|c_{n+1}| \xi^2 (2n+1)}{|c_n| (2n+2)(2n+3)} < \frac{\xi^2}{2n+3} < q < 1, \quad \text{если } n \geq \max \left( \frac{\xi^2}{2q} - 1, 5, 5 \right) \quad \text{и}$$

$$\frac{b_{n+1}^{(2)}}{b_n^{(2)}} = \frac{d_{n+1}(2n+2)\xi^2}{d_n(2n+3)(2n+4)} < \frac{\xi^2}{2n+4} < q < 1, \text{ если } n > \max\left(\frac{\xi^2}{2q} - 2; 4\right)$$

Следовательно, остатки рядов  $A_2(\xi), B_2(\xi)$  удовлетворяют неравенствам:

$$\left| \sum_{k=n}^{\infty} a_k^{(2)} \right| \leq \frac{|a_n^{(2)}|}{1-q}, \quad \sum_{k=n}^{\infty} b_k^{(2)} \leq \frac{b_n^{(2)}}{1-q}$$

и сходятся со скоростью, не меньшей, чем скорость бесконечно убывающей геометрической прогрессии со знаменателем  $q$ .

Таким образом, значения рядов  $A_2(\xi), B_2(\xi)$  с заданной точностью  $\varepsilon > 0$ , можно получить, вычисляя  $n$ -ые частичные суммы этих рядов  $\sum_{k=0}^{n-1} a_k^{(2)}, \sum_{k=1}^{n-1} b_k^{(2)}$ , если выполняются неравенства:

$$\left| a_n^{(2)} \right| \leq \varepsilon(1-q), \quad b_n^{(2)} \leq \varepsilon(1-q), \quad \text{и } n \geq n_0 = \max\left(\left\lceil \frac{\xi^2}{2q} \right\rceil; 5\right). \quad (6)$$

Следовательно, точность  $2\varepsilon$  вычисления значений  $S_2(\xi), S_2(\xi_*)$  обеспечивается вычислением  $n$ -ых частичных сумм рядов при выполнении условий (6), что гарантирует точность  $4\varepsilon$  вычисления значения  $S_2(\xi) - S_2(\xi_*)$ .

Рассмотрим пример, приведенный в [1]. Пусть среднегодовой сток Волги  $\bar{V} = 239 \text{ км}^3/\text{год}$  (объем выборки  $n=113$ ), среднеквадратичное отклонение равно  $46 \text{ км}^3/\text{год}$ . Тогда  $C_V = 0,19$ . Если коэффициент корреляции  $r$  между смежными значениями стока равен  $0,42$ , тогда  $k = -\ln 0,42 \approx 0,9 \text{ год}^{-1}$ ,  $\sigma = 0,257 \text{ год}^0$ ,  $\sigma^2 = 0,066 \text{ год}^{-1}$ . Предположим, что в начальный момент времени  $V = 377 \text{ км}^3/\text{год}$ . Через сколько лет сток достигнет  $101 \text{ км}^3/\text{год}$ , т.е. уменьшится на шесть среднеквадратичных отклонений ( $276 \text{ км}^3/\text{год}$ )? В данном случае  $\xi_* = -3$  (это отклонение от среднегодового значения стока, взятое в долях  $C_V$ ), а времени перехода стока от одного состояния к другому соответствует  $\xi = 3$ .

Таблица 1 – Расчетные данные модели

$\xi_*$	$\xi$					
	-2	-1	0	1	2	3
-3	76,50 (85,55)	84,84 (86,13)	86,93 (86,16)	87,83 (86,17)	88,36 (86,17)	88,71 (86,17)
-2		8,34 (9,97)	10,43 (10,26)	11,33 (10,30)	11,85 (10,31)	12,21 (10,32)
-1			2,09 (2,42)	3,00 (2,59)	3,51 (2,63)	3,87 (2,64)
0				0,90 (0,92)	1,43 (1,03)	1,78 (1,07)

В соответствии с таблицей, полученной с использованием решения системы (4), (5) и условий (6)  $\theta_1 = 88,71$ , а размерное время составляет

$$m_l = \frac{\theta_1}{k} = 88,71 : 0,9 \approx 98,6 \text{ лет}, \quad \sigma_T = \frac{\sqrt{\sigma_2^2 - \theta_1^2}}{k} = 86,17 : 0,9 \approx 95,74$$

Результаты исследований можно применить при расчете и прогнозе многолетних колебаний речного стока рек Беларуси.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найденов, В.И. Нелинейные модели колебаний речного стока / В.И. Найденов, В.И. Швейкина // *Водные ресурсы*. – М., 2002. – Том 29, № 1. – С. 62–67.
2. Волчек, А.А. Об асимптотическом поведении параметра одного из распределений вероятностей речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // *Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов Международной научно-технической конференции*, Брест, 26–28 апреля 2010 г. – Брест: БрГТУ, 2010. – С. 45–49.
3. Волчек, А.А. О решении системы дифференциальных уравнений, одной из моделей многолетних колебаний речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // *Вестник Брэскага ўніверсітэта*. – Брест, 2010. – № 1: Физика, математика. – С. 68–77.

УДК 556.166(476)

Волчек А.А.<sup>1</sup>, Шелест Т.А.<sup>2</sup>

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

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

### РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО СИНХРОННОСТИ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

Division into districts of territory of Belarus on synchronism of fluctuations of the maximum rainfall discharges is spent. It is allocated five hydrological areas. Results are presented in figures and in the table.

#### *Введение*

Районирование территории является одним из важнейших приемов географической науки. Оно широко применяется в гидрологических исследованиях как один из приемов обобщения в целях определения в качественной или количественной форме гидрологических характеристик. В гидрологических расчетах с помощью районирования и последующего математического анализа определяют гидрологические характеристики в тех случаях, когда карты изолиний стока ограничены в применении или вообще не применимы [1].

Эта проблема является весьма актуальной и для Беларуси, где в условиях современной густоты гидрометрической сети определение основных гидрологических характеристик нередко осуществляется при отсутствии данных наблюдений.

Цель настоящей работы – определение однородных гидрологических районов Беларуси по синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков.

#### *Исходные данные и методика исследования*

Для изучения цикличности и синхронности многолетних колебаний стока используются различные методы: графические (сопоставление хронологических графиков стока, интегрально-разностных кривых, сглаженных колебаний) и аналитические (корреляционный, спектральный и многомерный анализ, сглаживание и фильтрация, модели авто-регрессии и скользящего среднего, прогнозирования) [2]. Методика объединения гидро-

логических створов в районы синхронных колебаний стока основана на построении матрицы парных коэффициентов корреляции, полученной в результате пространственного корреляционного анализа [3]. Парные коэффициенты корреляции рассчитывались для максимальных расходов воды дождевых паводков рек Беларуси.

Для проведения районирования территории были отобраны 82 гидрометрических створа, расположенные в разных частях страны и имеющие достаточный период инструментальных наблюдений. Рассматривался единый период с 1946 по 2005 гг.

На первоначальном этапе вся территория была разделена на крупные районы, т.е. были сформированы ядра районов синхронных колебаний стока, которые имеют максимальную связанность с группой элементов, заключенных в ядро. Для уточнения границ районов оставшиеся вне ядер элементы списка рек были распределены по районам синхронных колебаний стока по принципу максимальной скоррелированности с ядром района. Затем проведена проверка правильности отнесения рек к соответствующему району при условии, что средний коэффициент корреляции данной реки со всеми реками района, в который она входит, должен быть выше, чем средний коэффициент корреляции со всеми реками любого другого района.

Таким образом, процесс районирования представлял собой объединение гидрологических створов в один район в случае, когда парный коэффициент корреляции превышал заданный уровень скоррелированности ( $r_{кр} > 0,70$ ).

Затем рассчитывались средние внутрирайонные коэффициенты корреляции между реками, входящими в один район, характеризующие внутрирайонную связь, и межрайонные коэффициенты корреляции, характеризующие межрайонную связанность.

Анализ коэффициентов корреляции между различными реками Беларуси позволил разделить территорию страны по характеру синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков с учетом положения водоразделов и географических особенностей территории на несколько районов.

В целях подтверждения полученных результатов и установления степени синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков были построены разностные интегральные кривые. Интегральные кривые стока строятся в относительных величинах ( $K_i = \frac{Q_i}{Q}$ ). Ординаты разностной интегральной кривой стока определялись последовательным суммированием модульных коэффициентов хронологического ряда максимальных расходов воды дождевых паводков  $K_i$  от их среднего многолетнего значения  $\bar{K} = 1$ , т.е. установлена зависимость  $\sum (K_i - 1) / C_i = f(T)$ .

#### Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований на территории Беларуси было выделено 5 районов синхронных колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков (рисунок 1).



Рисунок 1 – Районы синхронных колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков рек Беларуси

В таблице 1 представлены средние коэффициенты корреляции внутри каждого из выделенных районов, а также средние коэффициенты корреляции с другими районами Беларуси.

Таблица 1 – Средние районные и межрайонные коэффициенты корреляции

№ района	I	II	III	IV	V
I	0,73	0,35	0,53	0,18	0,13
II		0,71	0,38	0,39	0,20
III			0,74	0,23	0,18
IV				0,74	0,45
V					0,71

Средние значения внутрирайонных коэффициентов корреляции изменяются в пределах от 0,71 до 0,74, что свидетельствует о высоком уровне синхронности колебаний максимального расхода воды дождевых паводков для каждой группы выделенных в отдельный район створов. Средние значения межрайонных коэффициентов корреляции изменяются от 0,13 до 0,53, что указывает на асинхронность в многолетних колебаниях максимального паводочного стока.

На рисунке 2 представлены разностные интегральные кривые максимальных расходов воды дождевых паводков рек, относящихся к разным районам, за период инструментальных наблюдений.



Рисунок 2 – Разностные интегральные кривые максимальных расходов воды дождевых паводков рек 1 – Зап. Двина (г. Витебск), 2 – Неман (г. Гродно), 3 – Березина (г. Борисов), 4 – Копаювка (с. Черск), 5 – Припять (г. Мозырь)

Анализ рисунка 2 показывает, что реки, относящиеся к разным районам, имеют разные фазы водности, различные по продолжительности и характеру чередования многоводных и маловодных периодов. Максимальный паводочный сток рек IV и V районов асинхронен стоку рек I и II районов. Многолетние колебания максимального паводочного стока рек III района занимают промежуточное положение между реками, с одной стороны, I и II районов, с другой стороны – V.

Район I Двинско-Днепровский, вытянутый в почти меридиональном направлении и занимающий северную и восточную части Беларуси, охватывает большую часть бассейна р. Западная Двина и Днепр (без Березины). Этот район имеет максимальную связанность с районом III (межрайонный коэффициент корреляции равен 0,53), наименьшую – с районом V (межрайонный коэффициент корреляции 0,13).

Район II Неманско-Вилейский расположен на западе страны. Включает бассейн р. Неман с Вилией, р. Дисну. Район имеет максимальную связанность с III и IV районами (межрайонные коэффициенты корреляции составляют 0,38 и 0,39 соответственно), наименьшую – с V.

Район III Березинский охватывает бассейн р. Березина и занимает внутренние части страны. Внутрирайонный коэффициент корреляции равен 0,74.

Район IV Бугский расположен на юго-западе Беларуси. Включает бассейн р. Западный Буг, некоторые притоки Припяти, а также верховья левых притоков Немана.

Район V Припятский находится на юге страны и охватывает бассейн р. Припять. Имеет максимальную связанность с районом IV (межрайонный коэффициент корреляции равен 0,45).

### *Заключение*

Выполнено районирование территории Беларуси по синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков. В результате выделено 5 районов – Двинско-Днепровский, Неманско-Вилейский, Березинский, Бугский и Припятский. Внутрирайонные значения коэффициентов корреляции в пределах выделенных районов свидетельствуют о высоком уровне синхронности. Анализ цикличности колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков, выполненный по разностным интегральным кривым, подтверждает верность выделения районов синхронных колебаний стока.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров, А.М. Гидрологические расчеты / А.М. Владимиров. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 364 с.
2. Сакович, В.М. Районирование территории Северо-Запада и Карелии по синхронности многолетних колебаний минимального летне-осеннего стока / В.М. Сакович // Водные ресурсы Северо-Западного региона России: сб. научных трудов. – Вып. 121. – С.-Пб.: Изд. РГГМУ, 1999. – С. 29–31.
3. Жук, В.А. Оценка синхронности многолетних колебаний годового стока на основе анализа корреляционной матрицы / В.А. Жук, В.А. Скорняков // Расчеты речного стока (Методы пространственного обобщения). – М.: Изд. МГУ, 1984. – С. 6–21.

УДК 712.25

**Вострова Р.И., Архипенко Н.С.**

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г.Гомель

### **ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОСТОВ В ЗЕЛЁНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДОВ**

The composts based on the wastewater precipitations have a complex positive effect on the soil fertility and can be used as fertilizers for the city planting. The use of the composts also solves the problem of the utilization of the wastewater precipitations from purification plants.

При использовании осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений, компостов на их основе в качестве удобрения или почвогрунтов в почвах увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, других макро- и микроэлементов. Под действием осадков, как правило, снижается кислотность почв, увеличивается их влагоёмкость, что особенно важно для почв легкого гранулометрического состава. Улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы почв, возрастает их биологическая активность.

Осадки сточных вод могут применяться как органические или комплексные органоминеральные удобрения под технические культуры, для рекультивации нарушенных земель и для зеленого строительства города только в том случае, если содержание в них органического вещества в процентах на сухое вещество не менее 40; реакция среды ( $pH_{сол}$ ) не менее 5,5; азот общий в процентах на сухое вещество не менее 2,0; фосфор общий ( $P_2O_5$ ), % на сухое вещество не менее 1,0; Калий общий ( $K_2O$ ) % на сухое вещество не менее 0,2; зольность, в %, не более 60; содержание влаги по массе не более 80 процентов.

Количество осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10% от расхода поступающих вод [1], таким образом, ежегодно в нашей республике при очистке сточных вод образуется около 180-197 тысяч тонн осадков сточных вод по сухому веществу (ОСВ), причем объем избыточного активного ила в 1,5-2 раза больше, чем объем сырого осадка [2]. Из них используется в народном хозяйстве 4-5 % от всего объема, в основном же осадки складировуются и хранятся на территории очистных сооружений. Осадки представляют собой вещества, выделенные в виде концентрированных суспензий неизменными, а также претерпевшими физико-химические или биохимические превращения [1].

После обезвоживания на иловых площадках по содержанию органического вещества ОСВ не уступают некоторым видам органических удобрений [1]. Содержание элементов питания растений в ОСВ колеблется в широких пределах и определяется в основном составом и соотношением коммунально-бытовых и промышленных стоков, поступающих на очистные сооружения. Основными его компонентами (80-85%) являются углеводы, жироподобные и белковые вещества сложного состава. Углеводы в ОСВ представлены полисахаридами. Соединения органического происхождения в свежих осадках составляют 70-90% общей массы сухого вещества. ОСВ содержат также значительное количество элементов питания растений, таких как азот, фосфор, калий, кальций.

Однако наряду с питательными веществами в ОСВ, особенно в промышленно-бытовых сточных водах, могут содержаться в токсичных количествах такие вещества, как «тяжелые металлы» [1]. Это прежде всего ртуть, кадмий, свинец и мышьяк, или, как их называют, «большая четверка». Среди названных металлов особенно вредны для всего живого ртуть и кадмий. Не рекомендуется применять в чистом виде осадки, содержащие тяжелые металлы более следующих количеств: кобальта – 60, кадмия – 15, свинца – 550, ртути -10, никеля -150, меди – 700, цинка – 2000, цезия – 650, мг/кг сухого вещества.

Из-за повышенного содержания тяжелых металлов в осадках сточных вод, появляется необходимость проведения постоянного мониторинга и расчета допустимых доз внесения не только с точки зрения содержания биогенных элементов, но также и потенциально токсичных веществ. Следует отметить, что обезвоженные осадки, даже после метанового сбраживания, будучи пригодными для внесения под сельскохозяйственные культуры, недостаточно удовлетворяют требованиям, предъявляемым к почвогрунтам, используемым в городском хозяйстве по таким показателям, как органолептические свойства, вязкость, сыпучесть (ее отсутствие), микробиологическая загрязненность. Оптимальной технологией, позволяющей осадку достичь необходимых свойств, является компостирование.

Компостирование - это процесс биотермического разложения органического вещества осадка, осуществляемый под действием микроорганизмов. Компостирование может происходить в анаэробных и аэробных условиях. Искусственное компостирование, как правило, происходит в аэробных условиях, которые осуществляются путем

насыщения среды кислородом воздуха, с введением интенсифицирующих процесс добавок и т. п. Искусственное компостирование механически обезвоженных или подсушенных на иловых площадках осадков получило широкое применение.

Внесение компостов и почвогрунтов на основе осадков сточных вод является одним из эффективных путей рекультивации техногенных и нарушенных почв и позволяет улучшить экологическую обстановку в городе.

Компосты на основе осадков сточных вод оказывают многостороннее положительное действие на почвенное плодородие. Их влияние на физико-химические свойства почв проявляется в снижении актуальной, обменной и гидролитической кислотности, повышении суммы обменных катионов (особенно кальция) и емкости катионного обмена.

Систематическое внесение осадков на слабобufferных почвах или применение кислых осадков без поддерживающего известкования приводит к подкислению почвы, что прежде всего снижает биологическую активность почвы, особенно плотность бактериальной микрофлоры и развитие клубеньковых бактерий.

Для получения из осадков высококачественного компоста биотермический процесс должен протекать интенсивно, без значительной потери органического вещества. При ускоренных методах компостирования осадков потери органического вещества могут не превышать 20-30%. Для этого необходимо осуществлять процесс с эффективным перемешиванием осадка с наполнителем, соответствующей подготовкой наполнителя, гомогенизацией смеси и насыщением ее кислородом воздуха. Количество наполнителей, добавляемых к осадкам при их компостировании, зависит от влажности и содержания органики в наполнителе и в осадке и колеблется от 1 до 4 объемов от объема осадка.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что лучшими наполнителями являются древесные и сельскохозяйственные отходы. Кроме инертных наполнителей, какими являются опилки, щепа, солома, торф, в условиях низких температур вводят активную органику для активации биологических процессов – птичий помет, массу сидеральных культур, листья, навоз, отходы пищевых комбинатов и т. д. [3].

Исходя из опыта различных стран, использующих компосты на основе ОСВ, можно сделать следующие выводы:

- полученный из осадка сточных вод компост позволяет превратить почвы с обратимо нарушенным плодородным слоем в плодородную почвенную конструкцию антропогенного происхождения;
- компосты на основе ОСВ в настоящее время можно использовать в цветоводстве, в озеленении городов и поселков, при устройстве спортивных площадок, формировании газонов и получении газонной культуры;
- с учетом соответствия санитарным нормативам и возможностью производства в большом количестве можно рекомендовать широко применять компосты на основе осадка сточных вод в городском зеленом строительстве городов Республики Беларусь.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
2. Лысухо, Н.А. Образование отходов и их переработка в Республике Беларусь / Н.А. Лысухо. – Мн.: , 2001. – 48 с.
3. Пахненко, Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения : учебное пособие / Е.П. Пахненко. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 311 с.

УДК 628.316

**Вострова Р.Н., Макаров Д.В.**

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г.Гомель

## **ПРОИЗВОДСТВО МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

At present there is an urgent need for disposal of sewage sludge, caused by its large accumulations in plants. The problems of making fuel briquettes from sewage sludge with the addition of waste from other industries.

Оптимизация взаимодействия человека и природы в настоящее время остро актуальна, и решение этой проблемы имеет большое значение в улучшении состояния окружающей среды. Интенсивное развитие промышленности и сельскохозяйственного производства, бурное развитие городов порождают большое количество отходов, что приводит к загрязнению окружающей среды и ухудшению здоровья человека.

Вопросы обработки и утилизации осадков городских очистных сооружений (ОСВ) актуальны для всех крупных городов Беларуси и представляют серьезную проблему. Значительная часть их концентрируется на иловых площадках очистных сооружений, не оборудованных гидроизоляцией. Условия размещения ОСВ во многих случаях не соответствуют экологическим требованиям и принятым в мире стандартам. Накапливаясь вблизи очистных сооружений на иловых площадках, осадки формируют крупные очаги загрязнения прилегающих территорий, поверхностных и подземных вод, так как воздействие мест накопления ОСВ на окружающую среду часто превышает установленные ПДК.

В настоящее время, во многих странах ведутся активные работы по утилизации осадков сточных вод, в частности, производство из осадков топливных брикетов. Для нашей республики это актуально, так как собственные ресурсы ископаемых энергоносителей не велики и составляют не более 15% от их потребности. Республика Беларусь импортирует от 20% до 30% потребляемой энергии. Доля природного газа в общем балансе топливно-энергетических ресурсов Беларуси превышает уровень 76%, а в белорусской энергосистеме - 93%.

Природные энергоресурсы Республики Беларусь составляют месторождения бурого угля объемом 150 млн. тонн возле г. Житковичи, запасы горючих сланцев в объеме 11 млрд. тонн в районе городов Любань и Туров (добыча которых при существующей технологии не выгодна), невелики запасы нефтяных месторождений [3]. Республика обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами только на 20-30 % от общего потребления.

Одной из важнейших проблем жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь продолжает оставаться задача выбора направлений обработки и утилизации осадков сточных вод (ОСВ), образующихся на городских очистных сооружениях.

Количество осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет 2-10 % от объема поступающих вод. Из них в народном хозяйстве используется 4-5 % от всего объема. Осадки очистных сооружений с учетом уровня их загрязнения могут быть утилизированы следующими способами:

– обезвоживание;

- пастеризация;
- сжигание;
- захоронение;
- использование в качестве удобрений в составе почв грунта для озеленения городов и при рекультивации нарушенных земель;
- использование в составе техногенного грунта в строительстве;
- использование в качестве топлива.

Наиболее широко распространенные способы утилизации осадков в различных странах приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Методы утилизации осадков сточных вод очистных сооружений в европейских странах

Страны	Методы утилизации, %			
	в сельском хозяйстве	захоронение в свалках	сжигание	другие
Австрия	13 (20)	56 (10)	31 (60)	0 (0)
Швейцария	50 (50)	30 (10)	20 (40)	0 (0)
Германия	25 (40)	55 (0)	15 (30)	5 (30)
Дания	27 (+)	28 (-)	36 (-)	9 (+)
Швеция	15 (+)	70 (0)	0 (?)	15 (+)
Англия	53 (+)	16 (+)	7 (+)	24*(-)
Финляндия	27 (15)	36 (25**)	0 (0)	37 (60)

Примечания:

в скобках – распределение методов утилизации в перспективе (+ увеличение, – уменьшение);

\* – сбрасывается в море;

\*\* – большая часть осадка используется для различных целей на свалках.

Как следует из таблицы 1, в мировой практике основными направлениями утилизации загрязненных ОСВ являются затратные методы – захоронение на свалках и сжигание. Стоит отметить, что некоторые из этих способов утилизации сточных вод имеют существенные ограничения по использованию. Так, непосредственное применение ОСВ в сельском хозяйстве в качестве удобрения или вывоз для захоронения на полигоны твердых бытовых отходов во многих странах запрещены. Попытки компостировать, подвергать глубокой сушке и сжигать в сыром виде пока не привели к положительным экономически оправданным результатам.

Решить проблему по утилизации ОСВ можно путем сооружения специально обустроенных для этих целей свалок-полигонов, отвечающих всем требованиям, включая эксплуатацию и мониторинг, однако это требует отчуждения на многие годы больших площадей и прилегающие к ним территории.

Для Республики Беларусь с ее скудными запасами углеводородного сырья и обедненной гумусом почвой наибольший интерес представляет утилизация ОСВ путем использования в качестве топлива и компонента при производстве компостов.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт, при утилизации ОСВ оптимальным является комплексное применение различных методов утилизации. В странах ЕС перерабатываются тем или иным методом около 30-40% общего объема накопленных ОСВ, которые подвергаются обработке с целью улучшения их физических свойств и уничтожения патогенной микрофлоры посредством эффективных способов механического обезвоживания и термической сушки, что позволяет получить из ОСВ твердое органическое топливо.

Одним из важных элементов комплексной схемы обращения с ОСВ является энергосберегающая технология высушивания и прессования осадков с получением топливных брикетов. В этом случае ОСВ могут рассматриваться в качестве вторичного сырьевого и энергетического ресурса, который можно подвергать дальнейшему сжиганию в котельных и ТЭЦ. Существует несколько способов изготовления топливных брикетов из осадков сточных вод.

Один из них заключается в совместной перетирке ОСВ и ЦМ (растительных, древесных, бумажных отходов промышленности и сельского хозяйства), механическом обезвоживании полученной гомогенной массы, ее сушке, введении в высушенную смесь ОСВ и ЦМ измельченных нитратов целлюлозы и/или пороховой крошки, прессовании топливных брикетов и их окончательной сушке до достижения брикетами постоянного веса. В качестве растворителя при прессовании используется этилацетат или спирто-эфирная смесь. При этом процентное содержание компонентов следующее (в процентах от общей массы):

- нитраты целлюлозы и/или пороховая крошка - 10 – 40,
- целлюлозосодержащие материалы - 0 – 50,
- осадки городских сточных вод – остальное.

Рассмотрим еще один способ производства топливных брикетов. Способ получения этого брикета включает дозирование, перемешивание компонентов и сушку брикетов при температуре 20-200С в течение 0,5-20 часов. Такой брикет, включающий измельченный древесно-растительный компонент и/или торф, осадок от очистки сточных вод и связующую добавку, отличающийся тем, что в качестве связующей добавки содержит кислый гудрон и дополнительно содержит нейтрализующую добавку при следующем соотношении компонентов, мас. %:

- измельченный растительный компонент и/или торф - 10 – 30,
- нейтрализующая добавка - 2 – 10,
- кислый гудрон - 30 – 60,
- осадок от очистки сточных вод - до 100.

Влажность механически обезвоженного ОСВ 65—80 %. После термической сушки его теплотворная способность может достигать 9—13 МДж/кг, что соответствует примерно половине удельной теплоты сгорания каменного угля. Переработка 1 т сухого вещества ОСВ позволит получить 500 кг условного топлива. Нефтепродукты и лигнин увеличивают полноту сгорания брикетов, что снижает содержание вредных веществ в отходящих газах. Золу можно использовать при производстве строительных материалов (керамзита, цемента) и асфальтобетона.

Чтобы получить брикеты, ОСВ влажностью 80 %, опилки влажностью не более 65 % и нефтепродукты и лигнин (придают пластичность массе) загружают в шнековый пресс-экструдер. Геометрические формы и размеры брикета регулируются формирующей фильерой на выходе из пресса. Полученный полуфабрикат направляют в карусельную печь, где сушат до влажности 6—12 %. В качестве топлива можно использовать часть полученного продукта.

Несмотря на необходимость больших капитальных вложений, связанных с созданием установки по производству брикетов из ОСВ, получаемый эффект будет больше, особенно если учесть экономический и экологический ущерб от нецивилизованного складирования ОСВ [4,5].

Значительные трудности вызывает то, что для промышленного использования осадков сточных вод в Республике Беларусь отсутствует соответствующая нормативно-правовая база, позволяющая произвести сертификацию (паспортизацию) ОСВ для определения способа утилизации.

Интерес представляют исследования в области технологии утилизации ОСВ и получения топливных брикетов на их основе с использованием нефтесодержащих шламов, лигнина и прочих отходов производства предприятий г. Гомеля и Гомельской области. Это позволит частично решить задачу размещения ОСВ Гомельских очистных сооружений в окружающей среде с учетом экологической безопасности, создать альтернативные возобновляемые виды топлива и обеспечить тепловой энергией собственные потребности Гомельских очистных сооружений.

Оригинальный вклад исследований заключается в том, что в случае успешной реализации будет найдено комплексное решение эффективного использования вторичных возобновляемых материальных ресурсов и улучшения экологической обстановки территорий, прилегающих к городской черте. Экономический эффект состоит в экономии денежных средств на строительство новых иловых карт и вывоз ОСВ на полигон твердых бытовых отходов, в сокращении расходов на обеспечение тепловой энергией собственные потребности очистных сооружений, в получении дополнительной прибыли от реализации топливных брикетов сторонним промышленным предприятиям и населению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Туровский, И.С. Осадки сточных вод. Обезвреживание и обеззараживание / И.С. Туровский - М.: Делта принт, 2008. - 376 с.
2. Пахненко, Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения : учебное пособие / Е.П. Пахненко. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 311 с.
3. Черноусов, С.В. Энергосбережение как средство решения экологических проблем / С.В. Черноусов, С.П. Руднева // Энергоэффективность. – 1999. – № 11. – С.6-9.
4. Определение размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель (Методика 0212.4.-97). Утверждена приказом Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 20.05.1997. – № 112.
5. Временная методика определения размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель (Методика 0212.4-97). Утверждена приказом Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 112 от 20.05.1997.

УДК 556.536

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

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г.Минск

#### **ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ПАВОДКОВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В ПРЕДЕЛАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

The article describes the aspects of the environmental impact assessment of planned engineering measures to protect settlements from floods within the protected areas on the example of Nepli village, Brest region.

#### *Введение*

В настоящее время на значительных площадях селитебных территорий возникают проблемы, связанные с затоплениями и подтоплениями. С одной стороны, это вызвано естественными колебаниями метеорологических элементов, вызывающими повы-

шение уровней грунтовых и поверхностных вод. С другой стороны, это может быть результатом различных техногенных воздействий, которые вызывают, например, локальное повышение уровней грунтовых вод.

При оценке воздействия на окружающую среду предложенных проектной организацией мероприятий по защите от паводка д. Непли Брестского района и прилегающих к ней сельскохозяйственных земель было отмечено, что проблема паводков на прилегающей к населенному пункту территории возникала постоянно. Исторически застраивались наиболее возвышенные участки. Современная частная застройка осуществляется в более низких местах, где кроме высокого уровня грунтовых вод имеет место практически ежегодное затопление паводковыми водами рек Западный Буг и Лесная.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23 марта 2005 г. № 311 д. Непли внесена в программу инженерных водохозяйственных мероприятий по защите населенных мест и сельскохозяйственных земель от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2005-2010 годы. Однако при реализации инженерных мероприятий возникает проблема сохранения уникальных для региона ландшафтов заказника «Бугский», в пределах которого расположена д. Непли.

#### *Методика и результаты исследования*

В соответствии с Положением о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду проводился прогноз изменения состояния окружающей среды в результате реализации мероприятий по защите д. Непли от подтопления и затопления.

Проектными мероприятиями предусматривается строительство ограждающих дамб, открытой осушительной сети, насосной станции для сброса паводковых вод с осушаемой территории на пойму р. Лесная, гидротехнических сооружений на осушительной сети, трубы-регулятора в теле дамбы, реконструкция существующей дамбы-дороги.

Необходимо отметить, что трасса дамбы проектируется по существующим дорогам и по естественным возвышенностям в пределах сельскохозяйственных угодий, открытая осушительная сеть проектируется в ложбинах стока.

Оценивалось воздействие 3 предложенных проектной организацией вариантов, которые отличались в первую очередь площадью защищаемой территории.

Для оценки воздействия защитных мероприятий на гидрологический режим разработана цифровая модель местности и математическая модель системы водотоков рек Западный Буг и Лесная с прилегающими территориями. На основании выполненных гидродинамических расчетов прогноза изменения водного режима и построения карт зон вероятного затопления установлено, что в результате инженерных мероприятий не произойдет существенного изменения гидрологического режима рек Западный Буг и Лесная и существенного изменения гидрогеологического режима с внешней стороны ограждающих дамб. Понижение уровней грунтовых вод ожидается в пределах водосборной территории мелиоративных систем с внутренней стороны ограждающих дамб.

Расчет возможного выноса биогенных веществ проектируемыми мелиоративными каналами с поверхностным стоком с территории д. Непли показывает, что наиболее загрязненные поверхностные сточные воды будут формироваться в холодный период – с декабря по март включительно. В этот период можно ожидать незначительное превышение предельно допустимой концентрации азота аммонийного (в 1,2 раза). В меженные периоды возможны высокие концентрации биогенных веществ, превышающие ПДК – когда расходы незначительны и, соответственно, не происходит разбавление поступивших на водосбор загрязняющих веществ, особенно в периоды зимней оттепели или летних дождей высокой интенсивности. Проблема выноса значительного количества биогенов решается, как правило, системой перемычек из фильтрующего материала.

Наибольший ущерб при реализации проекта будет нанесен растительным и животным сообществам в период строительства мелиоративных систем и оградительных дамб. В соответствии с проектными решениями прямому уничтожению будут подвергнуты территории в районе строительства дамб и мелиоративных каналов на площади от 0,63 км<sup>2</sup> до 0,96 км<sup>2</sup> (из расчета зоны отчуждения 9 м для дамб и мелиоративных каналов).

В связи с тем, что со стороны деревни планируется сеть мелиоративных каналов, здесь произойдет значительная трансформация естественной среды обитания растений и животных, и всю территорию можно отнести к зоне сильного вредного воздействия. Здесь потери численности диких животных и годовой продуктивности составят до 75 %, а в пределах расчистки территории для мелиоративных каналов планируется сведение всей растительности. Однако рекомендуется оставить ценные виды растений: граб и остаточные дубы.

По данным УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», на территории планируемых мероприятий и непосредственно к ней прилегающей отмечены места обитания следующих видов растений и животных, внесенных в Красную книгу Республики Беларусь: ятрышника клопоносного, уловника обыкновенного, тритона гребенчатого, жабы камышовой, черепахи болотной.

При реализации вариантов 1 и 2 значительной трансформации будут подвержены условия произрастания ятрышника клопоносного. При строительстве дамбы и мелиоративной системы будут снижены уровни грунтовых вод, что может привести к исчезновению с указанной территории данного вида. При производстве строительных работ возможно нарушение условий обитания тритона гребенчатого, жабы камышовой, черепахи болотной, уловника обыкновенного.

Мелиоративный канал, планируемый на юге и западе от д. Неполи, проектируется на месте естественного понижения рельефа, являющегося ложбиной стока, сильно переувлажненной и поросшей кустарниковой и древесной растительностью. Данная территория является одним из путей миграции животных. Однако необходимо учесть, что он расположен близко к населенному пункту и существуют другие более крупные и удаленные от населенных пунктов коридоры миграции вдоль стариц. Ликвидация этого коридора не окажет существенного ущерба мигрирующим животным.

Трансформация ландшафтов ожидается на территории, которая будет подвержена непосредственно воздействию в период строительства дамб и мелиоративных каналов: проектируется полоса отчуждения вдоль мелиоративных каналов и дамб – 9 м. За счет изменений гидрологического и гидрогеологического режима мелиорированной территории будет наблюдаться постепенная трансформация биотопов, что приведет к изменению видового состава биоценозов с внутренней стороны оградительных дамб. За пределами оградительных дамб изменение гидрологического и гидрогеологического режима будет незначительным.

По вновь проложенным мелиоративным каналам, по данным В.В. Шималова, могут возникать очаги паразитозов (гельминтозов), имеющих медико-ветеринарное значение. Это может создать риск заражения людей и домашних животных – как в каналах, так и вблизи их, т.е. в д. Неполи, за счет миграции инвазированных особей. С целью снижения вероятности заболевания населения и животных санитарно-эпидемиологические службы должны проводить необходимые профилактические мероприятия.

В результате проведения защитных мероприятий по снижению риска подтопления и затопления территории для населения будут созданы благоприятные условия

проживания и ведения сельского хозяйства за счет минимизации ущерба от паводка для построек и сельскохозяйственных угодий. За счет реализации мероприятий существенно снизится степень ущерба от паводков для антропогенных объектов.

В связи с тем, что планируемые мероприятия по защите д. Непли от затопления предусматривают локальное воздействие на окружающую среду, значительного вредного трансграничного воздействия не прогнозируется.

При реализации проекта основными отрицательными факторами для природной среды являются следующие запроектированные мероприятия:

- сведение растительности в местах строительства мелиоративных систем;
- нарушение мест обитания охраняемых видов растений и животных;
- ликвидация одного из путей миграции животных.

Предложенные варианты защитных мероприятий по степени воздействия на окружающую среду практически идентичны. Наиболее щадящим по степени воздействия на окружающую среду является вариант, при котором планируемые мероприятия затрагивают минимальную территорию, и от воздействия паводков защищается только д. Непли без прилегающих сельскохозяйственных угодий. Кроме этого, сведется к минимуму вероятность ущерба для популяций охраняемых видов растений и животных на прилегающей территории.

#### *Заключение*

При оценке воздействия планируемых инженерных мероприятий в пределах особо охраняемой природной территории необходимо учитывать, с одной стороны, необходимость сохранения уникальных природных объектов, с другой – социально-экономические условия территории. Необходимость мероприятий по снижению неблагоприятного воздействия подтопления и затопления для д. Непли очевидна. Однако необходимо максимально сократить площадь трансформируемой территории, что предлагается одним из вариантов.

В целом для республики необходимо разработать ряд упреждающих мер по ликвидации проблемы подтопления и затопления на селитебной территории. В первую очередь, не должны выделяться под индивидуальную застройку территории с высоким уровнем грунтовых вод, а также периодически затопливаемые пойменные территории. При частной застройке на периодически затопливаемой территории необходимо обязать владельца предусмотреть соответствующие конструктивные решения, например, гидроизоляцию зданий.

Противопаводковые мероприятия по защите деревни Непли, сельскохозяйственных земель КУСП «Пограничник» Брестского района в принципе не решат проблемы затоплений и подтоплений в бассейне р. Западный Буг на территории Республики Беларусь. Необходимо проведение комплексных инженерных мероприятий вдоль всего участка р. Западный Буг по белорусско-польской границе, включая укрепление береговой линии. Прежде всего, это обусловливается принятием адекватных защитных мер тем инженерным мероприятием, которые со своей стороны проводит Польша по укреплению береговой линии Западного Буга и по защите пойменных участков, причем во много раз превышающих те 200 га, защищаемых в рамках проекта по д. Непли. Инженерные мероприятия, проводимые польской стороной, могут повышать негативные последствия наводнений и паводков на белорусской территории, а также ускорять процессы переформирования берега р. Западный Буг со смещением государственной границы на белорусскую территорию.

УДК 574.24+577.342

Гладковский В.И., Демиденко П.В.  
УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

The biosystems electromagnetic sensitivity researches spent to the different countries on various biological objects, led to results ambiguous and contradicting each other. In the prof. Ju.N. Taskaev works, presence of subthreshold influence of weak and superweak electromagnetic radiation on the person in the form of change of a warm rhythm structure is proved. Hence, the question of an urgency of mobile radio communication ecological aspects has got the demonstrative base.

Мир современного человека почти до предела насыщен различной бытовой электротехникой. В результате, организм человека работает уже не в тех оптимальных природных условиях, к которым он приспосабливался миллионы лет за время своей эволюции [1]. Сотовая радиотелефонная связь является в наше время одной из наиболее бурно развивающихся коммуникационных систем. Ученые пока не пришли к единому мнению о степени влияния электромагнитного излучения аппаратов сотовой связи на организм человека. Неоспоримым остается лишь тот факт, что излучение мобильного телефона в той или иной степени воздействует на наш организм и это может иметь те или иные последствия [2–6].

Энергетическая (физическая) причина нарушения здоровья людей в зонах с повышенной интенсивностью электромагнитных излучений состоит в устойчивом изменении характеристик собственных энергетических полей организма (биополей) под воздействием различных излучений. Под таким воздействием органы человека (как и других живых организмов) изменяют свои природные параметры функционирования. После выхода из опасной зоны защитные механизмы здорового организма в состоянии частично или полностью устранить образовавшиеся изменения биополя или молекулярной структуры организма.

Так, при длительном пребывании людей в зонах с повышенной интенсивностью различных излучений возникают недомогания со следующими симптомами: быстрая утомляемость; состояние апатии; общая слабость; головные боли; ослабление внимания, памяти; нарушение логики мышления и речи; нервные и психические расстройства; нарушение функционирования ослабленных органов, переходящее в постоянное болезненное состояние [7].

За последние десятилетия сформировался новый особый фактор вредного влияния окружающей среды – электромагнитные поля антропогенного происхождения. Некоторые специалисты даже относят электромагнитные поля к числу сильнодействующих экологических факторов с катастрофическими последствиями для всего живого [8].

Наиболее часто и сильно воздействию электромагнитного излучения при разговоре по мобильному телефону человек подвергает клетки собственного головного мозга. Мозг – это центр организма, посылающий электрические сигналы всему организму, и большинство процессов в нем происходят за счет образования временных электронных контуров. Поднося к голове источник излучения, человек начинает ока-

зывать влияние как на организацию мыслительных процессов, так и на передачу сигналов всем органам человека. Это может привести к изменениям в деятельности головного мозга: ухудшается память, ослабляется внимание, резко повышается раздражительность и утомляемость [9, с. 62].

Теме не менее, за последние годы можно считать твердо установленным фактом наличие допороговой (до появления субъективных ощущений) реакции сердечно-сосудистой системы в виде изменения структуры сердечного ритма под воздействием слабых электрических и магнитных импульсов на кожу обследуемого лица при проведении функциональной пробы на электромагнитную чувствительность. Это было убедительно показано в ходе прямых экспериментов доктора биологических наук, профессора Ю. Н. Таскаева [10]. Одного этого достаточно для того, чтобы гипотеза об экологических аспектах мобильной телефонии приобрела свою доказательную базу.

Поэтому для уменьшения воздействия на организм человека пульсирующего микроволнового излучения желательны следующие рекомендации:

1. Не подносите телефон к голове в момент установления соединения, так как в это время телефоны, использующие технологию GSM, обычно работают при большей мощности, чем во время разговора. Вообще рекомендуется пользоваться так называемой гарнитурой «hands-free», позволяющей не подносить мобильный аппарат непосредственно к головному мозгу.

2. Старайтесь не разговаривать в автомобиле по сотовому телефону. Металлический корпус легкового автомобиля значительно ухудшает условия для передачи сигнала от телефона к базовой станции, поэтому мощность передающего сигнала возрастает. В этом случае наиболее целесообразно использовать сотовый телефон с внешней антенной, которую лучше всего располагать в геометрическом центре крыши.

3. Держите телефон при разговоре так, чтобы не заслонять антенну рукой. В телефоне со встроенной антенной не следует касаться рукой верхней трети корпуса.

4. При разговоре в помещении следует по возможности подходить к окну (кроме крупных торговых центров, вокзалов и т. д., где операторы сотовой связи могут дополнительно устанавливать локальные базовые станции).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, В.Г. Взаимодействие открытых систем. / В.Г. Козлов [и др.] // Судостроительная промышленность. – 1990. - Вып. 28. – С. 46-58.
2. Хорсева, Н.И. Мониторинг психофизиологических показателей детей – пользователей мобильной связью / Н.И. Хорсева, П.П. Григал, Н.В. Горбунова // Тезисы V Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». – СПб., 2009. – С. 180.
3. Лебедева, Н.Н. Динамика ритмической активности коры головного мозга человека при воздействии электромагнитного поля мобильного телефона / Н.Н. Лебедева, Л.А. Погулова, Р.А. Марагай // Биомед. радиозлектроника. – 2010. – № 10. – С.3–10.
4. Будянская, Э.Н. О преждевременных изменениях со стороны гомеостатических систем организма пользователей видеодисплейных терминалов / Э.Н. Будянская // Первый международный конгресс: Слабые и сверхслабые поля в биологии и медицине. – СПб., 1997. - С. 219.
5. Вишневский, А.М. Магнитные поля, воздействующие на человека в условиях метро / А.М. Вишневский, А.Б. Разлётов, Е.А. Свядош, Т.В. Соколов // 1-й Международный конгресс: Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине. – СПб. – 1997. – С. 223.

6. Горшенина, Т.И. О гипоксическом влиянии слабых ПМП на живые организмы / Т.И. Горшенина, Л.Ф. Казимова, А.Э. Фрумкис, В.И. Садовникова // В кн.: Живые системы в электромагнитных полях. – Томск, 1979. – Вып. 2. – С.3–6.

7. Информационный канал // Экология вашего дома и офиса [Электронный ресурс]. – 1997-2011. – Режим доступа: <http://subscribe.ru/archive/home.help.ionization/200601/17121142.html>. – Дата доступа: 02.03.2012.

8. Центр Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Тюменской области [Электронный ресурс]. – Тюмень, 2004. – Режим доступа: <http://www.fondation-pegase.org/news06.htm>. – Дата доступа: 02.03.2012.

9. Малахов, Г.П. Электромагнитное излучение и ваше здоровье / Г.П. Малахов. – СПб: Невский проспект, 2003. – 128 с.

10. Таскаев, Ю. Н. Биоконтроль экстремальных факторов в электроэнергетике: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.б.н.: Спец. 03.00.16: Спец. 03.00.13 / Ю. Н. Таскаев; [Сиб. НИИ энергетики РАО ЕЭС]. – Новосибирск. – 2001. – 38 с.

УДК 007.681.3.01

Гнатюк С.П.<sup>1,2</sup>, Басов С.В.<sup>3</sup>, Хазизов Р.Ю.<sup>1</sup>, Чунаев А.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГУВО Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>2</sup> Северо-Западный институт печати ФГУВО Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>3</sup> УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

## **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИХ ДВУХГРАДАЦИОННЫХ (БИНАРИЗОВАННЫХ) ИЗОБРАЖЕНИЙ. I. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ БИНАРИЗАЦИИ**

The article proposes approach which can provide the basis for new instrumental methods of evaluation of different object parameters basing on analysis of their binarized images.

При проведении исследований в различных областях человеческой деятельности широко применяются методы, которые основаны на анализе изображений объектов различной природы. Однако получаемая информация зачастую носит качественный характер, что связано с объективными трудностями при получении количественных оценок даже при условии использования перспективных цифровых технологий (например, часто возникают проблемы оценки достоверности полученных данных в связи с потерей части информации в результате цифровой фильтрации и пр.). Это провоцирует появление новых алгоритмов, которые основаны в том числе и на статистическом подходе к анализу параметров исходных изображений, что может обеспечить получение результатов с заранее определенным уровнем достоверности.

В работе предложено использовать в качестве априорной информации для выделения информационно – значимых двухградационных (бинаризованных) элементов изображения результаты математического моделирования его гистограммы, которая, по мнению авторов, содержит всю необходимую информацию для наиболее обоснованного определения уровней бинаризации. Такой подход может резко снизить вероятность ошибок при интерпретации полученных данных, причиной которых может быть, например, слабая воспроизводимость условий получения первичного изображения.

Основным понятием, которое широко используется в многочисленных методах, лежащих в основе системного подхода к анализу информации, является понятие энтропии, причем выражения для "термодинамической" (в трактовке Больцмана) и "кибернетической" энтропии совпадают.

С энтропией тесно связано собственно понятие информации, точнее – ее количество. Если исходное состояние системы можно характеризовать определенной начальной энтропией  $H_1$ , а после преобразования сигнала – ее текущим значением –  $H_2$ , то количество информации определяется выражением  $I = H_1 - H_2$ . Физический смысл характеристик, которые предлагается использовать в рамках рассматриваемого метода, позволяет применять их и для анализа изображений, причем значимые результаты могут быть получены при количественной оценке их особенностей для идентификации и измерения различных характеристик объекта исследования [1–3].

В теории информации энтропию как меру количества информации, возможности выбора и неопределенности принято оценивать как:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_a p_i, \quad (1)$$

где  $p_i$  – вероятность появления дискретного события  $i$ ;

$a$  – основание логарифма;

$n$  – количество интервалов группирования данных.

Если в качестве основания логарифма  $a$  выбрано число 2, энтропия измеряется в битах.

Величина  $H$  есть энтропия дискретного множества вероятностей (средняя собственная информация), которая представляет собой количественную меру степени неопределенности исхода случайного опыта и которая зависит не от индивидуальных свойств результата опыта, а от соответствующих вероятностей, тогда максимальное разнообразие системы вычисляется по формуле Хартли:

$$H_{\max} = \log_2 n \quad (2)$$

Таким образом, справедлива формула:

$$-0 \leq H \leq H_{\max} \quad (3)$$

То есть максимум энтропии соответствует наибольшей неопределенности или равенству вероятностей всех возможных исходов опыта.

Исходные данные для вычисления энтропии системы представляют собой вариационный ряд, например, гистограмму распределения элементов изображения по значениям яркости, поэтому его энтропия будет зависеть от количества уровней, а при одинаковом количестве уровней – от их закона распределения. Тогда информационную загрузженность системы можно вычислить по формуле:

$$h = H / H_{\max} \quad (4)$$

Величину  $h$  можно интерпретировать как относительную энтропию, которая является мерой близости распределения пикселей по яркости исследуемого объекта к равномерному закону распределения.

Другой характеристикой, связанной с энтропией, является избыточность. Данная величина показывает, какая доля информации является избыточной, она дает соотношение между полным количеством информации, «шумом» (фактически это есть источник полезной информации об индивидуальных особенностях изображения изучаемого объекта, которые могут быть связаны с его природой или изменениями, которые могут происходить за счет протекания каких – либо процессов) и сохранившейся упорядоченностью системы.

Избыточность может быть вычислена как:

$$D = 1 - H / H_{\max} \quad (5)$$

Очевидно, что для полутонового изображения с 256 градациями яркости энтропия не превышает 8, а избыточность при равномерном законе распределения равна нулю. Кроме того, понятие избыточности можно использовать при обосновании возможности применения тех или иных методов анализа и адекватности типа выбранной модели.

Так как исходные данные для вычисления информационных характеристик изображения можно почерпнуть из анализа вида его гистограммы распределения значений интенсивности пикселей (6), то при условии, что гистограмма построена по частотам, выражение (1) можно привести к виду (7):

$$\omega_i = n_i / N, \quad (6)$$

где  $n_i$  – количество пикселей, принадлежащих данному значению яркости;  
 $N$  – общее количество пикселей;

$\omega_i$  – частота, с которой встречаются пиксели данной яркости в изображении;

$$H = - \sum_{i=1}^n \omega_i \log_a \omega_i \quad (7)$$

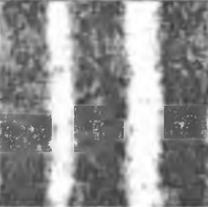
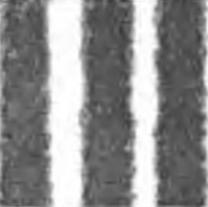
Предлагаемый подход может быть использован в материаловедении при необходимости получения количественной информации об изменении состояния либо свойств различных материалов в результате протекания процессов как внутри объекта исследования, так и на его поверхности в том числе под влиянием внешних факторов.

Для экспериментальной проверки обоснованности предлагаемого подхода было проведено исследование особенностей поведения системы «бумага – компоненты чернил (красок) для цифровой струйной печати» и ее влияние на величины энтропийных параметров увеличенного изображения тест – объекта, таблица 1. Рассчитанные значения информационных характеристик изображения исходного тест - объекта и его изображений на различных типах материалов (бумаг) для струйной печати различного качества показали, что имеют место значительные изменения в распределении яркостной информации в зависимости от природы и качества образцов носителей, а это сказывается на существенном изменении величин избыточности, энтропии, ее относительного и максимального значений.

При относительно малом уровне регресса значений энтропии наблюдался существенный рост показателя избыточности и величины относительной энтропии, что хорошо коррелирует с изменением геометрических (гладкость, шероховатость) и оптических (лоск, глянец) характеристик материалов. Это скорее всего связано с появлением в изображении тест - объекта новых классов элементов изображения и отличиями в заселенности этих классов для различных типов носителей.

Предложенный подход может лечь в основу создания либо совершенствования целого ряда современных инструментальных методик на базе информационных технологий.

Таблица 1 – Энтропийные характеристики тест-объекта и его изображения на различных типах материалов

	Вид использованного тест – объекта и его изображение на поверхности бумаг различного качества (увеличение X200)	Энтропия*	Избыточность*	Относительная энтропия*	Максимальная энтропия*
Изображение исходного тест-объекта		1,00	0,79	0,21	4,64
Бумага общего назначения		3,94	0,15	0,84	4,64
Бумага с матовой поверхностью рецептивного слоя		3,45	0,26	0,74	4,64
Бумага с глянцевой поверхностью рецептивного слоя		3,21	0,30	0,69	4,64

- относительная погрешность измерения не превышает 3%

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, К.А. Выделение статистически однородных участков изображения. Иконика. Обработка изображений / К.А. Иванов – М.: Наука, 1975. – С. 62 – 73.
2. Леонтьук, А.С. Информационный анализ в морфологических исследованиях / А.С. Леонтьук, Л.А. Леонтьук, А.И. Сыкало. – М.: Наука и техника, 1981. – 160 с.
3. Morrison. D.F. Multivariate Statistical Methods, third edition / D.F. Morrison. – N.Y.: McGraw – Hill, 1990. - 396 p.

УДК 007.681.3.01

Гнатюк С.П.<sup>1,2</sup>, Басов С.В.<sup>3</sup>, Хазизов Р.Ю.<sup>1</sup>, Чунаев А.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГУВО Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>2</sup> Северо-Западный институт печати ФГУВО Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>3</sup> УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИХ ДВУХГРАДАЦИОННЫХ (БИНАРИЗОВАННЫХ) ИЗОБРАЖЕНИЙ. II. ПОСТРОЕНИЕ ДВУХГРАДАЦИОННЫХ (БИНАРИЗОВАННЫХ) СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

The article describes method which can provide the basis for creating technical vision systems for persistent monitoring of parameters of different objects and systems with prescribed level of quantitative information reliability.

Статистический подход к анализу изображения изучаемого объекта может обеспечить получение информации об изменении его характеристик. Использование ранее предложенных методик [1, 2], основанных, например, на управлении процессом бинаризации посредством изучения изменения значения производных яркости (изображения поверхности вершин, поверхности долин, поверхности нулевого градиента, поверхности среза) показало, что результаты исследования часто зависят от условий получения априорной информации.

Альтернативой может служить метод, который предполагает оценивание положения уровней бинаризации из гистограммы распределения элементов изображения по величинам яркости. В этом случае определяющими оказываются не абсолютные значения яркости, напрямую связанные с процессом формирования исходного изображения, а соотношения площадей информационно – значимых ее элементов.

На первом этапе проводили построение ее аддитивной стохастической математической модели, рисунок 1:

$$Y = \sum_{i=1}^n K_i * f_i(p_{i,1}, p_{i,2}), \quad (1)$$

где  $K_i$  – масштабные коэффициенты;

$f_i(p_{i,1}, p_{i,2})$  – функции Гаусса - Лапласа, аппроксимирующие яркостные характеристики групп пикселей, образующих  $i$ -й информационно – значимый фрагмент гистограммы исходного изображения объекта.

Значения параметров  $p_{i,1}, p_{i,2}$  рассчитывали с использованием методов условной оптимизации (в качестве критерия оптимизации приняли минимум суммы квадратов отклонений экспериментальных значений распределения элементов изображения по яркости от  $Y$ , ошибка адекватного математического описания гистограмм исходных изображений не превышала 3 – 5%).

Выбор вида  $f_i(p_{i,1}, p_{i,2})$  был осуществлен на основании анализа распределения элементов изображения по яркости информационно – значимых его составляющих (показано, что форма распределения удовлетворительно аппроксимируется функцией нормального распределения).

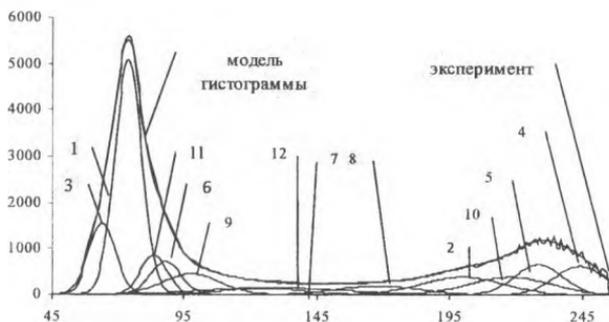


Рисунок 1 – Гистограмма изображения объекта исследования, ее математическая модель и семейства информационно-значимых составляющих  $f_i(p_{i,1}, p_{i,2})$

Как следует из таблицы 1, положение максимумов распределения яркости элементов изображения, принадлежащих его различным информационно-значимым составляющим и их дисперсии, варьируют в довольно широких пределах.

Таблица 1 – Значения параметров  $p_{i,1}, p_{i,2}$  информационно – значимых составляющих  $f_i(p_{i,1}, p_{i,2})$  аддитивной модели гистограммы исходного изображения

$i$ – номер группы	$p_{i,1}$ – положение максимума распределения значений яркости в таксоне, усл. ед.	$p_{i,2}$ значение полуширины распределения значений яркости в таксоне, усл. ед.
1	73	5
2	200	15
3	63	5
4	243	9
5	228	8
6	88	5
7	128	25
8	168	14
9	97	10
10	217	15
11	83	5
12	125	15

Количественная оценка значений параметров математического описания гистограммы исходного изображения позволила перейти ко второму этапу – объединению  $f_i(p_{i,1}, p_{i,2})$  в кластеры, таблица 2.

Таблица 2 – Результаты объединения составляющих групп элементов исходного изображения в классы и реконструкции бинаризованных (двухградационных) изображений

<p>Дендрограмма</p>			
<p>Диаграмма рассеяния. Кластеры: 1 - □, 2 - Δ, 3 - ○; центры тяжести - +.</p>			
<p>Исходное полутоновое изображение</p>			
<p>Гистограммы классов</p>			
<p>Составляющие изображения</p>			

Для этого использовали методы кластерного анализа. Современный инструментальный методов кластерного анализа широко представлены алгоритмами агломеративного иерархического группирования объектов и признаков, позволяющими наглядно

представлять стратификационную структуру исследуемой совокупности объектов. Критерием качества выполнения процедуры кластеризации может служить различие в расстояниях между объектами внутри кластера и расстояниями между соседними кластерами. В настоящей работе объекты классифицировались по методу "дальних соседей" с метрикой "квадрат евклидова расстояния". Подобный выбор был продиктован особенностью алгоритма "дальних соседей", которая заключается в формировании кластеров сферической формы по принципу минимального расстояния объектов внутри класса (см. диаграмму рассеяния, таблица 2). Таким образом, реализовалась возможность выделения кластеров информационно-значимых составляющих, не имеющих пересечения между собой.

Это позволило перейти к завершающему этапу - реконструкции информационно-значимых двухградационных (бинаризованных) составляющих исходного изображения, которую осуществляли посредством выделения элементов, принадлежащих соответствующему кластеру из всей совокупности его элементов.

Первоначально метод использовали в рамках системного подхода к изучению особенностей поведения системы «бумага – компоненты чернил (красок) для цифровой струйной печати» для количественной характеристики комплекса адгезионно-адсорбционных взаимодействий. Впоследствии было показано, что его использование может привести к увеличению информативности таких физико-химических методов анализа, как тонкослойная, бумажная, элюэнтная микроколоночная хроматография, методов трубочного анализа и др.

Описанный метод может лечь в основу создания систем технического зрения для непрерывного мониторинга параметров состояния объектов и систем различной природы с заданным уровнем достоверности получаемой количественной информации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, К.А. Выделение статистически однородных участков изображения. Иконика. Обработка изображений / К.А. Иванов – М.: Наука, 1975. – С. 62 – 73.
2. Леонтьук, А.С. Информационный анализ в морфологических исследованиях / А.С. Леонтьук, Л.А. Леонтьук, А.И. Сыкало. – М.: Наука и техника, 1981. – 160 с.
3. Morrison, D.F. Multivariate Statistical Methods, third edition / D.F. Morrison. – N.Y.: McGraw – Hill, 1990. - 396 p.

УДК 620.9

Головач А.П., Монгик С.В.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Possibilities of the complex decision of a problem energy savings of residential buildings are considered: both at the expense of perfection of constructive system of buildings, and at the expense of application energy-efficient engineering systems.

В Европе на сегодняшний день существует следующая классификация зданий в зависимости от их уровня энергопотребления [1]:

– “Старое здание” (здания построенные до 1970-х годов) — они требуют для своего отопления около трехсот киловатт-часов на квадратный метр в год:  $300 \text{ кВт} \times \text{ч} / \text{м}^2$  в год.

- “Новое здание” (которые строились с 1970-х до 2000 года) —  $150 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год.
- “Дом низкого потребления энергии” (с 2002 года в Европе не разрешено строительство более низкого стандарта!) — энергоэффективный дом,  $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год.
- “Пассивный дом” (уже принят Закон, согласно которому с 2019 года в Европе нельзя строить дома за стандартом ниже, чем пассивный дом!) —  $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год.
- “Дом нулевой энергии” (здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащенное так, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает) —  $0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год.
- “Дом плюс энергии” — здание, которое с помощью установленного на нем инженерного оборудования – солнечных батарей, коллекторов, геоловых насосов, рекуператоров и т.п. – вырабатывало бы больше энергии, чем само потребляло.

Директива энергетических показателей в строительстве (Energy Performance of Buildings Directive.), принятая странами Евросоюза в декабре 2009 года, говорит о том, что после 31 декабря 2019 года в Европе разрешено будет строить дома только по стандарту не ниже пассивного.

При этом следует заметить, что дома нулевой или плюс энергии не отличаются от пассивного стандарта ни своими архитектурно-планировочными приемами, ни основными принципами проектирования и строительства. В них увеличивается только количество и мощность инженерного оборудования.

Пассивный дом проектируется таким образом, чтобы не активно (с помощью инженерного оборудования и использования энергоресурсов), а пассивно (то-есть с помощью архитектурно-планировочного решения) поглощать, аккумулировать и сохранять максимальное количество тепла (а летом – холода) из окружающей среды. Это достигается посредством соответствующего архитектурного проектирования, которое обеспечивает попадание внутрь здания максимального количества низкого зимнего солнца, защиту от перегрева высоким летним, максимально долгое сохранение этого полученного тепла (или холода) с помощью качественной теплоизоляции и соответствующего пространственно-планировочного решения (базирующегося на принципе экологического зонирования).

Одним из главных направлений, позволяющим снизить энергопотери жилых домов и, следовательно, потребление тепловой энергии на отопление, являются повышение теплозащиты зданий за счет увеличения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Исследования показывают, что при эксплуатации традиционного многоэтажного жилого дома через стены теряется до 40% тепла, через окна – 18%, подвал – 10%, крышу – 18%, вентиляцию – 14% [2].

Однако повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилого дома не в полной мере решает проблему энергосбережения при эксплуатации жилищного фонда. Строительная практика последних лет показала, что применение утепленных ограждающих конструкций и окон нового поколения с повышенным термическим сопротивлением обостряет проблему обеспечения качественной воздушной среды в жилых помещениях. При утепленной стене, герметичных оконных конструкциях и герметичной заделке окон в стеновую конструкцию исключается возможность поддержания нормативного уровня воздухообмена в помещениях жилого дома, за исключением случая открывания окон или форточек. Однако при этом теряется смысл установки герметичных окон с высоким термическим сопротивлением. Кроме того, система вентиляции в жилых помещениях, базирующаяся на принципе

инfiltrации воздуха через окна, не обеспечивает требуемое качество воздушной среды в квартирах нижних этажей вследствие сильного загрязнения нижних слоев наружного воздуха, а также необходимый уровень защиты от шума, к тому же имеет место интенсивный выброс тепла в атмосферу. Очевидно, что энергоэффективность здания определяется совокупностью многих факторов.

Это означает, что проблему энергосбережения необходимо решать комплексно: как за счет совершенствования конструктивной системы зданий, так и за счет применения энергоэффективных инженерных систем.

Наиболее перспективным направлением в решении этой проблемы является переход к строительству энергоэффективных жилых домов.

В Республике Беларусь разработан и в 2007 г. реализован в г. Минске первый проект энергоэффективного панельного жилого дома [2]. В проекте использованы различные методы снижения энергопотерь, в том числе за счет применения окон нового поколения и стеновых панелей с увеличенным сопротивлением теплопередаче, а также разработанных квартирных блоков для систем принудительной вентиляции и отопления с рекуперацией отходящего из помещений воздуха. Указанные системы предназначены для обеспечения вентиляции и отопления жилых зданий с минимальным потреблением электрической (или тепловой) энергии. Квартирный блок изготовлен преимущественно из материалов и комплектующих отечественного производства, данный блок компактен, имеет приемлемый вес, гармонично встраивается в интерьер современной квартиры. Потребление электрической энергии данной системы для подогрева холодного воздуха с температурой  $-24^{\circ}\text{C}$  до температуры  $+20^{\circ}\text{C}$  не превышает  $2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ .

Мониторинг эксплуатации данного здания 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.

Стоимость квадратного метра общей площади такого жилья возрастает на 50–100 долл., в зависимости от этажности. Однако при снижении энергопотребления на отопление здания затраты окупятся в среднем через 6,5 лет, а с увеличением стоимости энергоресурсов срок окупаемости будет сокращаться. При этом средний срок службы жилых домов крупнопанельного строительства составляет около 100 лет. Экономичность эксплуатации объектов строительства уже в ближайшей перспективе станет основным показателем качества проекта, здания и сооружения в целом.

Учитывая положительный опыт эксплуатации энергоэффективного дома, Правительством Республики Беларусь принято решение о поэтапном переходе к проектированию и строительству энергоэффективного жилья. Уже реализованы экспериментальные проекты энергоэффективных жилых домов в городах Гомеле, Гродно, Витебске. На втором этапе – переход к массовому проектированию и строительству энергоэффективного жилья [2].

Снижение энергопотребления объектами жилищно-коммунального сектора требует от строительной индустрии решения целого ряда задач, в числе которых: создание проектов и строительство энергосберегающих зданий; разработка и внедрение энергоэффективных систем жизнеобеспечения; тепловая модернизация эксплуатируемых зданий и сооружений; использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергообеспечения зданий; совершенствование нормативной и законодательно-правовой базы; информирование и обучение населения энергосбережению при эксплуатации зданий и сооружений; создание системы стимулов для населения, обеспечивающих массовое внедрение энергосберегающих мероприятий.

Строительство энергоэффективных домов в республике будет способствовать снижению энергопотребления при эксплуатации жилых домов и повышению качества жизни граждан за счет обеспечения комфортных условий проживания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Decision No 647/2000/EC of the European Parliament of the Council of 28 February 2000 adopting a multiannual programme for the promotion of energy efficiency (SAVE) (1998 to 2002), Official Journal L 079, 30/03/2000 P.0006. (Решение о принятии долгосрочной программы содействия энергетической эффективности (SAVE) с 1998 по 2002 годы).

2. Минстройархитектуры Республики Беларусь. Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mas.by>. – Дата доступа: 11.03.2012.

УДК 543.3

Головач А.П.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ВОДНЫХ СИСТЕМ

The role of humic substances in behaviour and transformation of heavy metals and organic pollutants in natural waters is considered. Importance of the account of processes of complexation is proved by working out of limiting water quality indexes.

Природные поверхностные воды являются сложными растворами, в которых присутствуют разнообразные природные и антропогенные минеральные компоненты и органические вещества различной степени дисперсности. Возрастающая производственно-хозяйственная деятельность человека приводит к неизбежному увеличению концентрации тяжелых металлов и органических загрязняющих веществ в природных водах. Воздействие загрязнителей на экосистемы в значительной степени зависит от особенностей миграции их в гидросфере. Имеется в определенной степени обоснованное предложение при установлении ограничивающих показателей качества воды (предельно допустимых концентраций) учитывать не только абсолютную концентрацию отдельных веществ в воде, но и форму существования их в виде определенных соединений, а также состояние этих соединений в водах, зависящее от величины pH среды и других факторов [1]. Например, большинство природных вод обладает способностью связывать ионы тяжелых металлов, поступающих в водные объекты [2]. “Буферная ёмкость” воды с точки зрения потенциальной возможности снижения токсического воздействия тяжелых металлов на гидробионты определяется величиной ее комплексообразующей способности. Наиболее существенный вклад в комплексообразующую способность природных вод вносит растворенное органическое вещество, о чем свидетельствуют данные экспериментов по предварительному облучению исходных проб воды, которое приводит к заметному уменьшению и даже исчезновению комплексообразующей способности природных вод [3].

Органические вещества в природных водах представляют собой соединения углерода с другими элементами. В водотоки и водоемы органические вещества поступают в результате прижизненных выделений гидробионтов, распада отмерших водных иоколоводных организмов, поступлений с водосбора, из болот и со сточными водами хозяйства. Содержание разнообразных органических веществ в природных водах колеблется в очень широких пределах – от сотых долей миллиграмма до сотен миллиграммов на литр. Органические вещества природных вод характеризуются различной степенью дисперсности – от взвесей до истинных растворов. Они обуславливают цветность вод, многие являются хорошими восстановителями и физиологически активны. Процессы образования и разрушения органических веществ в водоемах тесно связаны с круговоротом в природе ряда элементов и их миграцией вследствие лабильности органических соединений и склонности их к комплексообразованию с неорганическими элементами. Изменение состава органических веществ в природных условиях направлено в сторону образования и накопления биохимически стойких соединений: большая часть органических веществ минерализуется, а наиболее стойкие образуют водный гумус.

Для природных поверхностных вод Республики Беларусь наряду с исключительным разнообразием состава растворенных органических веществ характерен широкий диапазон вариаций в содержании отдельных компонентов, а также доминирование природных высокомолекулярных гидрофильных веществ собственно гумусовой природы – фульвовых и гуминовых кислот, которые представляют собой биохимические устойчивые полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. В поверхностных водах гумусовые вещества составляют 60–90 % от общего количества растворенных органических веществ [4] и, находясь в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, формируют, в основном, естественный фон примесей. Их многоосновный полифункциональный характер позволяет отнести эти высокомолекулярные вещества к би- и даже полидентантным лигандам, склонным образовывать с металлами устойчивые комплексные соединения хелатного типа.

В результате комплексообразования загрязняющие вещества приобретают миграционные свойства лигандов. В поверхностных водах гумусовые кислоты находятся в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Распределение гумусовых веществ между основными формами миграции обусловлено их концентрацией, химическим составом вод, pH раствора и другими факторами. Физико-химическое состояние гумусовых кислот определяет миграционные свойства закомплексованных металлов. Однако и сами металлы, взаимодействуя с гумусовыми веществами, способны существенно изменять поведение самих макромолекул в растворе. Координация катионов отрицательно заряженными функциональными группами высокомолекулярного лиганда приводит к ослаблению внутримолекулярного отталкивания. В результате предпочтительной становится компактная свернутая конфигурация макромолекул гумусовых кислот в растворе, они становятся более гидрофобными и выпадают в осадок.

Растворенные формы, которые включают комплексы щелочных и щелочноземельных элементов с фульвовыми и частично с гуминовыми кислотами, занимают доминирующее положение в природных водах. Легко гидролизуемые катионы  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и другие могут образовывать растворимые комплексы с фульвокислотами, благодаря чему их миграционная способность возрастает на 2–3 порядка [5].

Значительная часть гуминовых кислот, высокомолекулярных фракций фульвокислот и их соединений в природных водах существует в виде частиц коллоидной дисперсности и составляет коллоидную форму миграции закомплексованных микроэлементов. Образование металлорганических коллоидов можно объяснить адсорбцией органических поликислот на неорганическом коллоиде (гидроксиды железа, марганца, алюминия) и комплексообразованием полядерных гидроксидов с гуминовыми и фульвовыми кислотами. Гумусовые соединения придают отрицательный заряд коллоидным агрегатам, способствуя их стабилизации в растворе и повышая миграционную активность элементов в природных водах.

Нерастворимые комплексные соединения металлов с гумусовыми веществами, скоагулировавшие органические коллоиды и металлоорганические ассоциаты и гуминовые и фульвовые кислоты, адсорбированные на поверхности глинистых материалов, составляют взвешенные формы миграции. Соосаждаясь с глинами, гумусовые вещества переводят в твердую фазу связанные с ними катионы металлов, в значительной мере определяя процессы аккумуляции металлических загрязнений в природных водах.

В природных водах происходит постоянный обмен металлами между растворенной формой, частицами коллоидов и донными отложениями. Коллоиды способны активно сорбировать тяжелые металлы. Со временем коллоидные растворы коагулируют, в результате чего загрязнения оседают на дно. Если поступление тяжелых металлов прекращается, поверх загрязненного ила образуется свежий слой "чистых" донных отложений. В результате тяжелые металлы изолируются и выводятся из экосистемы. Вода самоочищается. Именно так водоёмы справляются с последствиями антропогенных аварий. Однако процесс перехода загрязнителей в донные отложения может быть обратимым. При некоторых условиях, например, при интенсивном паводке, тяжелые металлы опять попадают в толщу воды. Это приводит к серьезным экологическим последствиям, предотвратить которые можно, зная поведение тяжелых металлов в системе природная вода – коллоиды – донные отложения.

Различные поверхностные воды по-разному связывают ионы металлов-токсикантов, проявляя при этом различную буферную емкость. Воды озер и рек южной части Беларуси характеризуются высокой концентрацией гумусовых веществ и поэтому способны к более эффективной природной детоксикации, по сравнению с водами северной части. То есть, при прочих равных условиях токсичность вод, в которых оказались загрязнители, зависит и от климатических условий природной зоны. Следует отметить, что буферная емкость поверхностных вод по отношению к металлам-токсикантам определяется не только наличием растворенного органического вещества и взвесей, но и аккумулирующей способностью гидробионтов, а также кинетикой поглощения ионов металлов всеми компонентами экосистемы, включая комплексообразование с растворенными органическими веществами. Все это говорит о сложности процессов, протекающих в поверхностных водах при попадании в них металлов-загрязнителей.

Гумусовые вещества в значительной мере определяют "буферную емкость" водных экосистем не только к металлам, но и к органическим загрязнителям. Эти высокомолекулярные соединения природного происхождения могут увеличивать кажущуюся растворимость неполярных соединений, связывать органические соединения как ковалентными связями, так и с образованием комплексов с переносом заряда, водородными и ван-дерваальсовыми связями. С растворимым гумусом связано до 96 % аминокислот, доля

которых достигает 21–35 % в азотсодержащей фракции органического вещества природных вод, гуминовые и фульвокислоты увеличивают в несколько раз растворимость пестицидов (ДДТ), *n*-алканов и полиароматических углеводородов [6]. Гумусовые кислоты, кроме того, могут ускорять гидролиз пестицидов, влиять на результаты определения полиароматических углеводородов в водах, фотосенсибилизировать разложение некоторых загрязняющих веществ, изменять летучесть и биоусвояемость связанных фракций различных органических соединений. Наличие гумусовых веществ снижает биоусвояемость многих гидрофобных органических токсикантов, так как образующиеся комплексы не способны к диффузии через клеточную мембрану. Например, константа скорости поглощения и биоконцентрирования бенз(а)пирена атлантическим лососем в присутствии гумусовых кислот снижается на 30 %.

С гигиенической точки зрения гумусовые кислоты безвредны, однако они сильно влияют на органолептические свойства питьевой воды, придавая ей желто-коричневую окраску и снижая вкусовые качества. Другим отрицательным качеством гуминовых кислот, находящихся в воде рек и озер, является большое потребление ими растворенного кислорода, что приводит к его резкому снижению в период ледостава и заморным явлениям гидробионтов, особенно рыбы.

Таким образом, гуминовые и фульвокислоты выполняют важные функции в гидросистеме: влияют на процессы самоочищения водоемов и обуславливают качество воды. Поэтому изучение их состава и содержания в поверхностных водах важно с точки зрения оценки уровня загрязненности водоемов, контроля их продуктивности, степени очистки воды для промышленных и питьевых целей, изучения состояния микрокомпонентов и форм их миграции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agg, A.R. Red-list substances: selection and monitoring / A.R. Agg, T.E. Zabel // *J. Inst. Water and Environ. Manag.* – 1990. – Vol. 4, № 1. – P. 44–50.
2. Линник, П.Н. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и детоксикации (на примере водохранилищ Днепра) / П.Н. Линник, Т.А. Васильчук. // *Гидробиол. журн.* – 2001. – Т. 37, №5. – С. 98–112.
3. Сорбционное концентрирование гумусовых кислот из вод / Г.М. Попович, Ф.М. Тулопа, Г.В. Лантух [и др.] // *Хим. и технол. воды.* – 1989. – Т. 11, № 3. – С. 241–244.
4. Головач, А.П. Исследование органических примесей в воде методом флуоресцентной спектроскопии // *Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов Международной научно-технической конференции.* – Брест: из-во БрГТУ, 2010. – С. 274–277.
5. Едигарова, И.А. Комплексообразующая способность растворенного органического вещества природных вод / И.А. Едигарова, В.Н. Красноков, И.А. Лапин, А.М. Никанорова // *Водные ресурсы.* – 1989. – № 4. – С. 122–129.
6. Chion, C.T. Water solubility enhancement of some organic pollutants and pesticides by dissolved humic and fulvic acids / C.T. Chion, R.L. Malcolm, N.I. Brinton, D.E. Kite // *Environ. Sci and Technol.* – 1989. – Vol. 20, № 5. – P. 502–508.

УДК 631.62

Громаченко С.Ю., Рокочинский А.Н.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г.Ровно, Украина

## ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖНО-АККУМУЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРИРОДООХРАННОГО ОБУСТРОЙСТВА ОБЪЕКТОВ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ

The design characteristics and mathematical expressions for drainage-accumulation system filtration and sorption characteristics determining in the complex of engineering land reclamation measures have been considered.

Полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) и свалки мусора являются сложными природно-техническими системами и факторами продолжительного негативного воздействия на окружающую среду, поскольку выступают источниками выброса многокомпонентных и многофазовых потоков загрязняющих веществ [1]. Понятием «загрязнение» в данном случае описывается поступление в окружающую среду продуктов техногенеза, определяющих вредное токсическое воздействие на человека, биоту и созданную человеком инфраструктуру.

Для предотвращения загрязнения ландшафтов, локализации и дальнейшей нейтрализации вредных веществ в отходах и потоке фильтрата предлагается применение комплекса инженерно-мелиоративных мероприятий (КИММ) [1, 2].

Анализ литературных источников [3, 4 и др.], а также основные принципы создания современных дренажных систем и синтез новейших эффективных технических достижений мотивировали к выводу, что наиболее рациональным и совершенным с технической и экологической точек зрения относительно решения задачи разработки КИММ есть *дренажно-аккумулятивная система (ДАС)*, состоящая из достаточно надежных водоочистительных (сорбционных) и одновременно фильтрующих (водоотводных) дренажных устройств – *дренажных траншей-поглотителей (ДТП)*, определенным образом расположенных в грунтовом профиле.

В последнее время в Украине развитием и усовершенствованием идеи комбинации фильтрационно-водоотводных дренажных устройств и аккумуляционно-сорбционных элементов в традиционном дренаже занимались Г.С. Потоцкий, Л.Ф. Кожушко, М.М. Ткачук, С.В. Кравец, П.М. Скрипчук, А.В. Черенков [3-5] и др. Они рассматривали существующие дренажные устройства и дополнительные аккумулярующие элементы, как обеспечивающие водозахватывающие, водоотводные и водоаккумулярующие свойства в системе традиционного комбинированного дренажа, представляющего собой совокупность дрен, расположенных в двух уровнях.

В отличие от этого, рассматриваемым нами комплексом инженерно-мелиоративных природоохранных мероприятий предусмотрено обеспечение достаточного уровня надежности и эколого-экономической эффективности относительно:

- а) очищения потока фильтрата, загрязняющие химические соединения которого в составе миграционного потока грунтовых вод перемещаются в окружающую среду;
- б) безопасного и интенсивного (в случае высокого стояния УГВ в основе полигона или свалки мусора) отвода влаги из массива складирования отходов.

Поэтому, в соответствии с конструкцией и принципом действия, ДАС предназначена для выполнения двух основных функций – *фильтрационной* (водоотводящей) и *сорбционной* (поглощение многокомпонентных загрязняющих веществ из раствора фильтрационных вод, осуществляемое на основе использования механизмов физической и физико-химической адсорбции).

При этом, наполнение траншеи-поглотителя формирует *изолирующая активная сорбционно-фильтрационная засыпка (ИАСФЗ)*, одновременно обеспечивающая реализацию указанных функций. Такая засыпка представляет собой смесь двух полидисперсных систем: изолирующего активного сорбционного материала – мелиоранта-сорбента и фильтрующего инертного материала – песка (грунта, гравия и т.п.).

В качестве мелиоранта-сорбента предлагается использование промышленного отхода и побочного продукта добычи базальта – цеолит-смектитового туфа. Практически неограниченные его запасы имеются в Ровенско-Волынском регионе, а невысокая стоимость, высокие адсорбционные, ионообменные свойства обуславливают экономическую целесообразность использования этого естественного сорбента в процессах очистки фильтрата, поверхностного стока и дезодорации территории складирования отходов. Методика определения норм внесения мелиоранта-сорбента, как компонента КИММ, реализующего выполнение сорбционной функции, приведены в [1].

С точки зрения мелиорации, исходя из условия обеспечения фильтрационной функции, ДПП рассматриваем в качестве *траншейного дренажного фильтра*, который, согласно существующей классификации, характеризуется [3]:

- по материалу происхождения – естественный грунтовой фильтр, как смесь полидисперсных систем (грунт, песок, гравий и т.п.);
- по конструктивным и технологическим особенностям – траншейный фильтр, который сформирован аморфной рыхлой обсыпкой;
- по характеру фильтрующей пористой среды – представлен гранулированным материалом, имеющим пористую среду с характеристиками, поддающимися расчету в соответствии с условиями применения (сыпучие материалы).

Одним из основных требований к дренажным фильтрам вообще традиционно является обеспечение высоких фильтрационных свойств и максимального притока воды к дренам при минимальных фильтрационных сопротивлениях.

Проведенные исследования коэффициента фильтрации ИАСФЗ на физических моделях научно-исследовательской лаборатории кафедры гидротехнических сооружений НУВХП дают возможность установить изменение коэффициента фильтрации  $k$ , полидисперсной системы песок – цеолит-смектитовый туф, в зависимости от доли массы  $A$  активного изолирующего сорбционного материала в смеси засыпки ДПП (рис. 1).

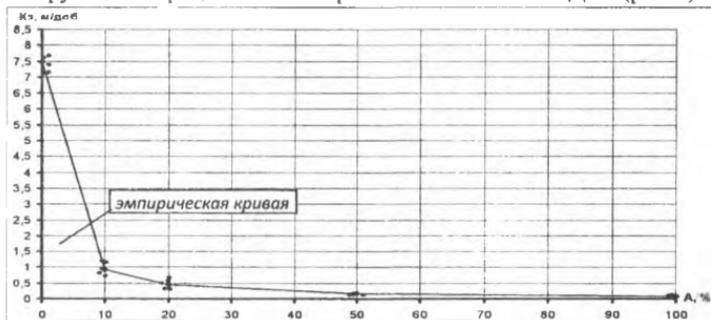


Рисунок 1 – Экспериментальная зависимость коэффициента фильтрации ИАСФЗ от доли массы  $A$  мелиоранта-сорбента в общей смеси засыпки

Здесь величина  $A$  определяется по формуле вида

$$A = \frac{m}{m_{ас} + m_f} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_{ас}$  – масса мелиоранта-сорбента в смеси ИАСФЗ;

$m_f$  – масса инертного фильтрующего заполнителя в смеси ИАСФЗ.

Исходя из обеспечения необходимой интенсивности отведения фильтрационных вод (с их одновременной очисткой) с массива складирования отходов, выделим два рабочих диапазона изменения величины  $k_c$  от параметра  $A$ ,  $k_c = f(A)$  (рис. 2, 3).

$$k_c = \begin{cases} f(A_1), A = 0,20; \\ f(A_2), A = 20,100. \end{cases} \quad (2)$$

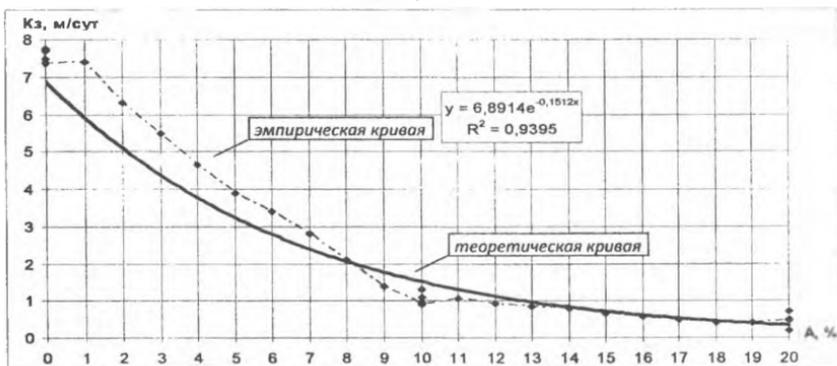


Рисунок 2 – График зависимости  $k_c = f(A_1)$ ,  $A = 0,20$  в основном рабочем диапазоне, обеспечивающем интенсивное отведение фильтрационных вод ( $k_c > 0,5 \dots 1,0$  м/сут)

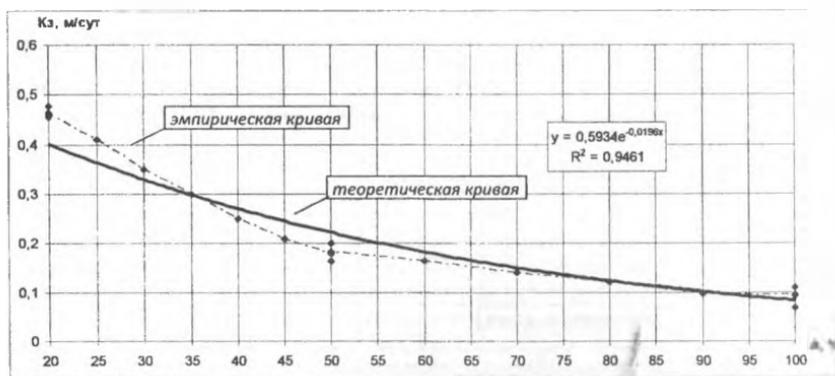


Рисунок 3 – График зависимости  $k_c = f(A_2)$ ,  $A = 20,100$  в рабочем диапазоне, обеспечивающем отведение фильтрационных вод с интенсивностью на уровне окружающего дренируемого грунта ( $k_c < 0,5$  м/сут)

Тогда изменение величины  $k_s = f(A)$  описывается зависимостями вида

$$k_s^{(1)} = 0,921 \cdot k_{ij} \cdot e^{-0,15 \frac{m}{m_{\text{max}} + m}} \cdot 100, A = 0,20; \quad (3)$$

$$k_s^{(2)} = 0,079 \cdot k_{ij} \cdot e^{-0,0196 \frac{m}{m_{\text{max}} + m}} \cdot 100, A = 20,100; \quad (4)$$

где  $k_{ij}$  – коэффициент фильтрации инертного фильтрующего заполнителя. Остальные обозначения аналогичны предыдущим.

Таким образом, полученные математические зависимости дают возможность рассчитывать ИАСФЗ с заданными фильтрационными, а также в дальнейшем и сорбционными функциональными характеристиками для разработки ДАС в комплексе инженерно-мелиоративных природоохранных мероприятий при утилизации отходов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громаченко, С.Ю. Обґрунтування норми внесення меліоранту-сорбенту у комплексі інженерно-меліоративних заходів при утилізації відходів / С.Ю. Громаченко, Н.М. Корчик, А.М. Рокочинський // Вісник НУВГП. – Рівне, 2011. Вип. 2 (54). – С. 84-91.
2. Рокочинський, А.М. Обґрунтування необхідності розробки комплексу інженерно-меліоративних заходів для запобігання забруднення природних екосистем відходами / А.М. Рокочинський, С.Ю. Громаченко. – Гідромел. та гідротехн. буд. (34). – Рівне: НУВГП, 2009. – 372 с.
3. Кожушко, Л.Ф. Удосконалення дренажних систем / Л.Ф. Кожушко – Рівне: Видавництво РДТУ, 2001. – 279 с.
4. Кожушко, Л.Ф., Прогрессивные конструкции дренажных систем и технология их устройства / Л.Ф. Кожушко, С.В. Кравец, В.Н. Попроцкий – Ровно: Управление по печати, 1991. – 250 с.
5. Кожушко, Л.Ф. Обґрунтування оптимальних параметрів об'ємних дренажних фільтрів / Л.Ф. Кожушко, П.М. Скрипчук, А.В. Черенков // ВГУ. – 1996. – №4 – С. 4-7.

УДК 628.2:620.193

Дмухайло Е.И., Белов С.Г.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

### ГАЗОВАЯ КОРРОЗИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ГОРОДСКОЙ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

По данным [1], до 70% аварий на городских водоотводящих коллекторах происходит из-за газовой сульфатной коррозии. Основным агентом коррозии является сероводород  $H_2S$ . Он растворяется в воде, конденсирующейся на сводах трубопроводов, не омываемых сточными водами, и проникает в поры бетона. В конденсате, образовавшемся на стенках коллектора, происходит биохимическое окисление сероводорода кислородом воздуха:



Образовавшаяся сера далее в процессе биохимического окисления окисляется в серную кислоту:



Воздействие на бетон серной кислоты вызывает образование сульфата кальция и сульфата алюминия. Значительное расширение, вызываемое образованием этих соединений, приводит к растрескиванию и разрушению бетонных конструкций водотоков.

Прогнозирование вероятности возникновения газовой сульфатной коррозии бетонных канализационных сетей производится по индексу Помероу[2]:

$$Z = \frac{3 \text{ БПК}_5 \cdot 1,07^{(T-20)} \cdot U}{J^{\frac{1}{2}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot h^{\frac{1}{2}}}$$

где  $Z$  – индекс, характеризующий вероятностную скорость возникновения коррозии (табл. 1);  $\text{БПК}_5$  – биохимическая потребность сточных вод в кислороде, мг  $\text{O}_2/\text{л}$ ;  $T$  – температура сточных вод,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $J$  – уклон трубопровода;  $Q$  – расход сточных вод, л/с;  $U/b$  – отношение смоченного периметра трубопровода к ширине водного зеркала; для наполнения  $0,5D$  отношение  $U/b = \pi/2$ .

Таблица 1 – Вероятность возникновения и скорость коррозии в зависимости от величины индекса в уравнении Помероу

Индекс $Z$	Ожидаемые параметры
Менее 5000	Сульфиды могут быть в очень низких концентрациях.
5000-7500	Максимальная концентрация сульфидов может составить 0,1 мг/л. Легкая агрессивность, увеличение агрессивности при увеличении турбулентности потока. Скорость коррозии в пределах 0,1 мм/год.
7500-10000	Сульфиды в высоких концентрациях, появление запаха.
10000-15000	Количество сульфидов и запах увеличиваются. Быстро прогрессирующая коррозия. Скорость коррозии в пределах 1 мм/год.
Более 15000	Растворимые сульфиды присутствуют постоянно. Бетонные трубы небольших диаметров могут быть разрушены за 5-10 лет. Скорость коррозии 2 мм/год и более.

Следует подчеркнуть, что индекс  $Z$  только указывает на возможность сульфидной коррозии. Так как концентрация сульфидов зависит от продолжительности пребывания сточных вод в трубопроводе, то количество сульфидов, которое продуцируется в течение 1 ч в сточной воде, можно определить по формуле [2]:

$$\frac{d(S)}{dt} = 0,32 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ЭБПК}_5 \cdot R^{-1} - 0,64 \cdot (J \cdot v)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^{-1},$$

где  $d(S)/dt$  – скорость образования сульфидов за 1 ч, мг/л;  $R$  – гидравлический радиус ( $\omega/\chi$ ), м;  $v$  – средняя скорость течения сточных вод, м/с;  $h/d$  – наполнение трубопровода в точке, м;  $\text{ЭБПК}_5 = \text{БПК}_5 \cdot 1,07^{(T-20)}$  – эффективная  $\text{БПК}_5$ , мг  $\text{O}_2/\text{л}$ .

Через некоторое время за счет потери сульфидов из системы концентрация сульфидов в сточной воде стабилизируется [2]:

$$S_{\text{lim}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ЭБПК}_5 \cdot U}{(J \cdot v)^{\frac{1}{2}} \cdot b}, \quad \text{мг/л};$$

Концентрацию сульфидов в конце напорного трубопровода определяют по формуле [2]:

$$S = 0,01312 \cdot t \cdot \text{ЭБПК}_5 \cdot \left(\frac{12}{D} + 0,12\right) + S_0, \quad \text{мг/л};$$

где  $t$  – время движения сточной воды по трубопроводу, мин;  $D$  – диаметр трубопровода, см;  $S_0$  – концентрация сульфидов в сточной воде в начале напорного трубопровода, мг/л.

Некоторые авторы указывают на существование корреляции между ХПК городских стоков и концентрацией в них сероводорода [3]. Однако при этом не указано, каким методом определялось ХПК стоков – арбитражным или ускоренным, не приводятся и другие данные для подтверждения полученных результатов. Известно, что показатель ХПК определяет содержание как биологически окисляемых органических веществ, так и биологически стойких. Поэтому в мировой практике при расчете газовой сульфатной коррозии используется показатель БПК<sub>5</sub>.

На концентрацию сероводорода в газовой среде коллектора кроме показателя БПК<sub>5</sub> также влияет температура сточной воды, время транспортирования и гидравлические параметры потока сточных вод. Установлено, что повышение концентрации сероводорода чаще всего происходит в местах подключения к самотечной сети напорных трубопроводов, после дюкеров, в местах повышенной турбулентности потока (перепады, резкие изменения скоростей, слияние нескольких потоков и т.д.) [4].

Среднюю скорость коррозии (мм/год) ориентировочно можно рассчитать по уравнению, предложенному Померу [2]:

$$y = 11,5 \cdot k \cdot \left(\frac{1}{A}\right) \cdot X_p$$

где  $k$  – корректирующий коэффициент, зависящий от климатических условий: для умеренного (европейского) климата может быть принят равным 0,8;  $A$  – щелочность бетона, выраженная как эквивалент  $\text{CaCO}_3$ : для бетонных труб с кварцевым заполнителем в среднем составляет 16%, для асбестоцементных труб, у которых щелочность 50%, и труб с большей щелочностью формула неприменима;  $X_p = 0,7 \cdot (J \nu)^{3,8} \cdot i \cdot S \cdot (b/U)$  – степень превращения сульфидов в газовой фазе в серную кислоту на поверхности стенок трубопровода;  $i$  – коэффициент, зависящий от pH и показывающий, какая часть сероводорода переходит в растворимые сульфиды (табл. 2);  $S$  – общая концентрация растворимых сульфидов, мг/л.

Таблица 2 – Значения коэффициента  $i$  в зависимости от величины pH

pH	Часть H <sub>2</sub> S, %	$i$	pH	Часть H <sub>2</sub> S, %	$i$
6,0	91	0,91	7,4	28	0,28
6,6	72	0,72	7,6	20	0,2
6,8	61	0,61	7,8	14	0,14
7,0	50	0,50	8,0	9	0,09
7,2	39	0,39			

Повышение долговечности водоотводящих коллекторов может быть обеспечено:

- контролем за качеством сточных вод;
- использованием коррозионно-стойких конструкционных материалов;
- вентиляцией сети.

Для борьбы с газовой коррозией необходимо организовать контроль за газовым состоянием коллекторов водоотводящей сети. Для получения достоверных результатов количество замеров в каждой точке должно быть не менее 30. Если полученная среднearифметическая величина концентрации газа в исследуемой точке (колодце) всей серии замеров будет равна или больше его ПДК, то данная точка считается коррозионно-опасной. По результатам обработки данных составляют карту загазованности обследованной водоотводящей сети.

Одним из приемов, препятствующих окислению сероводорода в серную кислоту, является орошение свода трубопровода сточной водой при работе коллектора полным сечением в течение непродолжительного времени.

Для искусственной вентиляции следует предусматривать устройство дегазационных камер с вытяжными шахтами в местах подключения напорных трубопроводов к самотечным, в местах перехода самотечного режима в напорно-самотечный и в нижних камерах докеров. Устройство вытяжных устройств обязательно в верхних камерах докеров, перед насосными станциями, в местах резкого изменения скоростей и в перепадных колодцах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаповалов, В.Т. Количественная оценка технического состояния канализационных коллекторов / В.Т. Шаповалов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1985. – № 3. – С. 6–8.
2. Stien, D. Instandhaltung von Kanalisationen / D. Stien. – 3. Auflage. – Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 1998. – 344 s.
3. Сац, С.М. Сероводород в канализации. Проблемы и решения / С.М. Сац, В.А. Бурко, С.Л. Володько // Вода – 2011. – № 11. – С. 11–12.
4. Мелехин А. Проблемы образования и обезвреживания сульфидов в городских сточных водах / А. Мелехин, С. Третьяков // Вода-магазин. – 2011. – № 5. – С. 38–39.

УДК: 577.4 (07)

Егембердиева Г.А., Смагулова Д.А.

Казахская головная архитектурно-строительная академия,  
г. Алматы, Республика Казахстан

#### ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ

In this article the currently existing methods for cleaning the flue gases from fly ash at TPPs and boiler plants were reviewed, and also were provided some specific types of flue gases at the existing TPSs in Almaty, and methods of cleaning applied hereto.

При проектировании новых и реконструкции действующих котельных установок должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие очистку дымовых газов от золы с тем, чтобы концентрация ее в приземном слое атмосферного воздуха не превышала заданной величины. Выбор типа золоуловителей производится в зависимости от требуемой степени очистки, возможных компоновочных решений, технико-экономического сравнения вариантов установки золоуловителей различных типов. Степень очистки дымовых газов от золы должна быть не менее 90%.

При повышении требования к очистке выбросов в атмосферу в качестве золоуловителей применяются: электрофильтры — со степенью очистки газов 96%; мокрые золоуловители типа скруббера с трубой Вентури — со степенью очистки газов до 97–98%. Применение мокрых золоуловителей не допускается, если общее содержание окиси кальция в летучей золе более 20%, а произведение  $A_{np} (CaO_{св})$  меньше 6, из-за опасности образования карбонатных отложений в орошающих устройствах. Для топлив с  $CaO_{св}$  в летучей золе выше 20% применение мокрого золоулавливания исключается.

Газоходы перед и после золоуловителей, их компоновка должны обеспечивать равномерную раздачу дымовых газов по аппаратам при минимальном сопротивлении газового тракта и исключать отложения в них золы.

Сухие золоуловители при улавливании золы, склонной к схватыванию или налипанию на стенках, должны иметь теплоизоляцию, обеспечивающую температуру стенок бункеров не менее чем на 15 °С выше точки росы дымовых газов.

Мокрые золоуловители могут применяться при температурах от 130 до 200°C. Температура дымовых газов за мокрыми золоуловителями при любых режимах работы котлов должна превышать температуру точки росы газов по водяным парам не менее чем на 15°.

Электрофильтры могут применяться для очистки дымовых газов с температурой, превышающей температуру точки росы на 5°C и до 250°C.

Одним из перспективных путей снижения вредных веществ в атмосферу с дымовыми газами от котельных, работающих на твердом топливе, является совмещение процессов сжигания топлива с процессом улавливания серы и понижения концентрации окислов азота в одном устройстве. Таким устройством является котлоагрегат с псевдооживленным слоем, работающий при низких температурах до 900–950°C, именуемый топкой кипящего слоя. Важной особенностью указанного метода сжигания является то обстоятельство, что его можно использовать как в новом строительстве, так и при реконструкции действующих котельных. В топках кипящего слоя возможно сжигание низкокачественных углей [1].

В связи с отсутствием в настоящее время промышленного опыта по очистке дымовых газов котельных от окислов серы дать однозначные рекомендации не представляется возможным. Снизить выбросы соединений серы можно двумя путями: очисткой от соединений серы продуктов сгорания топлива или удалением серы из топлива до его сжигания.

Снижение выбросов окислов азота должно решаться путем внедрения специальных технологических мероприятий (первичные мероприятия), направленных на подавление образования окислов азота в процессе сгорания топлива в топках котлов и путем разложения образовавшихся окислов азота — в специальных установках, встроженных в тракт котла (вторичные мероприятия) — очистка газов. Технологические методы в 5–6 раз дешевле устройств очистки газов, и они могут быть учтены непосредственно в конструкции котла и не требуют химических добавок. Поэтому система очистки газов (вторичные мероприятия) должна осуществляться только после выполнения на котле всех технологических мероприятий по подавлению образования окислов азота [2].

*Очистка дымовых газов от золы на ТЭЦ 1 г. Алматы.*

В качестве сырья для производства тепловой и электрической энергии на предприятии используется: топливо (уголь, мазут, газ) и вода питьевого качества. В отопительный период сжигается уголь и мазут, с качественными характеристиками (зольность угля не более 26,06%, содержание серы в мазуте не более 0,5%), обеспечивающими нормативные характеристики выбросов. В межотопительный период на станции в качестве топлива используется газ.



Рисунок 1 - Структура вредных выбросов ТЭЦ-1 в атмосферный воздух

В процессе производства на ТЭЦ-1 при сжигании топлива образуются дымовые газы с содержанием окислов азота, окислов серы, оксида углерода, а также с определенным содержанием твердых частиц золы. Для недопущения попадания всей этой золы в атмосферу на энергетических котлоагрегатах ТЭЦ-1 предусмотрены золоулавливающие установки двух типов: скрубберов с трубами Вентури с эффективностью очистки 96,2-96,4% и батарейные эмульгаторы второго поколения с эффективностью очистки 98,9-99,2%.

На рисунке 1 показана структура и доля газообразных выбросов ТЭЦ-1 в атмосферный воздух.



*Рисунок 2- Динамика изменения количества выбросов по ТЭЦ-1*

На рисунке 2 приведены фактические выбросы загрязняющих веществ по годам, показана динамика их уменьшения при выбросе в атмосферу в результате применения более эффективных методов очистки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полонский, В.М. Охрана воздушного бассейна / В.М. Полонский – М.: Высшая школа, 2006. – 356 с.
2. Юшин, В.В. Техника и технология защиты воздушной среды / В.В. Юшин, В.Л. Лапин [и др.] – М.: Высшая школа, 2006. – 278 с.

УДК 628.094.3

**Житенёв Б.Н., Андреюк С.В.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ И ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

The characteristic of water objects of Byelorussia is presented. Theoretical possibilities of removal of chromaticity and iron in river waters for their use with a view of technical water supply are presented. Technological schemes of water purification are shown.

### *Введение*

В Республике Беларусь имеются достаточные запасы поверхностных вод. По сравнению с подземными они более доступны для использования и являются более мягкими и слабоминерализованными. Это выгодно отличает их при использовании для технических целей, в которых накладываются ограничения на жесткость и содержание. Широкому их применению препятствует наличие в них загрязнений природного и техногенного происхождения.

Высокая цветность поверхностных вод, обусловленная содержанием в них гуминовых и фульвокислот, характерная для вод юго-западного региона страны, значительное содержание железа и железосодержащих соединений, а также наличие большого числа антропогенных загрязнений (нефтепродуктов, СПАВ и др.) препятствует использованию поверхностных вод для хозяйственных и технических целей на промпредприятиях.

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

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

Учитывая требования по качеству технической воды и данные по состоянию поверхностных источников, обосновано применение коагуляции, окисления и фильтрации в качестве основных технологических приемов очистки поверхностных вод от органических и неорганических соединений природного и антропогенного характера. Поэтому приоритетным направлением повышения качества очистки поверхностных вод является выбор наиболее эффективных реагентов: коагулянтов, окислителей и усовершенствование технологии водоподготовки.

### *Рекомендуемые технологические схемы обесцвечивания воды пероксидом водорода*

Как показали проведенные исследования, интенсификация коагуляционной обработки воды пероксидом водорода является эффективным способом удаления из воды органических загрязнений, вызывающих ее окраску. Наиболее целесообразно использовать данный метод на станциях небольшой производительности, как подготовительный этап для дальнейшего использования очищенной воды на различные нужды промышленных предприятий.

Рекомендуемые технологические схемы представлены на рисунках 1–2. Обработка воды может быть осуществлена по одно- и двухступенчатой схеме очистки.

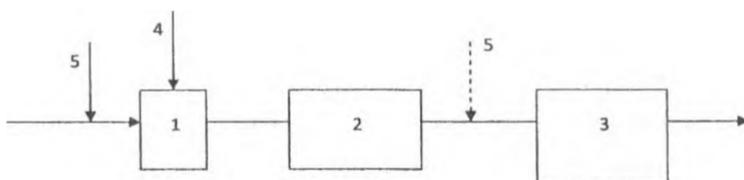


Схема «а»

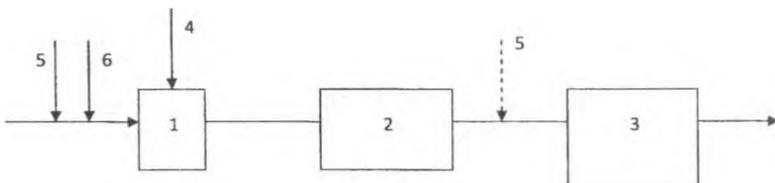


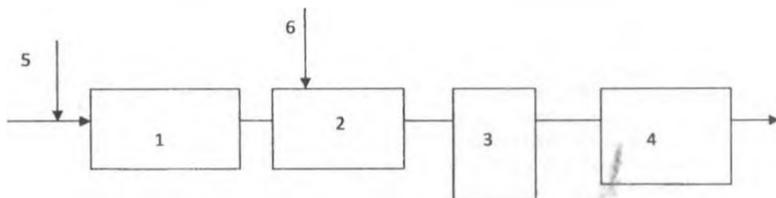
Схема «б»

1 – вертикальный смеситель; 2 – контактный осветлитель; 3 – РЧВ;  
4 – ввод коагулянта АГХ; 5 – ввод пероксида водорода; 6 – ввод сульфата железа  
Рисунок 1 – Технологические схемы обработки воды

По схеме «а» обрабатываемая вода после извлечения из нее планктона и крупных взвесей подается в вертикальный смеситель, где подвергается обработке реагентами: пероксидом водорода и коагулянт АГХ. Затем вода фильтруется на контактных осветлителях, где в результате экономии расходов коагулянта, а также отменой обеззараживания воды в случае необходимости может быть осуществлено путем введения пероксида водорода (доза 3-10 мг/л [3, с. 50]).

Описанная схема отличается от традиционно используемой меньшими размерами реагентного хозяйства, в результате экономии расходов коагулянта, а также отменой необходимости применения хлораторных установок. Для введения в воду пероксида водорода возможно использовать насос-дозатор.

По схеме «б» исходная вода сначала обрабатывается сульфатом железа и пероксидом водорода, а затем подвергается дополнительной коагуляции АГХ для более полного извлечения загрязнений. После этого она фильтруется на контактных осветлителях и поступает в РЧВ. Данная схема может применяться с зимний период при низких температурах обрабатываемой воды.



1 – контактный осветлитель; 2 – установка для фотохимической обработки воды;  
3 – угольный фильтр, 4 – РЧВ; 5 – ввод коагулянта; 6 – ввод пероксида водорода  
Рисунок 2 – Технологическая схема обработки воды, в которых преобладают фульвокислоты

Использование данной схемы целесообразно при низком коэффициенте цветности, когда в воде преобладают фульвокислоты, трудно удаляемые коагуляцией. При этой схеме вода предварительно осветляется и частично обесцвечивается на контактных осветлителях. Затем она поступает в установку, где происходит фотоокислительная деструкция оставшихся в воде органических загрязнений и одновременное обеззараживание. Перед тем, как поступить к потребителю, вода проходит стадию разложения активных частиц. Для этого она пропускается через угольный фильтр, который полностью поглощает все радикалы, находящиеся в воде, и удаляет остаточные концентрации пероксида водорода.

#### *Заключение*

Учитывая высокую стоимость питьевой воды, замена ее более дешевой технической для производственных и хозяйственно-бытовых целей позволит экономить предприятиям значительное количество денежных ресурсов, снижая при этом себестоимость выпускаемой продукции. Достижение указанной цели возможно путем более масштабного использования водных ресурсов из поверхностных источников, при внедрении новых высокоэффективных технологий водоподготовки.

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

Приведены рекомендуемые технологические схемы обесцвечивания поверхностных вод с использованием окислителя – пероксида водорода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2009 / Под ред. С.И. Кузьмина. – Минск : Бел НИЦ "Экология", 2010. – 344 с.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2008 г. / Под ред. В.Ф. Логина. – Минск, 2010. – 394 с.
3. Шевченко, М.А. Окислители в технологии водообработки / М.А. Шевченко, П.В. Марченко, В.В. Лизунов. – К.: Наукова Думка. – 1979. – 175 с.
4. Житенев, Б.Н. Теоретические предпосылки обесцвечивания и обезжелезивания поверхностных вод белорусского Полесья для использования в целях технического водоснабжения / Б.Н. Житенев, С.В. Андреюк // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Брест, 21–23 сентября 2011 г. / Брестский гос. технический ун-т.; под ред. Пойты П.С. – Брест : Из-во БрГТУ, 2011. – Ч. 1. – С. 62–68.
5. Экологическая ситуация в Беларуси [Электронный ресурс] / Гродненская область. – 2012. – Режим доступа: [http://svisloch.grodno-region.by/dfiles/000358\\_89059\\_EKOLOGI\\_CHESKAJA\\_SITUATSIIJA\\_V\\_BELARUSI.doc](http://svisloch.grodno-region.by/dfiles/000358_89059_EKOLOGI_CHESKAJA_SITUATSIIJA_V_BELARUSI.doc). – Дата доступа: 15.03.2012.

УДК 628.162

Житенёв Б.Н., Науменко Л.Е.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ КОАГУЛИРОВАНИЕМ

The results of the electrokinetic potential research of backwash water of groundwater iron removal plants are discussed and studied in the paper. This is established that the stability of the sol due to zeta potential value of which on average is 40.45 mV. To destabilize the coagulation is recommended.

Содержание взвешенных веществ в промывных водах станций обезжелезивания составляет 100...500 мг/л в зависимости от вида загрузки фильтров. Наличие взвеси обусловлено присутствием хлопьев гидроксида железа, минеральных частиц, образующихся при промывке фильтров вследствие истирания фильтрующей загрузки. При визуальном осмотре промывная вода имеет красно-бурый цвет при наличии мелких тонкодиспергированных частиц. Практически сразу после отстаивания на дне емкости оседали бурые хлопья, что свидетельствует о наличии окисленного железа и минеральных частиц. Но после двухчасового отстаивания процесс осаждения взвешенных веществ прекращается, красноватый цвет сохраняется в течение 24 ч и более, что свидетельствует о наличии коллоидного железа, обладающего высокой устойчивостью. Этим можно объяснить тот факт, что при многочасовом отстаивании промывных вод станций обезжелезивания в них присутствует железо в высоких концентрациях, что затрудняет повторное использование их для питьевого водоснабжения.

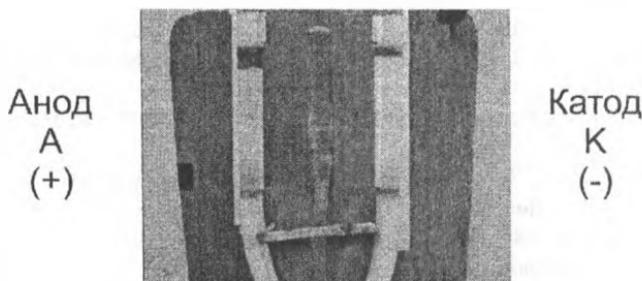


Рисунок 1 – Движение коллоидных частиц  $Fe(OH)_3$  промывных вод станций обезжелезивания к аноду при проведении электрофореза

Известно, что устойчивость коллоидных растворов зависит от электрокинетического потенциала. Для интенсификации очистки промывных вод станций обезжелезивания воды коагулированием проведены эксперименты по исследованию  $\xi$ -потенциала.

Для определения электрокинетического потенциала ( $\xi$ -потенциала) коллоидных частиц  $Fe(OH)_3$ , вымытых из фильтров, проведен электрофорез (рисунок 1).

Расчет  $\xi$ -потенциала коллоидных частиц  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  промывных вод станций обезжелезивания осуществлялся согласно методике, приведенной в [1-3] по формуле:

$$\xi = \frac{K \cdot \pi \cdot \eta \cdot u_{\text{ф}}}{\epsilon}, \text{ мВ}, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий форму частиц: для цилиндрических частиц  $K=4$ , для сферических  $K=6$ . Частицы гидроксида железа, скапливающиеся в слое загрузки, состоят из отдельных, соединенных между собой шаровых молекул  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , а соединения железа, которые образуются при окислении  $\text{Fe}^{2+}$  в свободном объеме, – из хлопьев разнообразной формы;

$\eta$  – вязкость дисперсионной среды, Па·с,  $\eta=0,001308$  Па·с  $\epsilon=0,001$  Па·с;

$\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость,  $\epsilon=81$  (в системе СИ  $\epsilon=81 \cdot 10^{-9}$  Ф/м);

$u_{\text{ф}}$  – электрофоретическая подвижность частиц, т.е. путь, который проходят частицы в 1 с при градиенте потенциала 1 В/м,  $\text{м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$ .

Таблица 1 – Результаты экспериментальных и расчетных электрофоретических измерений

Показания вольтметра, U, В	Расстояние между электродами, l, м	Градиент потенциала, H, В/м	Время от начала опыта, мин.	Перемещение границы золя в коленах, м		Среднее по двум коленам перемещение границы, м	Электрофоретическая подвижность частиц, $u_{\text{ф}}$ , $\text{м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$	Величина $\xi$ -потенциала В
				левым	правом			
100	0,54	185,185	10	0,002	0,002	0,002	$1,80 \cdot 10^{-8}$	0,03768
100	0,54	185,185	20	0,005	0,004	0,0045	$2,03 \cdot 10^{-8}$	0,04239
100	0,54	185,185	30	0,006	0,007	0,0065	$1,95 \cdot 10^{-8}$	0,04082
100	0,54	185,185	40	0,008	0,008	0,008	$1,80 \cdot 10^{-8}$	0,03768
100	0,54	185,185	50	0,011	0,012	0,0115	$2,07 \cdot 10^{-8}$	0,043332
100	0,54	185,185	60	0,013	0,013	0,013	$1,95 \cdot 10^{-8}$	0,04082
$\xi_{\text{ср}} = 0,040\text{В} = 40,45\text{мВ}$								

Величина  $u_{\text{ф}}$  определяется по формуле:

$$u_{\text{ф}} = \frac{S}{\tau \cdot H}, \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В}), \quad (2)$$

где  $S$  – путь, пройденный частицей за время  $\tau$ , м;

$H$  – градиент потенциала (напряженность внешнего электрического поля):

$$H = \frac{U}{l}, \text{ В/м}, \quad (3)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$l$  – расстояние между электродами, м.

Результаты опытов и расчетов приведены в таблице 1.

Величина электрокинетического потенциала коллоидных частиц  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  в промывных водах станций обезжелезивания составляет  $\xi=40,45$  мВ, что обуславливает возникновение межмолекулярных сил отталкивания и агрегативную устойчивость [4-9]. Граница золя перемещается под действием электрического тока к аноду, т.е. частицы  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  заряжены отрицательно.

### Заключение

1. Выполнены исследования электрокинетического потенциала промывных вод станций обезжелезивания подземных вод.

2. Установлено, что величина  $\xi$ -потенциала промывных вод составляет в среднем 40,45 мВ, при этом частицы золя имеют отрицательный заряд.

3. Для дестабилизации золя следует использовать коагуирование, длительное гравитационное отстаивание неэффективно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практикум по физической и коллоидной химии: Учебное пособие для фармацевтических вузов и факультетов / Е.В. Бугреева [и др.]; под общ. ред. К.И. Евстратовой. – М.: Высш. шк., 1990. – 255 с.

2. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Ю.Г. Фролов [и др.]; под общ. ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. – М.: "Химия", 1986. – 216 с.

3. Рабинович, В.А. Краткий химический справочник: Справ. изд. / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин; под ред. А.А. Потехина и А.И. Ефимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1991. – 432 с.

4. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. 1986. – 352 с.

5. Бабенков, Е.Д. Очистка воды коагулянтами / Е.Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 356 с.

6. Воюцкий, С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий. – М.: Издательство "Химия", 1964. – 574 с.

7. Ахметов, Б.В. Физическая и коллоидная химия: Учб. для техникумов / Б.В. Ахметов, Ю.П. Новиченко, В.И. Чапурин. – Л.: Химия. 1986. – 320 с.

8. Захарченко, В.Н. Коллоидная химия: Уч. для медико-биолог. спец. вузов / В.Н. Захарченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 238 с.

9. Кульский, Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Л.А. Кульский – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка, 1980. – 564 с.

УДК 627.81

Кирвель И.И.<sup>1</sup>, Кукушинов М.С.<sup>2</sup>, Кирвель П.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г.Минск

<sup>2</sup> Научно-практический центр учреждения «Минское городское управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г.Минск

<sup>3</sup> УО «Минский государственный высший радиотехнический колледж», г.Минск

### ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМОВ РЕК ПРИ СОЗДАНИИ НИЗКОНАПОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

The article is dedicated to the problem of transformation of rivers temperature conditions influenced by manmade reservoirs. A quantitative estimation of average decade, average monthly, maximum and average annual water temperatures of regulated rivers in the tail-water of storage pools has been achieved on the basis of the data analysis of a complete period of instrumental observations of the Republican Hydrometeorological Centre. Specific features of the effect of the most typical storage pools are revealed.

Создание водохранилищ влечет за собой существенные изменения термического и ледового режима зарегулированных рек. Изучение этих изменений имеет важное практическое значение, поскольку 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. Поэтому даже минимальные сдвиги в одну или другую сторону могут иметь большие последствия для всей речной экосистемы. Пристальное внимание ученых привлекали объекты крупного гидротехнического строительства, в районах расположения которых существовали острые экологические и экономические проблемы. В то же время воздействие низконапорных водохранилищ, распространенных на территории Беларуси, изучено недостаточно. В условиях возросшего интереса к малым ГЭС необходимо углубленное изучение всех последствий регулирования стока рек.

Степень влияния водохранилищ на окружающую среду в наибольшей мере определяется их размером. Согласно принятой градации, на территории Беларуси существуют три группы водохранилищ, которые по-разному взаимодействуют с природой окружающей среды: малые (объем менее 0,001 км<sup>3</sup>, площадь зеркала менее 3 км<sup>2</sup>), небольшие (объем 0,01–0,1 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 3–25 км<sup>2</sup>) и средние (объем 0,1–0,5 км<sup>3</sup>, площадь 25–100 км<sup>2</sup>). Исходя из этого, для исследований были взяты по одному водохранилищу из каждой группы: Вилейское (среднее), Солигорское (небольшое) и Рачунское (малое) водохранилища. Отдельные исследования были выполнены также на ряде других водохранилищах страны: Волчковичское, Волма, Вяча, Петровичское.

Исходными данными для анализа послужили материалы инструментальных наблюдений Республиканского Гидрометцентра Республики Беларусь за многолетний период (1958–2010 гг.), а также результаты собственных полевых исследований. Оценка трансформации термического и ледового режимов зарегулированных рек проведена методом оценки связи соответственных величин (графоаналитический метод) в комплексе с методом оценки пространственных разностей и регрессионным анализом. Статистический анализ достоверности различий между выборками за периоды до и после создания водохранилища проведен с использованием параметрического «Т» критерия Стьюдента. В ходе анализа принимался 95%-ный уровень доверительной вероятности. Рассмотренными способами установлены осредненные за продолжительный период времени величины изменений среднедекадных, среднемесячных, максимальных и среднегодовых температур воды (за 5–10 месяцев) зарегулированных рек ниже плотин водохранилищ (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение среднедекадной, среднегодовой и максимальной температуры воды (°С) в нижнем бьефе Вилейского (посты: г. Вилейка, ст. Залесье, с. Михалишки), Солигорского (пгт. Старобин, пгт. Ленин) и Рачунского водохранилищ (с. В. Яцны)

В/п (расстояние от плотины, км)	Апрель			Май			Июнь			Июль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
г. Вилейка (4,2)	-1,8	-2,4	-2,7	-2,3	-1,9	-1,1	-0,7	(-0,2)	(-0,2)	(-0,2)	(0,2)	(0,3)
ст. Залесье (53,2)	-0,7	-0,7	-1,1	-0,9	-0,9	(-0,5)	(0,0)	(0,1)	(0,0)	(0,1)	(0,0)	(0,3)
с. Михалишки (134,2)	(-0,3)	(-0,4)	(-0,2)	(-0,3)	(-0,3)	(0,3)	(0,5)	(0,5)	(0,0)	(0,4)	(0,4)	(0,3)
пгт. Старобин (2,7)	-1,1	-1,9	-1,0	-0,7	-0,4	(-0,2)	(-0,2)	(-0,3)	(0,1)	(0,3)	(0,3)	0,5
пгт. Ленин (71,7)	(0,3)	-0,6	-0,4	-0,5	(0,0)	(0,3)	(0,1)	(0,2)	(0,2)	(0,4)	(0,3)	(0,0)
с. В. Яцны (27,0)	-1,1	-0,4	(0,0)	(0,0)	(0,3)	(0,5)	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	1,0

Продолжение таблицы

Пост	Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Ср. годов	Макс. темп. воды
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Вилейка	0,5	1,3	1,6	1,9	2,0	1,9	1,7	1,2	1,5	1,0	0,4	(0,1)	0,5	-1,1
Залесье	(0,0)	0,6	0,9	0,8	1,1	0,6	0,6	0,5	0,6	0,2	(0,0)	(0,0)	0,2	(0,0)
Михалишки	(0,4)	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	(0,0)	(0,2)	(0,1)	(0,0)	(0,0)	0,2	(0,2)
Старобин	0,5	0,7	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	(0,2)	(0,3)	(0,3)	(0,1)	(0,2)	0,3	-0,3
Ленин	(0,4)	(0,3)	(0,2)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,2)	(0,0)	(-0,2)	(-0,1)	(-0,2)	(0,0)	(0,2)	(-0,1)
В.Яцны	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	(0,0)	(0,2)	(-0,1)	(-0,1)	-0,3	-0,4	0,5	0,3

Примечание – В скобках помещены значения, которые не подтверждаются статистически значимым 95%-м уровнем доверительной вероятности

Вследствие тепловой инерции водной массы водохранилищ отмечается также уменьшение суточной амплитуды колебания температуры воды ниже плотины. Так, в верхнем бьефе Вилейского водохранилища 22.07.2003 г. и 09.08.2004 г. амплитуда колебаний температуры воды составила соответственно 3,5°С и 5,6°С, в то время как в нижнем бьефе не превышала 0,5°С.

Нарушение термических условий зарегулированных рек отражается на сроках наступления и окончания ледовых явлений. В нижнем бьефе средних водохранилищ они наступают на 5–9 дней позже, а их окончание на 30–36 раньше, чем в естественных условиях; ниже малых и небольших водохранилищ начало ледовых явлений соответствует естественному режиму, в то время как их окончание наступает раньше на 18–30 и 7–12 дней соответственно.

В зимний период ниже плотины водохранилищ образуется термодинамическая полынья, размеры которой на изученных водоемах колеблются в зависимости от температуры поступающей в нижний бьеф воды, погодных условий и режима сбросов с вышележащего гидроузла от нескольких метров до более 40 км.

Таблица 2 – Размеры термодинамической полыньи ниже водохранилищ

Водохранилище	Дата измерения/температура воздуха (°С)	Температуры воды (°С)					Длина участка реки свободной ото льда в нижнем бьефе
		в реке выше водохранилища	в водохранилище у плотины			ниже плотины у водосброса	
			поверхность	дно	поступающая в нижний бьеф		
Вилейское	18.02.06/-4,3	Около нуля	Около нуля	2,6	2,1	2,3	Более 40 км
Солигорское	20.02.06/-4,0	«То же»	«То же»	2,2	1,8	2,0	Около 30 км
Петровицкое	19.02.06/-4,0	«»	«»	2,0	1,7	1,9	Около 25 км
Вяча	18.02.06/-3,0	«»	«»	2,0	1,6	1,8	Около 5 км
Волчковицкое	19.02.06/-3,7	«»	«»	1,2	0,8	1,0	Около 15 км
Рацунское	21.02.06/-3,9	«»	«»	0,8	0,5	0,7	Около 10 км
Волма	19.02.06/-3,4	«»	«»	0,3	0,2	0,2	0,015 км

Таким образом, проведенные исследования показали, что характер и параметры изменений в термическом режиме зарегулированных рек наряду с морфометрическими особенностями искусственных водоемов определяются метеорологическими условиями года и режимом эксплуатации гидроузла. Продолжительность периода охлаждающего влияния варьирует от 20 дней – в нижнем бьефе малых, до 50–70 дней в нижнем бьефе небольших и средних водохранилищ соответственно. В нижнем бьефе средних водохранилищ отмечается увеличение среднегодовой температуры воды до  $0,5^{\circ}\text{C}$  и уменьшение максимальной до  $1,1^{\circ}\text{C}$ ; небольших – увеличение среднегодовой температуры воды до  $0,3^{\circ}\text{C}$  и уменьшение максимальной до  $0,3^{\circ}\text{C}$ ; малых – увеличение как среднегодовой – до  $0,5^{\circ}\text{C}$ , так и максимальной температуры воды до  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Характерные изменения термического режима рек прослеживается на расстоянии до 130 км ниже плотины средних водохранилищ, небольших – около 70 км, малых – до 30 км.

УДК 771.53:546.57

**Константинова Е.В., Мельникова Е.А., Гурьянова Т.М., Ротехин И.А.**  
ФГУВО Санкт-Петербургский государственный университет  
кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ ВОЗВРАТА СЕРЕБРА ИЗ КИНОФОТОМАТЕРИАЛОВ**

The results of experimental data on the content of silver in the modern kinofotomaterialah various purposes, manufactured by leading manufacturing companies. The results were obtained using the method of potentiometric titration. The experimental data obtained for kinofotomaterialov used in the learning process of the St. Petersburg State University of Film and Television and will be considered at the time of silver waste after use.

В настоящее время в сферу кинопроизводства стремительно внедряются цифровые технологии. Но галогенсеребряная фотография по надёжности и качеству изображения не уступает своих позиций. Традиционная пленочная технология широко используется как в кинематографии, так и в различных направлениях классической фотографии.

Эмульсионные слои современных черно-белых и цветных негативных фотоматериалов, обладающие высокой светочувствительностью, содержат плоские таблитчатые микрокристаллы галогенида серебра – Т-кристаллы, которые благодаря особому строению рассеивают свет гораздо меньше, чем объемные кристаллы галогенида серебра.

Реализованы и принципиально новые супер-эффективные технологии с применением новых классов двухэквивалентных цветных компонент, обеспечивающих высокую скорость образования красителя.

Эмульсии, применяемые для изготовления современных цветных негативных фотоматериалов, более однородны по размеру микрокристаллов галогенида серебра и почти все зональные эмульсионные слои негативных кинофотоматериалов изготовлены, как правило, из двух-трех полуслоев эмульсии с высокой, средней, низкой светочувствительностью с целью существенного уменьшения гранулярности и увеличения динамического диапазона.

В фотоматериалах фирмы Kodak серии Vision 3 внедрение технологии спектрально-избирательной поверхностной супер-сенсibilизации и технологии суб-микронных сенсоров изображения позволяет существенно снизить размер зерна и улучшить резкость деталей изображения.

Объектом представленного исследования являются современные кинофотоматериалы, используемые в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения (СПбГУКиТ) для разработки норм возврата серебра и уменьшения экологической опасности от сливаемых растворов при их химико-фотографической обработке.

Фотографический метод регистрации информации за 170 лет доведен до совершенства. Благодаря своим преимуществам, таким как спектральная универсальность, высокая светочувствительность, высокая информационная емкость, достоверность, документальность фотографического изображения и возможность размножения, этот метод широко применяется в фотографии и кинематографии, а также в различных специализированных фотографических процессах, которые в конкретных условиях их использования обеспечивают получение эффективных результатов [1].

И если галогенсеребряная фотография может выглядеть более дорогой в использовании, то по надёжности и качеству изображения традиционная фотография решительно не уступает своих позиций. Несмотря на снижение выпуска кинофотоматериалов для традиционных пленочных технологий, до настоящего времени кинофотоматериалы широко используются как в кинематографии, так и в различных направлениях классической фотографии.

Все современные кинофотоматериалы в качестве светочувствительного вещества применяют галогенид серебра.

Высокая светочувствительность и разрешающая способность галогенсеребряных фотографических слоев позволяет проводить съемку в неблагоприятных условиях видимости, фиксировать разнообразные процессы и явления, протекающие в природе, проводить съемку объектов в цветах, микрообъектов на больших расстояниях, а также получать изображение на фотографических материалах, которые применяются для промышленных и научных целей. В этом случае применяются материалы специального назначения, такие, например, как медийные, рентгенографические и аэрофотоматериалы.

В кинофотоматериалах в качестве светочувствительного вещества еще долгие годы будет применяться галоидное серебро.

В учебном процессе факультетов СПбГУКиТ используется большой объем фотографических материалов, строгий количественный учет за использованными материалами и их отходами является необходимым. В процессе химико-фотографической обработки кинофотоматериалов фиксирующие растворы, отбеливающие-фиксирующие растворы, проявляюще-фиксирующие растворы и некоторые отбеливающие растворы содержат серебро. В связи с дефицитом серебра и его высокой стоимостью необходимо искать пути решения проблемы его возврата из указанных растворов. Очевидно, что системы обработки फिल्मовых материалов являются источником для регенерации серебра, что может способствовать его экономии. Кроме очевидного преимущества в экономии ценного металла, существуют и другие преимущества систем регенерации серебра. Фиксирующие растворы даже после извлечения серебра содержат тиосульфат натрия в больших количествах (200 г/л). Попадание таких растворов в сточные воды является экологически небезопасным. Все фиксирующие растворы после проведения процесса

регенерации должны использоваться повторно. Это приведет к меньшему расходу химикатов и оптимизации объемов при приготовлении растворов, а, следовательно, и к меньшей потребности во вспомогательном оборудовании.

Разработка норм возврата серебра позволит осуществлять контроль процесса химико-фотографической обработки фотографических материалов с учетом рационального использования серебросодержащих растворов при минимальных потерях серебра.

На всех предприятиях, осуществляющих химико-фотографическую обработку светочувствительных материалов, необходимо организовывать и реализовывать с максимальной эффективностью процесс регенерации, причем не только из серебросодержащих растворов, но и из технически изношенных пленочных материалов и отходов кинофотоматериалов. Необходимо также наладить строгий количественный учет и контроль сбора серебросодержащих растворов, за использованными материалами и отходами. Проведение соответствующих мероприятий в этом направлении позволит изыскать не только значительные резервы серебра. Извлечение серебра из использованных обрабатывающих растворов, промывных и сточных вод является чрезвычайно актуальным с точки зрения охраны окружающей среды, так как известно, что ионы серебра губительно действуют на живые микроорганизмы, обитающие в водоемах. Допустимая концентрация серебра в природных водоемах составляет 0,05 мг/л [3].

На кафедре научной и прикладной фотографии Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения на протяжении многих лет занимались вопросами, связанными с процессами регенерации серебросодержащих растворов различного назначения, разработкой способов извлечения серебра и их эффективного применения, разработкой рациональной технологии использования серебросодержащих растворов при химико-фотографической обработке светочувствительных материалов, а также разработкой нормативных документов, регламентирующих возврат серебра на всех предприятиях Госкино России: кинокопировальных фабрик, киностудий, ОП НИКФИ, Госфильмофонда России. Кроме того, разработаны и нормы возврата серебра для фотоцехов киностудий, при утилизации технически изношенных пленочных материалов, а также по заказам предприятий, обрабатывающих светочувствительные материалы различного назначения.

Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения является учебным заведением, в котором на различных факультетах согласно учебным планам изучаются дисциплины, в лабораторном практикуме которых обязательным является использование кинофотоматериалов и их химико-фотографическая обработка. Учебное заведение не является предприятием кинематографии и не может пользоваться нормативными документами, утвержденными для предприятий отрасли.

В настоящий момент приобретенные СПбГУКиТ кинофотоматериалы выдаются ответственным лицам различных подразделений (кафедрам) для выполнения студентами определенного вида работ. Исползованные кинофотоматериалы и серебросодержащие растворы после их химико-фотографической обработки сдаются подразделениям (кафедрой) на предприятие – ООО «Ленкинофабрику», которое занимается процессами извлечения серебра из серебросодержащих отходов. Возврат серебра, а следовательно, и расчет за сданное серебро зависит от содержания серебра в кинофотоматериале, которое необходимо определять перед отправкой на Ленкинофабрику.

Как указывалось выше, за последнее десятилетие сильно изменился не только ассортимент кинофотоматериалов, но и эмульсионная технология их изготовления. Это

в свою очередь может привести к изменению содержания серебра, как в неэкспонированных кинофотоматериалах, так и в полученном после химико-фотографической обработки изображении. Кроме того, в учебном заведении процесс химико-фотографической обработки кинофотоматериалов в большом объеме осуществляется ручным способом студентами, не имеющими профессиональных навыков. Величина безвозвратных потерь серебра при химико-фотографической обработке кинофотоматериалов, без которой не может быть рассчитан его возврат, должна определяться экспериментальным путем в реальных условиях использования кинофотоматериалов.

Для определения содержания серебра в кинофотоматериалах, которые выдаются студентам университета при проведении различных учебных работ, были отобраны образцы кинофотоматериалов в количестве, достаточном для получения надежных экспериментальных данных.

На рисунках 1-3 приведено содержание серебра в кинофотоматериалах различного назначения, используемых в учебном процессе университета.

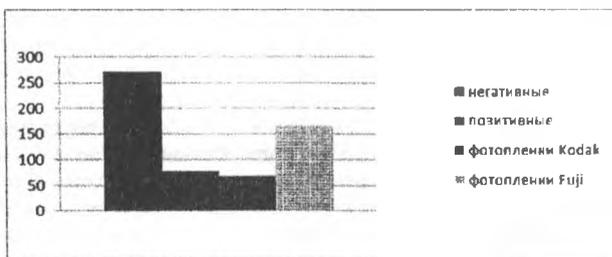


Рисунок 1 – Содержание серебра в черно-белых кинофотоматериалах, г/1000 м

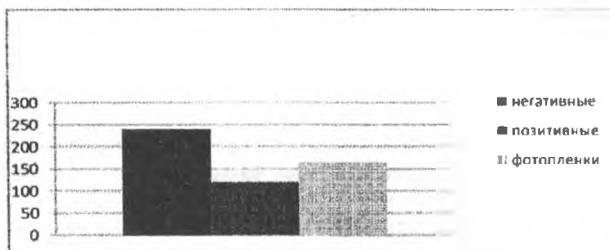


Рисунок 2 – Содержание серебра в цветных кинофотоматериалах, г/1000 м

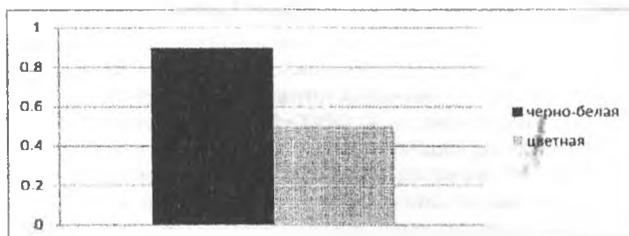


Рисунок 3 – Содержание в фотобумагах, г/м<sup>2</sup>

*Заклучение*

На основании изложенного можно сделать следующее заключение: для решения экономических и экологических проблем, связанных с использованием серебростержащих светочувствительных материалов на основе галогенида серебра, необходимо повторное использование всех серебростержащих растворов, применяемых для их химико-фотографической обработки, а также строгий учет и контроль отходов кинофотоматериалов, которые образуются при проведении лабораторных практикумов, предусмотренных учебными планами.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Редько, А.В. Фотография / А. Редько. – М. : Легпромбытиздат, 1995. – 304 с.
2. Константинова, Е.В. Фотография / Е.В. Константинова. – СПб.: Near Bird press company, 2011. – 158 с.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.690-98. – Введ. 1998-03-04. – М. : Постановление Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации, 1998. – 25 с.

УДК 622.331

**Косюкевич Е.К., Березовский Н.И., Воронова Н.П.**

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

**ПРОИЗВОДСТВО ТОРФЯНОЙ ПРОДУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ**

*Actual possibilities of decrease in power consumption of manufacture of peat production of power purpose due to influence of ultrasonic fluctuations on raw material before drying are considered.*

Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики страны на энергосберегающий путь развития - одна из приоритетных задач государственной энергетической политики Республики Беларусь.

Решение проблемы обеспечения страны энергоресурсами в настоящее время рассматривается в двух направлениях:

- повышение эффективности использования существующих энергоносителей;
- разработка и внедрение новых перспективных способов производства энергоресурсов с учетом имеющейся в стране сырьевой базы.

Основным видом торфяного коммунально-бытового топлива до настоящего времени являются торфяные брикеты. Торфяные брикеты производятся в Республике Беларусь по технологии, предусматривающей прессование в штемпельных прессах freezerного торфа, предварительно высушенного в сушилках.

Торфобрикетное производство в настоящее время стоит перед проблемой эффективной адаптации к брикетированию торфяного сырья ухудшенного качества (пониженной степени разложения, плотности и др.) в связи с истощением запасов более качественного торфа на разрабатываемых сырьевых базах. Решение этой проблемы требует специальных исследований, новых технологических и конструкторских подходов.

В процессе получения топливных брикетов необходимо стремиться к тому, чтобы структура сырья становилась более однородной и тонкопористой. Как известно, торф представляет собой капиллярно-пористое тело, в котором твердая фаза заполнена частично водой и воздухом. В нем различают макро- и микроструктуры. Макроструктуру составляют остатки растений-торфообразователей, а микроструктуру – продукты распада. Поэтому торф относится к неоднородным пористым материалам. Имеющиеся в нем микропоры могут существенно влиять на кинетику диффузии и значительно изменять коэффициент диффузии. Установлено, что при воздействии ультразвуковых колебаний (УЗК) на дисперсные системы, как торф, для ускорения процессов массопереноса требуется интенсивность не ниже  $0,2 \text{ Вт/см}^2$ , а наиболее эффективной для воздействия УЗК на процессы массопереноса является область частот 18-50 кГц.

Воздействуя УЗК на торф, можно ускорять явления массопереноса и добиваться в некоторых случаях более полного извлечения веществ, а также изменять их свойства. Это осуществляется благодаря кавитации, разрушающему действию УЗК, ускорению растворения некоторых компонентов. В результате процессы переноса вещества, тепла и количества движения становятся более организованными и интенсивными. При этом уменьшаются потери рассеиваемой энергии, что ведет в целом к снижению энергоемкости процессов.

Результаты исследований показывают, что использование ультразвука изменяет структуру торфа настолько, что известные коэффициенты диффузии становятся неприемлемыми. Нами была рассмотрена смешанная задача для однородного уравнения диффузии, которая состояла в отыскании «эффективного» коэффициента диффузии по известным из эксперимента значениям влагосодержания в определенных точках выбранного образца в заданные моменты времени обработки его ультразвуком. Задача решалась с привлечением метода сеток, аппроксимацией уравнения диффузии на четырехточечном шаблоне по неявной схеме. Для определения значений влагосодержания использовали метод прогонки.

Для проверки предложенного алгоритма численного решения было проведено аналитическое решение поставленной задачи методом Фурье при конкретных начальных и граничных условиях. Анализ полученных результатов показал, что использование численного метода решения обратной задачи позволяет определять коэффициент диффузии с большой степенью точности. На основании экспериментальных данных с применением метода наименьших квадратов получена зависимость для определения «эффективного» коэффициента диффузии от времени, с помощью которого можно полностью описать комплексный процесс обработки торфа УЗК [1]:

$$D(t) = -0,0421 t - 0,0987 t + 2,0357. \quad (1)$$

Для определения оптимальной амплитуды колебаний УЗК и оптимизации интенсивности их распределения в пористой среде процесс применения УЗК может быть описан уравнением колебаний [2]:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = C^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \quad 0 < x < a, \quad 0 < t \leq T, \quad (2)$$

с начальными условиями

$$U(x, 0) = f(x), \quad \frac{\partial U}{\partial t}(x, 0) = g(x), \quad 0 \leq x \leq a, \quad (3)$$

и граничными условиями

$$U(0, t) = \mu_1(t), \quad U(a, t) = \mu_2(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

где  $x$  – координата рассматриваемой точки;

$U$  – амплитуда колебаний.

Используя замену переменной  $t' = C t$ , уравнение (2) сводится к аналогичному с коэффициентом  $C = 1$ .

Задача (2)-(4) решалась методом сеток с применением разбиения области равномерной сеткой

$$x_i = i \cdot h, \quad i = \overline{0, n}, \quad a = h \cdot n; \quad t_j = j \cdot \tau, \quad j = \overline{0, m}, \quad T = \tau \cdot m.$$

Используя для аппроксимации частных производных центральные разностные производные, получали разностную аппроксимацию уравнения (2):

$$\frac{U_{i,j+1} - 2U_{i,j} + U_{i,j-1}}{\tau^2} = \frac{U_{i+1,j} - 2U_{i,j} + U_{i-1,j}}{h^2} \quad (5)$$

В уравнении (5)  $U_{i,j}$  - приближенное значение функции  $U(x,t)$  в узле сетки  $(x_i, t_j)$ .

Полагая  $\lambda = \tau/h$ , получаем трехслойную разностную схему

$$U_{i,j+1} = 2(1 - \lambda^2)U_{i,j} + \lambda^2(U_{i+1,j} - U_{i-1,j}) - U_{i,j-1}. \quad (6)$$

Схема (6) - явная, алгоритм решения по ней позволяет найти решение на каждом следующем слое  $j = \overline{2, n}$  пересчетом решений с двух предыдущих  $j = \overline{0, n-1}$ . На нулевом временном слое  $j = 0$  решение известно из начального условия  $U_{i,0} = f(x_i)$ .

Для вычисления решения на первом слое  $j = 1$  принимаем

$$\frac{\partial U(x,0)}{\partial t} = \frac{U(x,\tau) - U(x,0)}{\tau} \quad (7)$$

тогда

$$U_{i,1} = U_{i,0} + \tau g(x_i), \quad i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Данная схема аппроксимирует задачу (2)-(4) точностью  $O(\tau^2 + h^2)$ . Невысокий порядок аппроксимации по  $\tau$  объясняется довольно грубой аппроксимацией для производной по  $t$  в формуле (7).

Известно, что схема устойчива, если выполнено условие Куранта  $\tau < h$ . Это означает, что малые погрешности, возникающие при вычислении решения на первом слое, не будут неограниченно возрастать при переходе к каждому новому слою.

При выполнении условия Куранта схема обладает равномерной сходимостью, то есть при  $h \rightarrow 0$  решение разностной задачи равномерно стремится к решению исходной задачи (2)-(4).

Недостатком схемы является необходимость после выбора шага в направлении  $x$ , особо уделить внимание выбору шага по переменной  $t$ . Если нужно произвести вычисления для большого значения  $T$ , может потребовать значительное число шагов  $\tau$ .

Анализ проведенных исследований показал, что воздействием ультразвуковых колебаний на торф можно увеличить более чем в 1,5 раза коэффициент массопроводности за счет равномерного распределения влажности в объеме и тем самым снизить энергозатраты получения топливных брикетов за счет уменьшения влажности сырья (торфа), поступающего в сушилку.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатов, Б.А. Энергоемкость производства твердого топлива / Б.А. Богатов, Н.И. Березовский, Е.К. Костюквич // Ахова працы.—1999.— №11.— С.16-19.
2. Амосов, А.А., Вычислительные методы для инженеров / А.А. Амосов [и др]. - М.: Высшая школа, 1994.— 544 с.

УДК 620.9:378.14.014.13

Кушнер Г.Л., Басалай С.Г.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## **ОБСУЖДЕНИЕ ВОПРОСОВ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ВО ВНЕУЧЕБНОЙ РАБОТЕ СО СТУДЕНТАМИ**

The article shows the results of students' international seminar. The problem of power supply of a modern society is one of the most actual problems of the present. Use of unrenewing power resources of fossil fuels causes the most serious economical and ecological problems. The world community uses reviving power resources much less. These problems can be discussed with students during extracurriculum activity.

В настоящее время все чаще обсуждается связь снижения потребления невозобновляемых энергетических ресурсов и улучшения экологической обстановки за счет реализации энергосберегающих технологий и мероприятий. Следовательно, возникает необходимость расширения подготовки выпускников высшей школы не только по вопросам охраны окружающей среды и рационального природопользования, но и в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Формирование знаний конкурентоспособного специалиста, обладающего «энергоэффективным» мышлением, является актуальной проблемой и обусловлено как социально-экономическими изменениями в обществе, так и ухудшением экологической ситуации в природной среде. Дальнейшее устойчивое развитие общества зависит от знаний, умений и навыков в создании и применении ресурсосберегающих технологий и может быть основано только на принципах согласования потребностей человека и возможностей биосферы [1]. Курс «Основы энергосбережения» относится к циклу общепрофессиональных дисциплин и читается в течение одного семестра. В зависимости от факультета и специальности на дисциплину отводится от 34 до 64 аудиторных часов, из которых лекции составляют 50-80 %. Как правило, при проведении занятий используются мультимедийные технологии, демонстрация видеофильмов, различные дидактические средства (плакаты, модели, наглядные пособия и т.д.). Курс обеспечивается вопросами и заданиями (в т.ч. тестовыми) для проведения текущего и итогового контроля. Все вышесписанное стимулирует студентов повышать уровень своих знаний в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы. Но не менее важно в процесс обучения развить у студентов заинтересованность в овладении новыми научными знаниями и умениями, используя другие методы и приемы. Дальнейшее развитие познавательного интереса можно продолжить во внеучебное время, использовать при этом активные формы обучения, основанные на проблемно-ориентированных методах (деловые игры), методах случайного и логического поиска (мозговой штурм) и алгоритмическое решение поставленных задач) и т.д.

В качестве примера одного из мероприятий, посвященных вопросам энерго- и ресурсосбережения, хотелось бы привести семинар-тренинг «25 лет после Чернобыля – новые пути энергообеспечения», который был организован лекторами фонда им. Роберта Боша Дорит Хапп, Агнешкой Ченшак и Юлианой Тресер в апреле 2011 года. Первая часть семинара проводилась в г. Ровно (Украина), Белорусские, украинские, немецкие и польские студенты подготовили презентации, в которых отразили влияние Чернобыльской катастрофы на экономику, экологию, социальную сферу в их странах.

Молодые люди, которые не застали события 25-летней давности, разыскивали свидетельства очевидцев случившейся трагедии, сообщения о ней в государственных средствах массовой информации. сведения о реакции государственных структур, населения, принимаемых мерах. Один из дней конференции проводился в Киеве. Эта поездка была организована с целью посещения музея Чернобыля. Экспозиция произвела на участников неизгладимое впечатление, прежде всего реальностью экспонатов, атрибутов, документов. Четвертый и пятый дни проекта были посвящены обсуждению политики стран в области атомной энергетики. Представители каждой страны обсуждали все «за» и «против» по поводу уже функционирующих атомных электростанций и строительства новых.

Продолжение семинара состоялось в Барановичском государственном университете (Республика Беларусь). В течение первых двух дней около тридцати студентов из Беларуси, Украины и Германии обсуждали существующие до сих пор последствия аварии на Чернобыльской АЭС. В ходе семинара участники, в числе которых были и студенты Брестского государственного технического университета, повстречались с очевидцами катастрофы, проживавшими в 1986 году на территории Беларуси и Украины. Немецкий режиссер Себастьян Хайнцель представил свой фильм «Покинутый рай» о городе Припяты, который вызвал живую дискуссию зрителей.

Кроме проблем атомной энергетики обсуждались и другие актуальные вопросы добычи энергии в трех странах. Во второй части проекта студенты встретились с представителями Министерства энергетики Республики Беларусь, Комитета по энергоэффективности, работниками «Белэнерго» и «Брестэнерго».

С точки зрения будущего благополучия общества энергетика играет важную роль в мире. Сейчас много внимания уделяется ее возобновляемым источникам. Третья часть была посвящена знакомству студентов с различными источниками энергии. Лектор Международного государственного экологического университета им. А.Д.Сахарова Юрген Шенк организовал экскурсию в энергетический парк «Волма», где установлен первый в Республике Беларусь промышленный ветряной электрогенератор. Особо хотелось бы отметить, что в качестве активных методов взаимодействия студентов применялись интерактивные игры, одна из которых называлась «Международная политика по энергетике и окружающей среде». Наряду с расширением знаний особое место в семинаре занимала межкультурная коммуникация его участников. Что выбрать: мирный атом, уголь, газ или использовать альтернативные источники энергии? Обсуждались аспекты применения альтернативных источников: технические возможности использования, целесообразность, а также их стоимость, безопасность строительства и эксплуатации. Четыре группы студентов (одна немецкая, одна украинская и две белорусских) подготовили презентации своих проектов, каждый из которых был посвящен отдельному источнику энергии. Выступающие старались доказать аудитории, что именно их вид энергии является наилучшим. Другие участники задавали вопросы и создавали неординарные ситуации. В результате пришли к выводам, что у любого источника энергии есть свои плюсы и минусы. Вот лишь некоторые аспекты, с которыми согласилось большинство участников проекта. В ходе ядерных реакций не образуются парниковые газы, но вместо этого возникают ядерные отходы, которые необходимо где-то захоронить. Эффективность солнечных батарей не слишком высока, и под такие электростанции необходимо занимать огромные площади. Если эти площади выбираются в пустынях, то возникает проблема доставки энергии. Если батареи располагать на плодородных землях, то, возможно, дешевле вырастить там растения, а затем их сжечь. Энергия биомассы все больше занимает умы ученых. Но прогнозы будущего развития сулят увеличение количества людей, которые будут голодать именно из-за того, что человечество займется выращиванием не продовольствия, а источников этанола. Студенты-участники семинара пришли к

единому мнению: будущее за возобновляемыми источниками. В завершение семинара студентам был задан вопрос: «Какие возобновляемые источники энергии имеют наибольший потенциал развития в Республике Беларусь, Германии, Украине?». Результаты этого опроса представлены в таблице.

Таблица – Результаты опроса студентов о возобновляемых источниках энергии [2]

Виды возобновляемых источников энергии	Распределение голосов участников (всего 32 человека), в %		
	Потенциал развития		
	в Беларуси	в Германии	в Украине
Энергия Солнца	0	6	16
Энергия воды	3	16	46
Геотермальная энергия	0	0	3
Энергия ветра	34	69	19
Энергия биомассы	63	9	16

Основная цель при любой форме образования – изменить отношение всех членов общества к вопросам ресурсо- и энергосбережения таким образом, чтобы специалисты новой формации смогли произвести «переоценку» ценностей и ощутить ответственность не только за собственное будущее, но и будущее потомков [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЮНЕСКО: саммит-2002: образование и культурное разнообразие в интересах устойчивого развития / Вестник экологического образования в России. – 2002. – № 3(25). – С. 14.
2. 25 лет после Чернобыля – новые пути энергообеспечения: материалы Международного семинара, Барановичи, 10–16 апреля 2011 года / БарГУ; под. ред. А. Ченшак. – Барановичи, 2011. – С. 8.
3. Селезнева, И.С. Инновационное инженерное образование как основа подготовки специалиста новой формации / И.С. Селезнева, Е.В. Садчикова, В.Ю. Балдин // «Инновационное инженерное образование как основа подготовки специалиста новой формации»: сборник материалов I регионального научно-педагогического совета. – РГПУ: Екатеринбург, 2006. – С. 7–10.

УДК 665.

Левчук Н.В.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

One of ways to lower external influence on concrete is updating. Acceleration processes of concrete corrosion and destruction of buildings promotes environmental contamination.

Плотины гидроэлектростанций, мосты, тоннели, морские молы и причалы, мемориальные сооружения, а также современные здания и сооружения, должны служить века, подвергаясь воздействию окружающей среды. Поэтому детальное изучение долговечности строительных конструкций из бетона и железобетона, подвергающегося воздействию внешней агрессивной среды, остается актуальным.

Развитие промышленности, в особенности химической, а также, в большей степени, повышение уровня автомобильного потока за последние десятилетия вызвало существенное изменение состава окружающей среды. Состав атмосферного воздуха характеризуется повышенным содержанием кислых газов, агрессивных по отношению к бетону и арматуре железобетонных конструкций.

Большое значение для перспективы снижения степени агрессивности среды по отношению к бетону и железобетону гидротехнических сооружений имеет очистка сточных вод и защита водоемов от загрязнений [1].

Для оценки степени агрессивности внешних воздействий особое значение имеет анализ поведения материала конструкций в ранее построенных сооружениях. Известно немало сооружений, существующих сотни лет без значительных повреждений, и в то же время можно видеть здания и сооружения, построенные совсем недавно и разрушившиеся в течение нескольких лет.

Быстрое разрушение бетонных и железобетонных конструкций отмечается не только на промышленных предприятиях по производству различных химических веществ (кислот, солей, хлора и др.), но и сооружений, используемых при фильтрации вод, содержащих сульфаты, при действии грунтовых минерализованных вод.

Натурные наблюдения за состоянием различных конструкций позволили установить то, что интенсивные повреждения бетона и железобетона наблюдаются при действии не только кислот, но и растворов солей и даже щелочей.

Установлено, что во всех случаях механизм разрушающего действия различен. Степень агрессивного воздействия зависит не только от химической природы – состава агрессивной среды, но и от влажности газовой среды, от условий контакта, скорости движения и напора жидких сред, плотности прилегающего грунта при действии грунтовых вод, температуры среды, силовых нагрузок – напряженного состояния материала конструкций и от других факторов.

«Степень агрессивности» – относительное понятие. Среда может быть агрессивной по отношению к бетону на портландцементе и неагрессивной – к бетону такого же состава на глиноземистом цементе, степень агрессивности будет различна по отношению к бетонам различной плотности. Для бетона наибольшую опасность представляет содержание в воздухе кислых газов, что может привести при конденсации влаги в порах бетона к образованию кислот, разрушающих бетон.

В экспериментах, проведенных на кафедре химии и инженерной экологии Брестского государственного технического университета, исследовалось влияние повышенных концентраций углекислого газа на модифицированные бетоны.

Атмосферные воды, выпадающие в виде осадков, содержат обычно небольшое количество сульфат-ионов и ионов хлора, кроме того, в атмосферной воде содержится растворенный углекислый газ  $\text{CO}_2$ . В городских районах, где атмосферный воздух загрязнен дымовыми газами, количество  $\text{SO}_3$  и  $\text{CO}_2$  увеличивается, из-за чего снижается pH атмосферной воды до 5,7. Поэтому в нашей работе исследования проводились с использованием воды со значением  $\text{pH} < 5$ . Такую воду получали при пропускании углекислого газа, образованного в аппарате Киппа, в результате химической реакции взаимодействия мрамора и соляной кислоты.

В качестве бетонных образцов использовались кубы с длиной грани 2 см, изготовленные из цементно-песчаного раствора, в который были добавлены коллоидные растворы гидроксида железа и гидроксида алюминия. Образцы выдерживались в воде от 3 до 7 сут, после чего определялось содержание ионов кальция в водных вытяжках.

Особое внимание в работе мы уделили не только процессам, в которых происходит химическое взаимодействие между компонентами цементного камня и агрессивного раствора с образованием легкорастворимых соединений, но и к образованию малорастворимых продуктов реакции, которые могут накапливаться в порах бетона и увеличивать объем твердой фазы, создающей внутренние напряжения, повреждающие структуру бетона [2].

Так как наиболее растворимым компонентом цементного камня на основе портландцемента является гидроксид кальция, коррозионный процесс определяется обычно как процесс «выщелачивания» извести, но в поровых пространствах при достаточном количестве  $\text{CO}_2$  и воды возможно образование нерастворимого карбоната кальция, переходящего в растворимый гидрокарбонат при избытке углекислоты, способствующей выводу из системы ионов Са.

Согласно теории углекислотной коррозии [3], карбонизированный слой на поверхности цементного камня обычно имеет небольшую толщину, постепенно разрушается под действием агрессивного раствора. Появление ионов  $\text{OH}^-$  в растворе за счет диффузии гидроксида кальция из глубинных слоев нарушает химическое равновесие, что приводит к образованию в поверхностном слое карбоната кальция.

При интенсивном движении жидкой фазы равновесие не устанавливается и происходит постоянная смена агрессивного раствора у поверхности бетона и его разрушение продолжается до полного разрушения всех структурных элементов микро- и макробетона. Поэтому последовательность развития процессов углекислотной коррозии можно представить следующим образом: насыщение агрессивной углекислоты, содержащейся в фильтрующей воде, бикарбонатом кальция, который уносится с поверхности. На месте остаются не обладающие вяжущими свойствами конечные продукты разрушения цементного камня в виде геля гидроксидов алюминия, кремния и железа с включением зерен заполнителя.

На процессы углекислотной коррозии бетона влияют различные факторы: концентрация агрессивной углекислоты, площади реагирующей поверхности, вид цемента и многие другие, в том числе модифицирующие добавки. Поэтому в настоящей работе исследовалось состояние бетона различных составов, с применением модифицирующих добавок, представляющих собой коллоидные растворы, в условиях воздействия углекислотного агрессивного агента. Предварительные результаты показали, что содержание ионов кальция в водных вытяжках образцов с добавлением модифицирующих добавок снижается по отношению к контрольным образцам без добавок. Снижение концентраций ионов кальция в водных вытяжках можно объяснить химическим взаимодействием минералов цементного клинкера и коллоидных растворов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов – М: Изд. АСВ, 2003. – 500 с.
2. Левчук, Н.В. Влияние коллоидных растворов на процессы гидратации портландцементных систем / Н.В. Левчук // Свиридовские чтения: сб. ст. / ред. кол.: Т.Н. Воробьева (отв. ред.) [и др.]. – Мн.: БГУ, 2005. – Вып. 2. – С. 56–60.
3. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов / Под общ. ред. В.М. Москвина – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.

УДК 911.2: 551.481.1

Мартынюк В.А.

Ровенский государственный университет, г.Ровно, Украина

## ЛАНДШАФТНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОСИСТЕМЫ «ОЗЕРНЫЙ ВОДОСБОР» КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ВОДОЕМА

We propose a model of landscape geosystem «lakes catchment» ecological passport of the reservoir. A map of the landscape structure of the lake basin the rank urotshistshe was created and calculated characteristics of the natural watershed area.

Современная практика природопользования (водохозяйственного, рекреационного, рыбохозяйственного, природоохранного и др.) озерных водоёмов предъявляет новые требования и стандарты к этим природным образованиям. Каждый водный объект, который используется или потенциальный для использования в той или иной отрасли природопользования, должен быть учтен в реестре ресурсов региона и иметь элементарный экологический паспорт с соответствующими характеристиками. Экологическая паспортизация озер ведется разными отраслевыми научно-исследовательскими ведомствами и учреждениями. В составе таких паспортов не всегда учитывается комплексный подход, который предусматривает экологическую оценку озера с прилегающими к нему ландшафтными комплексами водосбора. Наиболее эффективным подходом создания такого паспорта, на наш взгляд, должна стать ландшафтная модель “водосбор-озеро”.

*Методикой исследования* послужила концепция “озеро-водосбор” [2], работы по ландшафтоведению [1], лимнологии [7], опыт ландшафтно-лимнологических исследований озер [4]. Важным аспектом исследований послужил принцип выделения геосистем с односторонним системообразующим потоком вещества и энергии [6].

*Цель работы* – на примере оз. Белое (Волинское Полесье) показать ландшафтную модель геосистемы “озерный водосбор” как основы экологического паспорта водоема.

*Результаты исследования.* Озеро Белое, согласно физико-географическому районированию, принадлежит к Нижнестырскому ландшафту природной области Волинского Полесья (рис. 1). Водосбор озера сформировался в пределах местности высоких междуречий на флювиогляциальных песках с близким залеганием мелоподобных мергелей. Озеро Белое с 1980 г. вошло в состав Дубровского гидрологического заказника общегосударственного значения. Ландшафтные условия заказника неоднородные, что обусловлено рельефом и биотическим разнообразием растительных сообществ. Более пониженная северная часть заказника занята заболоченным лесом, в понижениях которого произрастают ольшяники, а на незначительных повышениях преобладают сосновые леса черничниковые. Вокруг озера узкой полосой сформировалось сфагновое болото с олиготрофным и мезотрофным питанием, которое постепенно переходит в заболоченный лес [5].



Рисунок 1 – Место оз. Белое на схеме физико-географического районирования Волынского Полесья (по [3]; с уточнением восточной границы Верхнеприпятского района)

По нашим исследованиям, общая площадь озера составляет 0,26 км<sup>2</sup>, глубина водоема средняя – 2,72 м, максимальная – 6,80 м, длина озера – 0,80 км, ширина максимальная – 0,45 км, средняя – 0,33 км, длина береговой линии – 2,15 км. Объем воды озера – 715,4 тыс. м<sup>3</sup>. Нами рассчитаны некоторые лимнометрические коэффициенты водоема: изрезанность береговой линии – 0,67, удлиненность – 2,42, ёмкость – 0,40, открытость – 0,10, глубинность – 4,26.

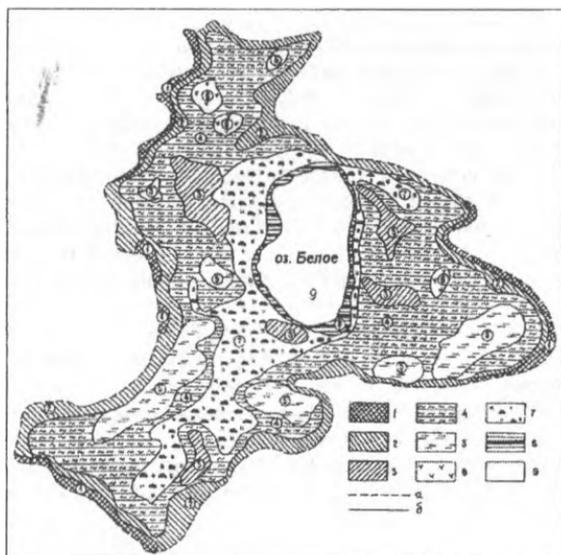
Подсистемой высшего порядка представлен озерный водосбор общей площадью 3,14 км<sup>2</sup> (табл. 1). В структуре земельных угодий водосбора более 70% территории залесено, 0,32% занято болотными угодьями и столько же процентов приходится на селитебные земли, 21,02% – распаханная земля. Таким образом, коэффициент антропогенной нагрузки на озеро составляет 30,3%.

Другие количественные показатели природной геосистемы “озерный водосбор” выглядят следующим образом: показатель площади – 0,08, удельный водосбор – 12,08, условный водообмен – 0,55, удельная водообменность – 1,81, слой аккумуляции – 227,83 мм, объём приточных вод – 396,0 тыс. м<sup>3</sup>/год. Приведенные характеристики земельных угодий, а также морфометрические и гидрологические параметры позволяют лучше представить озеро в бассейновой системе, выяснить некоторые аспекты сложных взаимосвязей водосбора и водной массы озера.

В пределах водосбора озера нами выделено девять геокомплексов ранга урочищ, в том числе сложное акваурочище водоема (рис. 2). Наиболее устойчивые геокомплексы расположены в приводораздельной части водосбора, более уязвимые с точки зрения природных и антропогенных трансформаций – ближе к озеру.

Таблица 1 – Структура земельных угодий водосбора оз. Белое, рассчитано по картам

S, км <sup>2</sup>	P, км <sup>2</sup>	m	Площадь угодий										S <sub>обр./</sub> S <sub>меобр.</sub> %
			f <sub>оз.</sub>		f <sub>лес.</sub>		f <sub>бол.</sub>		f <sub>с.л.</sub>		f <sub>пвх.</sub>		
			км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	
3,14	10,4	1,66	0,26	8,28	2,20	70,06	0,01	0,32	0,01	0,32	0,66	21,02	30,3



1-8. — урочища, 9 — сложное акваурочище; границы: а — водосбора, б — урочищ  
Рисунок 2 — Ландшафтная структура водосбора оз. Белое (М 1:10000)

1 Песчаные гряды с покатыми (10-15°) склонами, покрытые черничниково-зеленомошными, дубово-сосновыми и сосновыми лесами на дерново-слабоподзолистых и среднеподзолистых песчаных почвах. 2. Приводораздельные участки со слабопокатыми (6-10°) склонами, покрытые сосновыми, дубово-сосновыми лесами, изредка ельниками на дерново-скрытоподзолистых песчаных и супесчаных почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых отложениях, частично распаханых. 3. Невысокие отдельные холмы и гряды с пологими (3-5°) склонами, покрытые черничниково-зеленомошными, березово-сосновыми и сосновыми лесами на дерновых подзолистых и дерново-среднеподзолистых почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых отложениях. 4. Слабоволнистые участки междуречий, покрытые кустарниково-зеленомошными свежими сосновыми и березово-сосновыми борами, изредка с борью ельника на дерново-слабоподзолистых и среднеподзолистых глееватых песчаных и супесчаных почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых отложениях, частично распаханых. 5. Замкнутые заболоченные понижения, покрытые рогозово-разнотравно-зеленомошными ольшняками и березьяками на лугово-болотных и болотных маломощных почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых отложениях. 6. Небольшие замкнутые овальной и круглой формы впадины карстового происхождения, иногда с небольшими озерками в центре, покрытые пушицево-сфагновыми и кустарниково-разнотравно-зеленомошными сообществами на болотных маломощных и среднемощных почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых отложениях. 7. Плоские замкнутые заболоченные, местами закоркаренные, участки междуречий, покрытые кустарниково-сфагновым и мелкозлаково-разнотравно-зеленомошным, ольхово-березовым и березово-сосновым редколесьем на болотных мало- и среднемощных почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых отложениях. 8. Узкие приозерные террасы, местами покрытые рогозово-камышово-осоково-сфагновыми и разнотравно-зеленомошными сообществами, с островками березы чернокорой и ольхи черной, на болотных среднемощных и мощных почвах, сформировавшихся на аллювиальных отложениях. 9. Озерная котловина овальной формы, на мелководье, поросшая осоково-рогозово-камышовыми сообществами, а в сублиторали — изредка водорослями, выстланная торфами и сапропелями, сформировавшимися на аллювиальных отложениях.

### **Выводы**

Предложенная модель геосистемы “озерный водосбор” рассматривается нами как конструктор будущего экологического паспорта водоема. Подсистемой порядка ниже выступает геосистема “озеро” с ландшафтной структурой и лимнометрическими характеристиками. В рамках данной работы мы не приводим ландшафтный блок аквальной геосистемы. В целостном виде модель геосистемы “озеро-водосбор” открыта для пополнения разнообразной информацией (гидрологической, гидрохимической, биотической, гидроэкологической и т. д.), а в дальнейшем станет основой для создания многоцелевой бассейново-озерной геоинформационной системы. Опыт наших исследований показывает, что такая модель наиболее эффективна для экологической паспортизации водосмов замедленного водообмена и в практике бассейнового природопользования.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учеб. / А. Г. Исаченко. – М. : Высш. шк., 1991. – 366 с.
2. Дрabbкова, В.Г. Озеро и его водосбор – единая природная система / В.Г. Дрabbкова, И. Н. Сорокин. – Л. : Наука, 1979. – 195 с.
3. Маринич, О.М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко [та ін.] // Укр. географ. журн. – 2003. – № 1. – С. 16–20.
4. Мартинюк, В.О. Ландшафтно-лімнологічний аналіз басейнової (озерної) геосистеми / В.О. Мартинюк // Наукові записки Тернопіл. держ. пед. ун-ту. Сер. Географія. – Тернопіль, 1999. – № 2. – С. 29–36.
5. Природно-заповідний фонд Рівненської області; під ред. Ю.М. Грищенка. – Рівне: Волинські береги, 2008. – 216 с.
6. Ретеюм, А.Ю. О геокомплексах с односторонним системообразующим потоком вещества и энергии // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. – 1971. – № 5. – С. 122–128.
7. Якушко, О.Ф. Озероведение. География озер Белоруссии / О.Ф. Якушко. – Мн.: Вышшая школа, 1981. – 223с.

УДК 696.2

### **Медведева О.П.**

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» НО «Строительно-архитектурно-дорожный институт», г.Саратов, Российская Федерация

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

A general concept and ability to study the component composition of LPG supplied to the needs of the household gas supply, integrated considering specificity production and consumption of the product, the requirements for safety, reliability and cost of gas supply systems. This ensures reliable and safe operation of installations storage, transportation and regasification of the product in all the climatic zones.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) получили широкое распространение как источники газоснабжения городов и сельских населенных пунктов, удаленных от магистральных газопроводов природного газа.

В существующей практике снабжения сжиженным газом сельских поселков, а также жилых массивов городов с преимущественно одноэтажной (усадебной) застройкой осуществляется, как правило, от индивидуальных газобаллонных установок. При этом сжиженный газ используется только в газовых плитах (на цели пищевого приготовления и, отчасти, для нагрева воды на хозяйственные нужды и приготовление кормов для домашних животных). В то же время такие жизненно важные нужды, как отопление и горячее водоснабжение, удовлетворяются за счет использования твердого топлива (уголь, дрова). Сложившаяся структура бытового энергобаланса жилых усадебных зданий не отвечает требованиям к современному уровню инженерного сервиса и негативно сказывается на благосостоянии и жизнедеятельности населения.

В настоящее время сложилась значительная диспропорция между потребностью пропан-бутана и его ресурсами, выделяемыми промышленностью, что объясняется, в первую очередь, опережающим ростом числа газифицируемых квартир по сравнению с приростом производства продукта на коммунально-бытовые нужды. В этой связи, фактический процент населения, необеспеченного современными источниками энергоснабжения, составляет свыше 30%. В зоне действия межпоселковых газопроводов и газопроводов-отводов сжиженный газ будет интенсивно вытесняться сетевым природным газом. Освобождающиеся при этом значительные ресурсы пропан-бутана позволят дополнительно газифицировать около 0.5 млн. квартир, которые не располагают в настоящее время прогрессивными источниками энергоснабжения, а также обеспечить более полное удовлетворение потребности населения в сжиженном газе с использованием последнего на цели отопления и горячего водоснабжения, а также на технологические нужды объектов АПК. Высокая степень диверсификации и автономности систем энергоснабжения на базе сжиженного газа в сочетании с высоким потребительским и экологическим эффектом делают его наиболее предпочтительным энергоносителем для населенных пунктов и сопутствующих им объектов АПК, удаленных от опорных пунктов энергоснабжения.

Снабжение сжиженным газом от индивидуальных баллонных установок имеет следующие преимущества: автономность систем газоснабжения; простота монтажа и эксплуатации установок; небольшие капиталовложения в сооружение систем газоснабжения и др. Вместе с тем, баллонные установки имеют низкую паропроизводительность, что позволяет их эффективно использовать при расчетном газопотреблении приборов не более  $0.4 \div 0.5 \text{ кг/ч}$  (газовые плиты, малолитражные отопительные котлы, емкостные водонагреватели и т.д.). Данные соображения относятся к установкам, которые размещаются внутри газифицируемых помещений. Наружные газобаллонные установки в холодный период времени года не гарантируют надежного газоснабжения, так как при низких температурах окружающего воздуха, особенно при наличии газа с повышенным содержанием бугана, испарение газа в баллоне вообще прекращается. Следует отметить также, что баллонное газоснабжение имеет и ряд других существенных недостатков: повышенная пожаро- и взрывоопасность установок; сложность и трудоемкость технологических процессов по заправке и опорожнению баллонов, по ремонту и освидетельствованию и т.д. Применение для газификации потребителей резервуарных систем снабжения СУГ в значительной мере устраняет отмеченные выше недостатки и является важным резервом повышения экономичности и надежности систем газоснабжения. Сжиженные углеводородные газы, применяемые в качестве топлива для жилых и общественных зданий, коммунально-бытовых, промышленных и сельскохозяйственных потребителей, должны удовлетворять требованиям [1]. Указанным стандартом

предусматривается выпуск продукта трех марок: пропан-технический (ПТ), смесь пропан-бутана техническая (СПБТ), бутан технический (БТ). Сжиженный газ марки ПТ с повышенным (более 75%) содержанием пропана рекомендуется использовать в наружных газобаллонных и групповых РУ с естественной регазификацией. Сжиженный газ марок СПБТ и БТ рекомендуется использовать в газобаллонных установках, размещаемых внутри газифицируемых помещений, а также в групповых резервуарных установках с искусственной регазификацией (РУЕР). Значительный рост потребления пропана химической промышленностью, а также увеличение масштабов его экспорта обуславливают необходимость в более широком использовании менее дефицитной пропан-бутановой смеси, в том числе и в РУЕР.

СУГ, вырабатываемые отечественными предприятиями, как правило, включают в виде примесей небольшие количества легких углеводородов (этилена и этана). Обычно, содержание этих примесей не превышает  $1\pm 2\%$  по объему и не оказывает заметного влияния на технологические параметры систем газоснабжения. Вместе с тем, производство продукта с повышенным содержанием легких углеводородов (и, прежде всего, этана) представляется весьма целесообразным. Указанное обстоятельство обуславливается экономическими соображениями (снижение производственных затрат на газодифракционирующих установках), а также необходимостью повышения упругости паровой фазы СУГ в зимнее время для обеспечения нормальных условий эксплуатации стационарных и транспортных емкостей и установок регазификации. Предельное содержание легких углеводородов типа метана и этана ограничивается величиной эксплуатационного давления (при температуре  $+45^{\circ}\text{C}$  не должно превышать  $1.7\text{МПа(абс)}$ ). Приведенное выше ограничение учитывает только безопасные условия эксплуатации емкостей СУГ и не затрагивает вопросов безопасной эксплуатации газовых приборов.

Поддавливающее большинство существующих систем снабжения СУГ работает по принципу отбора паровой фазы из расходных емкостей. Подача потребителю паровой фазы некондиционного состава ухудшает эксплуатационные характеристики газогорелочных устройств. В отдельных случаях, при высокой концентрации легких углеводородов, может быть нарушена устойчивая работа газовых горелок. В результате возникает опасность погасания факела. Таким образом, поставляемый потребителю продукт с повышенным содержанием легких углеводородов может при эксплуатации не только емкостей, но и газовых приборов привести к аварийной ситуации. На основании литературных данных [2], в качестве предельно-допустимой концентрации легких углеводородов в паровой фазе СУГ было принято  $45\div 50\text{ мол.}\%$ . Опрос газовых хозяйств и анализ полученных данных показывает, что в настоящее время поставки сжиженного газа в хозяйства производятся без учета климатических особенностей. Как в северные районы, так и в южные поступает газ с содержанием пропана в среднем  $60\div 70\text{ вес.}\%$ . Учитывая обстоятельство, что испарительная способность подземных РУЕР зависит от процентного содержания пропана в пропан-бутановой смеси, находящейся в резервуаре, а также от температурных условий окружающей среды, при существующем положении сложились неравные условия для газовых хозяйств, расположенных в различных климатических районах. В южных районах, где температура наружного воздуха и грунта на глубине заложения подземных резервуаров значительно выше, чем в северных, системы газоснабжения находящаяся в более благоприятных условиях, так как при одинаковом составе поставляемого газа регазификационные установки имеют значительно большую производительность. Для получения требуемой производительности подземных установок газовые хозяйства северных районов вынуждены поддерживать значительный

(более 50 %) остаточный (перед очередной заправкой) уровень газа в резервуарах, часто сливать тяжелые остатки, что, в общем, ощутимого результата по обеспечению нормального газоснабжения не дает, а лишь создает дополнительные трудности по эксплуатации систем газоснабжения.

В целях определения рационального состава СУГ, поставляемого для групповых РУЕР, были проведены соответствующие исследования. В качестве исходной целевой установки задачи были приняты следующие предпосылки: минимальное содержание в поставляемом газе дефицитных пропановых фракций; максимальное содержание в поставляемом газе менее дефицитных этановых и бутановых фракций; одинаковая паропроизводительность резервуаров в различных климатических зонах. Указанную предпосылку реализует постоянство температурного напора между грунтом и СУГ. Согласно нормативно-техническим документам, поставляемый потребителю газ должен отвечать требованиям: давление насыщенных паров при температуре +45°С не более 1.7МПа(абс); давление насыщенных паров при температуре +25°С не более 1.1МПа(абс); давление насыщенных паров при температуре -20°С не менее 0.26 МПа(абс); предельное содержание этана в паровой фазе СУГ из условия безопасной эксплуатации газовых горелок не более 45 мол.%; минимальное давление паров в подземных резервуарах из условия устойчивой работы редуцирующих головок не менее 0.12 МПа (абс). Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Компонентный состав СУГ в различных климатических зонах

Параметры		Климатическая зона				
		очень холодная	холодная	умеренно- холодная	умеренно- теплая	
Минимальная температура	Воздух	-60	-47	-38	-24	
	Грунт	-8	-5	-2	+3	
Рекомендуемый состав СУГ, % вес	этан	предлагаемый состав	4.5	4.5	4.5	4.5
		по [3]	-	-	-	-
		по [1]	-	-	-	-
	пропан	предлагаемый состав	66.8	64.4	60.8	55.0
		по [3]	93	85	75	70
		по [1]	75	75	75	75
	бутан	предлагаемый состав	28.7	31.1	34.7	40.5
		по [3]	7	15	25	30
		по [1]	25	25	25	25

Как видно из таблицы 1, предлагаемые рекомендации, по сравнению с другими литературными источниками, существенно расширяют объемы реализации бутановых фракций в системах резервуарного газоснабжения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия: ГОСТ 20448-90. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10с.
2. Богданов, В.П. Для надежности систем газоснабжения] / В.П. Богданов, Н.В. Егоров, Б.Н. Курицын //Жилищное и коммунальное хозяйство. – М.: Стройиздат, 1987. – №5. – С.33-34.
3. Предложения по районированию территории РСФСР на климатические зоны по поставкам сжиженного газа различного компонентного состава. – Саратов: Гипрогаз, 1976. – 16 с.

УДК 692.232.4

**Мешик О.П., Мешик А.О.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ЗДАНИЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Features of vertical gardening of buildings in climatic conditions of Belarus are described. Merits and demerits of vertical gardening for walls of buildings are designated.

В начале XXI века, вследствие ухудшения состояния природной среды, особое внимание стало уделяться вопросам экологии, в том числе и экологии в архитектуре. Уже сегодня при проектировании зданий, решении градостроительных задач, благоустройстве территорий, оформлении интерьеров, архитекторы стремятся сделать жильё и среду обитания человека максимально приближенной к природным истокам. Это удаётся с применением новых (либо усовершенствованных старых) технологий, производством которых не несёт вредной нагрузки на состояние окружающей среды современного города. Одним из актуальных примеров является создание так называемых зелёных стен, отличительная особенность которых от зеленых фасадов, устраиваемых сегодня, проявляется в том, что зеленые фасады используют растения, корни которых находятся в земле, в то время как живые стены строятся из готовых панелей или растительных интегрированных систем. Наибольшее развитие вертикальное озеленение имеет в районах умеренных широт с мягким морским климатом.

Климат Беларуси в отличие от стран (Франция, Германия и др.), где широко развито вертикальное озеленение, характеризуется большей континентальностью. Зима здесь значительно суровее, а лето теплее, чем на тех же широтах к западу.

Тепловой режим Беларуси формируется солнечной радиацией и переносимым воздушными массами теплом с других территорий (адвекция тепла). Суммарная радиация составляет большую приходную часть радиационного баланса, положительно, в среднем за год. Изменяется радиационный баланс в направлении с северо-востока на юго-запад от 1500 до 1800 МДж/м<sup>2</sup>. Около 55% суммарной солнечной радиации составляет рассеянная радиация, увеличивающаяся с севера на юг от 1900 до 2100 МДж/м<sup>2</sup>. Важная для растений часть радиации приходится на участок спектра с длиной волн 0,38-0,71 мкм – это фотосинтетически активная радиация. Ее распределение по исследуемой территории такое же, как у суммарной радиации и находится в пределах 1890-2160 МДж/м<sup>2</sup>. Средняя годовая продолжительность солнечного сияния составляет 1750-1870 часов с тенденцией изменения с севера, северо-запада на юг, юго-восток. Средние годовые температуры воздуха уменьшаются в направлении с юго-запада на северо-восток. Годовые амплитуды температур воздуха увеличиваются по мере удаления от Атлантического океана. Температура воздуха в Беларуси характеризуется значительной изменчивостью, поэтому средние многолетние значения дают самое общее представление о температурном режиме. Самый теплый месяц года – июль со средними температурами воздуха от 17,0 до 18,5 °С, самый холодный январь с температурами от -8,0 до -4,5 °С. Максимальные наблюдаемые температуры на территории Беларуси достигали 35-38 °С, минимальные – минус 35-41 °С. Зимой тепловой режим формируется, в большей степени, за счет адвективной составляющей турбулентного теплообмена приземной атмосферы, и погода зависит, в основном, от атмосферной циркуляции. Перемещение атлантических воздушных масс вглубь континента, в зимний период, почти всегда связано с циклонической деятельностью, сопровождающейся повышением температуры и относительной влажности воздуха, выпадением атмо-

сферных осадков. По мере продвижения на восток теплый воздух охлаждается, теряет часть влаги и трансформируется в континентальный. Приток воздушных масс с Атлантики чередуется с их поступлением из других географических областей, в частности с юга и юго-востока, что и создает характерную для территории Беларуси «пестроту» типов погоды. Именно большая годовая амплитуда температур воздуха по сравнению с территориями, расположенными к западу от Беларуси, является сдерживающим фактором развития вертикального озеленения. Длительный период с отрицательными температурами воздуха делает невозможным круглогодичную вегетацию растений в зеленых фасадах и стенах. В этой связи вертикальное озеленение в климатических условиях Беларуси может носить сезонный характер, что определяет применение мобильных разборных конструкций оболочек фасадов зданий.

Для климата Беларуси характерно действие различных типов воздушных масс, с которыми связана адвекция тепла и холода, поступление влаги. Преобладающими являются ветры западных направлений, оказывающие различное влияние на погоду зимой и летом. Большую роль здесь играют циклоны, особенно частые в зимний период, и антициклоны. В среднем за год скорость ветра в Беларуси составляет: для равнин и возвышенностей – 3,5-4,0 м/с; для низменностей и долин рек – 3,0-3,5 м/с. Четко прослеживается увеличение скорости ветра с повышением отметок поверхности земли. Частая смена воздушных масс, их направлений, циклонов и антициклонов обуславливает значительную температурную изменчивость, делает погоду неустойчивой. Для вертикального озеленения ветровой режим территории Беларуси можно считать достаточно благоприятным, ввиду относительно небольших скоростей ветра. Также необходимо отметить, что у нас потенциальными объектами вертикального озеленения выступают, прежде всего, общественные здания умеренной высотности. Скорости ветра и высотность зданий в Западной Европе значительно больше. Ветровой режим территории Беларуси способствует применению в вертикальном озеленении разборных конструкций облегченного типа, которые способны выдерживать соответствующие региону ветровые нагрузки.

Распределение атмосферных осадков по территории Беларуси представляет собой сложную картину «пятнистости». Почти для всей территории Беларуси характерен следующий режим выпадения осадков: максимум приходится на июль-август, минимум – на январь-февраль. Лишь для юго-западной части, максимум осадков – в июне. Однако в нехарактерные годы внутригодовой ход атмосферных осадков может быть иным. Число дней в году с дождями на исследуемой территории составляет: на северо-западе и в районе возвышенностей – 180-194; на юго-востоке и в низинах – 160-180. Наиболее часто осадки выпадают в осенне-зимний период. В среднем 17-20 дней с дождями – в декабре-январе и 15-19 дней – в октябре-ноябре. Минимум дней с осадками почти на всей территории Беларуси в мае (12-14 дней). На юго-западе Полесья этот минимум наблюдается в апреле и сентябре. В среднем на теплый период (апрель-октябрь) приходится каждый второй день с осадками, в которые выпадает более 70 % их годовой суммы. В теплый период года интенсивность осадков большая, чем в холодный. На весенне-летний период приходится около 30 дней с дождями интенсивностью более 5 мм, на осенне-зимний – 9-12 дней. Среднегодовая норма атмосферных осадков значительно колеблется на территории Беларуси: для центральной и северо-западной частей исследуемого региона она составляет – 600-700 мм; для возвышенностей (Новогрудская, Минская и др.) – 650-700 мм и более; в низинах – 600-650 мм. Амплитуда колебаний количества осадков по реальным годам доходит до 700 мм: в засушливые годы выпадает до 300 мм, а влажные – более 1000 мм осадков. По количеству выпадающих осадков Беларусь принадлежит к наиболее увлажненным районам Центральной Европы. Однако неравномерность поступления и расхода природных водных ресурсов, как во времени, так и в пространстве, большей частью не обеспечивает оптимальный водно-воздушный режим как для большинства сельскохозяйственных культур в естественных условиях, так и для растений в системах вертикального озеленения.

Обязательным элементом конструкции зеленых стен на территории стран Западной Европы, несмотря на значительное количество естественных атмосферных осадков, является система автоматического полива. В климатических условиях территории Беларуси вертикальное озеленение также требует дополнительного увлажнения. Перспективным является капельное орошение, включающее в состав технической схемы водосбросную сеть в виде лотков, устраиваемых в основании съемных панелей (модулей), заполненных почвой и растениями. Водосбросная сеть способна предотвратить потери воды, за исключением естественного испарения. При разработке режима орошения необходимо учитывать, что вертикальная зеленая стена поглощает до 45-75 % атмосферных осадков. Данная система является объектом автоматизации и может быть оборудована датчиками влажности и температуры. Последние используются тогда, когда возможно и необходимо проводить отоплительное орошение с целью продления «жизни зеленой стены». Достоинства системы орошения – малые затраты воды и электроэнергии на полив. Недостатки – возможность засорения микроводовыпусков капельниц, их повреждение птицами.

С учетом современных климатических условий Беларуси, вертикальное озеленение должно носить сезонный характер. В этой связи предусматриваются сборно-разборные металлические конструкции каркасного типа, состоящие из ряда модулей. При необходимости, еще в холодный период года, модули в помещениях могут заполняться почвой и растениями и при устойчивых положительных температурах монтироваться снаружи. Тем самым, к началу монтажа растения будут находиться в активной фазе вегетации, а зеленая стена иметь товарный вид.

С учетом того, что для территории Беларуси характерна повышенная относительная влажность воздуха в течение всего года (65-90 %), а в результате озеленения могут возникнуть эрозийные процессы на наружных стенах зданий, необходимо предусматривать свободную циркуляцию воздуха между зеленой стеной и стеной здания, что достигается обоснованием и увеличением расстояния между ними.

УДК 621.548

Михалычева Э.А., Трифонов А.Г.

ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны»  
НАН Беларуси, г. Минск

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

This paper presents the consideration of wind power installations influence factors on environment and the person, and measures of elimination of negative influence of these factors.

#### *Введение*

Ветер является одним из наиболее привлекательных источников «экологически чистой» энергии. Ветрогенераторы в процессе эксплуатации не потребляют ископаемого топлива, работа ветроэнергетической установки (ВЭУ) мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти. Ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн CO<sub>2</sub>, 9 тонн SO<sub>2</sub>, 4 тонн оксидов азота. По оценкам Global Wind Energy Council, к 2050 году мировая ветроэнергетика позволит сократить ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> на 1,5 миллиарда тонн. Однако, как и любой другой вид производства энергии, исполь-

зование ветроэнергетических установок влечет за собой возникновение экологических проблем. При оценке экологической безопасности установок, использующих возобновляемые источники энергии, необходимо рассматривать не только собственно выработку энергии, но и учитывать процесс изготовления оборудования. Так, показатель затрат металла на единицу мощности ветроустановки составляет примерно 50-70 кг/кВт, химическое производство стеклопластика для изготовления лопастей ротора также наносит экологический ущерб окружающей среде.

Однако существуют факторы непосредственного воздействия работающих ВЭУ и ветроэлектростанций (ВЭС) на окружающую среду и человека: отчуждение земель; акустическое воздействие; экранирующее воздействие, возможность климатических изменений; помехи для теле- и радиопередач, средств связи; влияние на икhtiо- и орнитофауну; ландшафтная несовместимость, визуальное невосприятие; последствия аварий.

*Экологические аспекты строительства и эксплуатации ветроэнергетических станций*

#### *Отчуждение земель*

Исследования показывают, что при обеспечении надежности работы ветроагрегата не менее 0,95 безвозвратные потери земли оцениваются в пределах 20 % общей площади, занимаемой сооружениями ВЭС. Для уменьшения количества отчуждаемой земли при строительстве ветростанции необходимо оптимизировать расположение самой ВЭС и ее инфраструктуры на отведенных площадях.

#### *Акустическое (шумовое) воздействие*

Наиболее важный фактор влияния ВЭС на окружающую среду – это акустическое воздействие. Сила звука (шум) в непосредственной близости от ВЭС небольшой мощности составляет 50-80 дБ (пороговая выносливость человеческого уха, принятая на основе болевых ощущений, равна 130 дБ). Шумовые эффекты от ВЭУ имеют разную природу и подразделяются на механические (шум от редукторов, подшипников и генераторов) и аэродинамические воздействия. Последние, в свою очередь, могут быть низкочастотными (менее 16-20 Гц) и высокочастотными (от 20 Гц до нескольких кГц). Особую экологическую проблему представляют собой шумовые воздействия установок значительной мощности (более 250 кВт), так как скорость на конце лопаток ветроколеса большого диаметра таких установок соизмерима со сверхзвуковой скоростью. При этом возникает инфразвук, отрицательно действующий на биологические объекты, в том числе и на человека.

На рисунке 1 показана зависимость уровня звуковой мощности от мощности ветроагрегата.

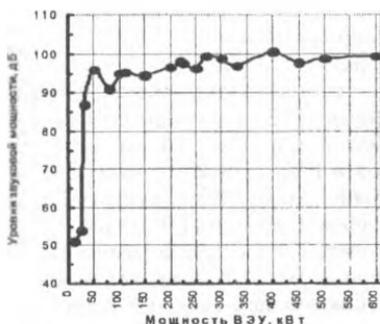


Рисунок 1 - Зависимость уровня звуковой мощности от мощности ветроагрегата

Анализ данных позволяет сделать следующие выводы:

– шумовые характеристики практически не изменяются в диапазоне мощностей от 50 до 600 кВт (от 91 до 101.5 дБ) и резко уменьшаются у ветроагрегатов мощностью от 30 кВт и менее (51-87 дБ);

– с ростом мощности ВЭУ увеличивается расстояние, на котором уровень звукового давления не превышает 45 дБ.

В странах с наиболее развитым парком ВЭС и достаточно большой плотностью населения приняты законодательные акты по ограничению шумового воздействия ветроагрегатов (в жилой зоне не более 40 дБ днем, 30 дБ ночью), а при больших скоростях ветра ночью ветроагрегаты должны останавливаться. Определены также минимальные расстояния расположения станций от: жилых домов – 400-950 м; дорог – 20-75 м; линий электропередач – 39-52 м; аэропортов – 4-6 км.

#### *Возможность климатических изменений, экранирующее воздействие*

Ветроэнергетические установки могут оказать экранирующее воздействие в районе размещения ветрового парка. Хотя при работе ветроустановок используется небольшой приземный слой воздушных масс (порядка 100-150 м), экранирующее воздействие может оказаться эквивалентным действию возвышенности такой же площади и высотой порядка 100-150 м, что может привести к уменьшению «пронетриваемости» района, увеличить испарение с поверхности ближайших водоемов, способствовать заболачиванию почв. Однако в случае сильных и продолжительных ветров это воздействие может стать положительным – уменьшится ветровая эрозия почв.

#### *Помехи для теле- и радиосвязи*

Помехи, вызванные отражением электромагнитных волн лопастями ветровых турбин, могут сказываться на качестве телевизионных и микроволновых радиопередач, а также различных навигационных систем (вблизи аэродромов и пр.) в районе размещения ветрового парка ВЭС на расстоянии нескольких километров. Считается, что уже ветродвигатель мощностью 0,1 МВт вызывает искажение сигнала телевидения и радиовещания на расстоянии до 0,5 км. Если же лопасти металлические, то зона действия помех может распространяться на расстояние 1,5-5 км. Проблем, касающихся связи и навигации, обычно можно избежать путем изменения положения ВЭУ или установкой ретрансляторов.

#### *Ландшафтная несовместимость, визуальное невосприятие*

Использование большого количества ветроагрегатов искажает привычный пейзаж, визуально «загрязняет» ландшафт. Для смягчения отрицательного визуального воздействия большого количества ветроустановок их стараются расположить, по возможности, рассредоточенно, вписать в ландшафт по цветовому решению, снизить визуальную нагрузку всевозможными способами.

#### *Влияние на орнито- и ихтиофауну*

Исследования показывают, что число птиц, убитых лопастями ветроустановок, незначительно по сравнению с числом, которые умирают в результате других человеческих действий: дорожное движение, охота, воздействие линий электропередач и т.д. Равновесие между орнитофауной и ВЭУ можно сохранить за счет их размещения в группах на определенном расстоянии между ВЭУ (минимальное – 150 м) и выполнения буферных зон (от 250 до 800 м в зависимости от размеров ВЭУ и вида птиц). Влияние ВЭС на ихтиофауну может быть вызвано размещением ветроустановок на островных и береговых территориях. Исследования, показывают, что шум и колебания, вызванные работой ветроустановок, не оказывают значительного влияния на миграцию и размножение ихтиофауны, однако в более глубоких водах распространяющийся инфразвук может воздействовать на коммуникацию китов.

### *Последствия аварий*

Из-за продолжительной работы некоторых установок и колебаний скорости ветра по времени возможны усталостные разрушения элементов конструкции ВЭУ и аварии различного рода, опасен также отрыв от вращающихся частей кусков наледи в холодное время года. Опасная зона при авариях примерно равна сумме радиуса ветроколеса и высоты башни, дальность полета отделившейся лопасти агрегата мощностью 200 кВт может достигать 230 м.

*Мероприятия по минимизации негативного влияния ВЭУ (ВЭС) на окружающую среду*

Факторы воздействия ВЭС на окружающую среду и основные мероприятия по снижению и устранению отрицательного влияния ВЭС приведены в таблице 1.

*Таблица 1 - Методы устранения негативного влияния ВЭС на окружающую среду*

Факторы воздействия	Методы устранения
1. Изъятие земельных ресурсов, изменение свойств почвенного слоя	Размещение ВЭУ на неиспользуемых землях, оптимизация размещения ВЭС, целенаправленный учет изменений свойств почвенного слоя.
2. Акустическое воздействие.	Изменение числа оборотов ветроколеса (ВК), форм и материалов лопасти ВК. Удаление ВЭУ от объектов социальной инфраструктуры.
3. Влияние на ландшафт и восприятие	Учет особенностей ландшафта при размещении ВЭУ. Изыскание различных опорных конструкций, окраски и т. д.
4. Влияние на электромагнитное излучение, телевидение и радиосвязь	Сооружение ретрансляторов. Замена материалов лопастей ВК. Внедрение специальной аппаратуры в конструкцию ВЭУ. Удаление от коммуникаций.
5. Влияние на орнитофауну на трассах перелета и иктиофауну в акваториях.	Анализ поражаемости птиц на трассах перелета и рыб на путях миграций. Выполнение буферных зон
6. Аварийные ситуации опасность поломки и отлета поврежденных частей ВК	Расчет вероятности поломок ВК, траектории и дальности отлета. Оценка надежности работы ВЭУ. Зонирование производства вокруг ВЭУ.

### *Заключение*

Использование ветроэнергетических установок как энергетических объектов влечет за собой возникновение экологических проблем. При размещении ВЭУ должно быть обеспечено выполнение требований в области охраны окружающей среды с учетом ближайших и отдаленных экологических, экономических, демографических и иных последствий эксплуатации ВЭУ и соблюдение приоритета сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по климату Республики Беларусь. Ветер и атмосферное давление – Минск: Республиканский гидрометеорологический центр, 2000. – 425 с.
2. Об охране окружающей среды: Закон Респ. Беларусь, 26 ноябр. 1992 г., № 1982-ХІІ; в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2002 г. № 126-3.
3. Правила размещения и проектирования ветроэнергетических установок: ТКП 17.02-02-2010 (02120). – Введ. 01.01.2011. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2011. – 20 с.

УДК 699.86

Новосельцев В.Г.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДНО- И ДВУХТРУБНЫХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

About expediency of designing of one-trumpet and two-trumpet systems of water heating in modern conditions is presented in the paper.

### *Введение*

В последние годы в Республике Беларусь системы водяного отопления зданий, в особенности многоквартирных жилых домов, существенно видоизменились. Это связано в первую очередь с энергосбережением, с необходимостью проектирования систем, позволяющих потребителю экономить тепловую энергию. Появились новые элементы систем водяного отопления, такие как терморегуляторы, балансировочная арматура, погодозависимая автоматика, энергосберегающее насосное оборудование и т.д.

### *Двухтрубные и однотрубные системы водяного отопления*

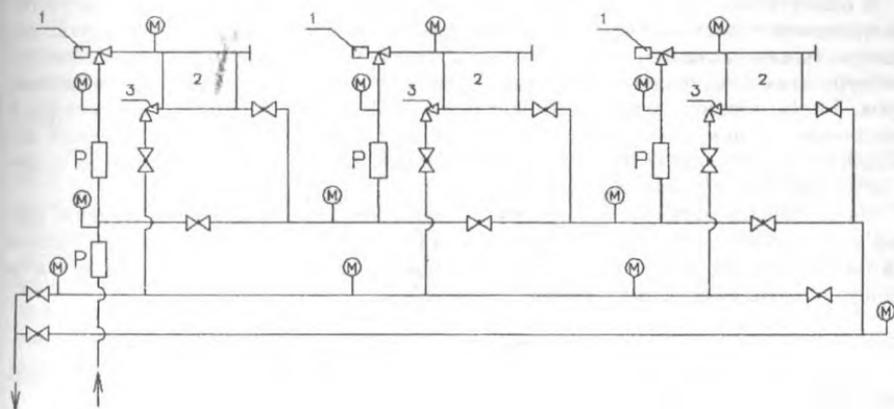
Системы водяного отопления в зависимости от расположения труб, соединяющих отопительные приборы, делятся на системы вертикальные со стояками и горизонтальные. В настоящее время для жилых зданий используются, в основном, горизонтальные системы отопления, так как при их применении возможна организация поквартирных систем отопления с установкой квартирных теплосчетчиков.

Системы водяного отопления по схеме соединения труб с отопительными приборами делятся на двухтрубные (каждый отопительный прибор присоединяется к системе с помощью двух трубопроводов, и вода через каждый отопительный прибор протекает независимо от других отопительных приборов) и однотрубные (вода, поступившая в стояк (ветвь), последовательно проходит через все отопительные приборы, присоединенные к стояку (ветви)).

Традиционно в системах отопления жилых зданий небольших зданий применялась вертикальная двухтрубная система водяного отопления, в зданиях выше двух-трех этажей - вертикальная однотрубная, как более дешёвая (до 10%), гидравлически устойчивая, простая в монтаже и имеющая унифицированные элементы. Работали такие системы, как правило, в статическом режиме. Однако на современном этапе необходимо рассматривать способность системы водяного отопления работать в динамическом режиме, создаваемом терморегуляторами.

Работу системы водяного отопления любой конфигурации можно смоделировать на гидравлическом стенде, показанном на рисунке 1. Он включает в себя три одинаковых узла, состоящих из панельного радиатора, углового терморегулятора и углового запорного клапана фирмы Heimeier, шаровых кранов, ротаметра для измерения расхода воды, маонометров. Циркуляция теплоносителя в стенде осуществляется при помощи циркуляционного насоса, не показанного на рисунке.

В работе рассмотрены системы водяного отопления без автоматической балансировочной арматуры.



1 – терморегулятор угловой, 2 – отопительный прибор,  
3 – клапан запорный угловой, P – ротаметр, M – манометр  
Рисунок 1 – Схема стенд

Исследование различных режимов работы однотрубных и двухтрубных систем водяного отопления осуществлялось следующим образом. При работающем циркуляционном насосе определялся расход воды во всей системе и по отдельности на каждом узле радиатора при максимально открытом терморегуляторе. После этого для имитации динамического режима работы системы отопления осуществлялось поочередное закрытие терморегуляторов. При исследовании однотрубной системы коэффициент затекания воды устанавливался равным 0,5. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования режимов работы однотрубных и двухтрубных систем водяного отопления

№ опыта	Система отопления	Расход воды в системе отопления, л/мин	Расход воды в 1-м радиаторе, л/мин	Расход воды во 2-м радиаторе, л/мин	Расход воды в 3-м радиаторе, л/мин
1	двухтрубная	7	2,45	2,35	2,2
2	двухтрубная	6,5	закрыт	3,3	3,2
3	двухтрубная	6,6	3,4	закрыт	3,2
4	однотрубная	5,5	2,75	2,75	2,75
5	однотрубная	4,7	закрыт	2,25	2,25
6	однотрубная	4,3	закрыт	закрыт	2

#### Выводы

На основании данных таблицы 1 можно сделать следующие выводы.

В двухтрубной системе водяного отопления при закрытии части терморегуляторов происходит увеличение расхода теплоносителя, протекающего через другие радиаторы (части системы). Это приводит к увеличению теплоотдачи отопительных приборов этих помещений и срабатыванию терморегуляторов на закрытие у этих отопительных приборов. Это значит, что в начальный момент времени температура воздуха в помещениях несколько увеличится, но после срабатывания терморегуляторов вернется к заданной величине.

В однотрубной системе водяного отопления при закрытии части терморегуляторов происходит уменьшение расхода теплоносителя, протекающего через другие радиаторы (части системы). Это приводит к уменьшению теплоотдачи отопительных приборов этих помещений и открытию терморегуляторов у этих отопительных приборов. Таким образом, может возникнуть такая ситуация, когда терморегуляторы в помещениях полностью открыты, но теплового потока отопительных приборов недостаточно для покрытия теплопотерь помещения, следовательно температура воздуха может опуститься ниже нормативной.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что двухтрубная система водяного отопления предпочтительнее к применению, так как при динамическом режиме работы системы гарантированно позволит поддерживать температуру внутреннего воздуха помещений на заданном уровне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пырков, В.В. Особенности современных систем водяного отопления / В.В. Пырков. – Киев, 2003. – 176 с.

УДК 534.142

**Новосельцева Д.В.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### **МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ**

The methods of purification of the waste gas with a low concentrations of harmful substances, their merits and demerits are considered in the article.

#### *Введение*

Чистота атмосферного воздуха планеты - одно из приоритетных направлений природоохранной деятельности национальных правительств, которое развивается в рамках программы, принятой на XIX специальной сессии Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций в июне 1997 г.

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».

Химический состав дурнопахнущих веществ биологического происхождения многократно изучался учеными разных стран и, в результате, было показано, что это хорошо известные соединения: сероводород, меркаптаны, индол, скатол, фенолы, альдегиды, жирные кислоты и др.

Хотя концентрация каждого компонента в составе дурнопахнущих веществ в вентиляционном воздухе часто не превышает ПДК, т.е. не вызывает необратимых патологических изменений в организме человека, 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.

#### *Методы очистки*

*Абсорбционный метод.* Абсорбция представляет собой процесс растворения газообразного компонента в жидком растворителе. Абсорбционные системы разделяют на водные и неводные. Во втором случае применяют обычно малолетучие органические жидкости. Жидкость используют для абсорбции только один раз, или же проводят ее регенерацию, выделяя загрязнитель в чистом виде. Схемы с многократным использованием поглотителя (циклические процессы) распространены шире. Их применяют для улавливания углеводородов, очистки от  $\text{SO}_2$  дымовых газов ТЭС, очистки газов от сероводорода железно-содовым методом с получением элементарной серы, моноэтаноламиновой очистки газов от  $\text{CO}_2$  в азотной промышленности.

Для очистки газов от углеводородов этот метод на практике используют значительно реже, что обусловлено, прежде всего, высокой стоимостью абсорбентов. Общими недостатками абсорбционных методов является образование жидких стоков и громоздкость аппаратурного оформления.

*Адсорбционный метод.* Адсорбционные методы являются одним из самых распространенных средств защиты воздушного бассейна от загрязнений. Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты. Активированный уголь (АУ) нейтрален по отношению к полярным и неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Он менее селективен, чем многие другие сорбенты, и является одним из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках. Активированный уголь используют, в частности, для очистки газов от дурно пахнущих веществ, рекуперации растворителей и т.д. Основной недостаток адсорбционного метода заключается в большой энергоёмкости стадий десорбции и последующего разделения, что значительно осложняет его применение для многокомпонентных смесей.

*Термокаталитические методы.* Каталитические методы газоочистки отличаются универсальностью. С их помощью можно освобождать газы от оксидов серы и азота, различных органических соединений, монооксида углерода и других токсичных примесей. Каталитические методы позволяют преобразовывать вредные примеси в безвредные, менее вредные и даже полезные. Они дают возможность перерабатывать многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями вредных примесей, добиваться высоких степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнителей. Применение каталитических методов чаще всего ограничивается трудностью поиска и изготовления пригодных для длительной эксплуатации и достаточно дешевых катализаторов, эффективно работающих при низких температурах и устойчивых к различным ядам. Для концентраций ниже  $1 \text{ г/м}^3$  и больших объемов очищаемых газов использование термокаталитического метода требует высоких энергозатрат, а также большого количества катализатора.

*Озонные методы.* Озонные методы применяют для обезвреживания дымовых газов от  $\text{SO}_2(\text{NO}_x)$  и дезодорации газовых выбросов промышленных предприятий. Применение озона для дезодорации газовых выбросов основано на окислительном разложении «дурнопахнущих веществ». В одной группе методов озон вводят непосредственно в очищаемые газы, в другой газы промывают предварительно озонированной водой. Применяют также последующее пропускание озонированного газа через слой активированного угля или подачу его на катализатор.

*Биохимические методы.* Биохимические методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. При частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться для выработки новых ферментов, и степень разрушения вредных примесей становится неполной. Поэтому биохимические системы более всего пригодны для очистки газов постоянного состава. К недостаткам биохимических методов следует отнести:

- низкую скорость биохимических реакций, что увеличивает габариты оборудования;
- специфичность (высокую избирательность) штаммов микроорганизмов, что затрудняет переработку многокомпонентных смесей;
- трудоемкость переработки смесей переменного состава.

*Плазмохимические методы.* Плазмохимический метод основан на пропускании через высоковольтный разряд воздушной смеси с вредными примесями. Используют, как правило, озонаторы на основе барьерных, коронных или скользящих разрядов, либо импульсные высокочастотные разряды на электрофильтрах. Проходящий низкотемпературную плазму воздух с примесями подвергается бомбардировке электронами и ионами. В результате в газовой среде образуется атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбужденные молекулы и атомы, которые и участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. Недостатком данного метода являются:

- недостаточно полное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа, в случае окисления органических компонентов, при приемлемых энергиях разряда;
- наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически либо каталитически;
- существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озонаторов с применением барьерного разряда.

*Плазмокаталитический метод.* Это довольно новый способ очистки, который использует два известных метода – плазмохимический и каталитический. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая – каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электролиза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе.

Недостатками данного метода являются:

- большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации 3-5  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;
- при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1  $\text{г}/\text{м}^3$ ) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термокаталитическим методом.

*Фотокаталитический метод* В настоящее время широко изучается и развивается фотокаталитический метод окисления органических соединений. В основном при этом используются катализаторы на основе  $\text{TiO}_2$ , которые облучаются ультрафиолетом. Недостатком метода является засорение катализатора продуктами реакции. Для решения этой задачи используют введение в очищаемую смесь озона, однако данная технология применима для ограниченного состава органических соединений и при небольших концентрациях.

*Термическое дожигание.* Дожигание представляет собой метод обезвреживания газов путем термического окисления различных вредных веществ, главным образом органических, в практически безвредных или менее вредных, преимущественно CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Обычные температуры дожигания для большинства соединений лежат в интервале 750-1200 °С. Применение термических методов дожигания позволяет достичь 99%-й очистки газов. Важнейшими факторами, определяющими целесообразность термического обезвреживания, являются затраты энергии (топлива) для обеспечения высоких температур в зоне реакции, калорийность обезвреживаемых примесей, возможность предварительного подогрева очищаемых газов. Повышение концентрации дожигаемых примесей ведет к значительному снижению расхода топлива. В отдельных случаях процесс может протекать в автотермическом режиме. Применение термических методов эффективно для дожигания многокомпонентных и запыленных отходящих газов [1].

Для обезвреживания газообразных отходов с низкой концентрацией вредных веществ целесообразно использование высокоэффективного способа сжигания топлива – пульсирующего горения, которое представляет собой неустойчивый режим горения с изменяющимися во времени динамическими характеристиками процесса, имеющими периодическую составляющую. К достоинствам пульсирующего горения можно отнести следующие:

- интенсификация перемешивания компонентов под влиянием пульсаций скорости;
- пульсации давления и температуры в зоне реагирования приводят к значительному увеличению скорости химической реакции окисления вредных веществ по сравнению со стационарным горением [2].

Целью дальнейших исследований является создание огневой установки для обезвреживания газообразных отходов с использованием слоевого пульсирующего горения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветошкин, А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды / А.Г. Ветошкин – М.: Высшая школа, 2008. – 400 с.
2. Новосельцева, Д.В. Анализ влияния изменения давления на физико-химические процессы взаимодействия компонентов при нестационарных режимах горения / Д.В. Новосельцева // Вестник БГТУ. – 2012. – №2: Воздухохозяйственное строительство. Теплоэнергетика. Экология. – в печати.

УДК 534.142. УДК 628.3

**Олейник О.А.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТАКТНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

This paper presents a study on the development of devices for contact heat treatment of liquid industrial waste.

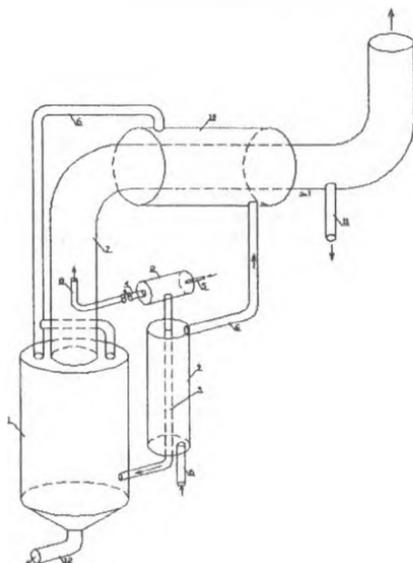
#### *Введение*

Существующие установки для контактной термической обработки жидких промышленных отходов имеют ряд недостатков: отложение солей на поверхности теплообмена, приводящее к увеличению расхода тепла, уменьшению производительности установки и усложнению ее эксплуатации; большой выброс тепла с отходящими дымовыми газами, сложность регулирования подачи стоков и т.д. [1]. Поэтому актуальной

задачей является разработка высокоэффективного устройства для контактной термической обработки жидких промышленных отходов с использованием высокоэффективного процесса пульсирующего горения.

*Устройство для контактной термической обработки жидких промышленных отходов*

Предлагаемое устройство для контактной термической обработки жидких промышленных отходов с пульсирующим горением показано на рисунке 1. Принцип работы устройства заключается в следующем. В камеру пульсирующего горения 2 форсункой 5 подается топливо на предварительно включенный электрозapальник. Из резонансной трубы 3 выходит высокоскоростной поток газов. Из аэродинамического клапана 4 воздействие пульсаций создает поток воздуха в отверстие трубопровода для создания тяги 8, а он, в свою очередь, создает тягу в цилиндрическом корпусе 1. Снизу в устройство для предварительной подготовки жидких отходов 9 подаются жидкие отходы по трубопроводу 6, они предварительно нагреваются, проходя снизу вверх, от тепла наружной поверхности резонансной трубы 3. Далее жидкие отходы подаются в конденсатор 10, где они дополнительно нагреваются от тепла отходящих паров и дымовых газов, удаляемых по дымовой трубе 7. Жидкие отходы подаются в цилиндрический корпус 1 по трубопроводу 6, где подвергаются термической обработке. После конденсатора 10 к дымовой трубе 7 подведен трубопровод отвода конденсата на технологические нужды 11. Термически обработанные отходы удаляются из цилиндрического корпуса 1 по трубопроводу для удаления термически обработанных жидких отходов 12.



1 - цилиндрический корпус, 2 - камера пульсирующего горения, 3 - резонансная труба,  
4 - аэродинамический клапан, 5 - форсунка, 6 - трубопровод, 7 - дымовая труба,  
8 - трубопровод для создания тяги, 9 - устройство для предварительной подготовки  
жидких отходов, 10 - конденсатор, 11 - трубопровод отвода конденсата на технологические  
нужды, 12 - трубопровод для удаления термически обработанных жидких отходов.

Рисунок 1 – Устройство для контактной термической обработки жидких  
промышленных отходов

Технико-экономический эффект заключается в создании устройства для контактной термической обработки жидких промышленных отходов, имеющего низкие эксплуатационные затраты за счет отсутствия тягодутьевых устройств, утилизацию тепла отходящих паров, а также небольшие капитальные затраты за счет применения устройства для предварительной подготовки (подогрева, разжижения) жидких отходов перед обезвреживанием.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 21-23 сент. 2011 г.: в 2-х частях / Брест. гос. техн. ун-т; под ред. П.С. Пойты [и др.]. – Брест: изд-во БрГТУ, 2011. – Ч. 1. – 135 с.

УДК 556.165: 556.16.06 (476)

**Парфомук С.И.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### **АНАЛИЗ ОДНОРОДНОСТИ И НЕЗАВИСИМОСТИ РЯДОВ ГОДОВОГО СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ**

Statistical analysis of long-term fluctuations of annual runoff for the major Belarusian rivers executed to establish the statistical homogeneity and independence, and also to identify a trend in the studied series

##### *Введение*

Изучению стока воды рек посвящено много исследований, тем не менее, ввиду изменяющегося климата и степени антропогенной нагрузки на водные объекты, исследование динамики изменения речного стока сохраняет свою актуальность. При анализе многолетних колебаний стока необходимо установление основных характеристик естественного процесса многолетних колебаний годового стока, т. е. возможности прогнозирования путем переноса режимных характеристик, определенных в прошлом, в будущее в их неизменном виде.

Целью настоящего исследования является проведение статистического анализа многолетних колебаний годового стока основных рек Беларуси с целью установления статистической однородности и независимости, а также выявления наличия тренда у исследуемых рядов.

##### *Исходные данные и методика исследований*

Для анализа однородности и независимости гидрологических рядов использованы результаты стационарных наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Минприроды Республики Беларусь, опубликованные в материалах государственных кадастров. В качестве исходных данных приняты ряды годовых расходов воды основных рек Беларуси за период с 1950 по 2009 гг. Исследуемые реки являются наиболее представительными для территории Беларуси, поэтому, исследовав многолетние изменения стока на данных водосборах, можно получить общие представления о стоке Беларуси в целом. В ходе исследований исходные ряды были разбиты на два периода: 1950-1984 гг. и 1985-2009 гг. Граница разбиения на периоды обусловлена тем, что в 1985 г. заметно изменились климатические условия на территории страны.

При статистическом анализе временных рядов для установления статистической однородности использованы критерии Колмогорова-Смирнова, Стьюдента и Фишера [1, 2], а для анализа независимости гидрологических рядов тренда применялся критерий Вальд-Вольфовица [1].

Для решения поставленных задач был доработан пакет прикладных программ управления водными ресурсами Беларуси, состоящий из нескольких взаимосвязанных программных комплексов [3]. Основные изменения коснулись второго блока, отвечающего за решение различных гидрологических и водохозяйственных задач. Был автоматизирован блок исследования однородности гидрологических рядов, представленный на рис. 1.

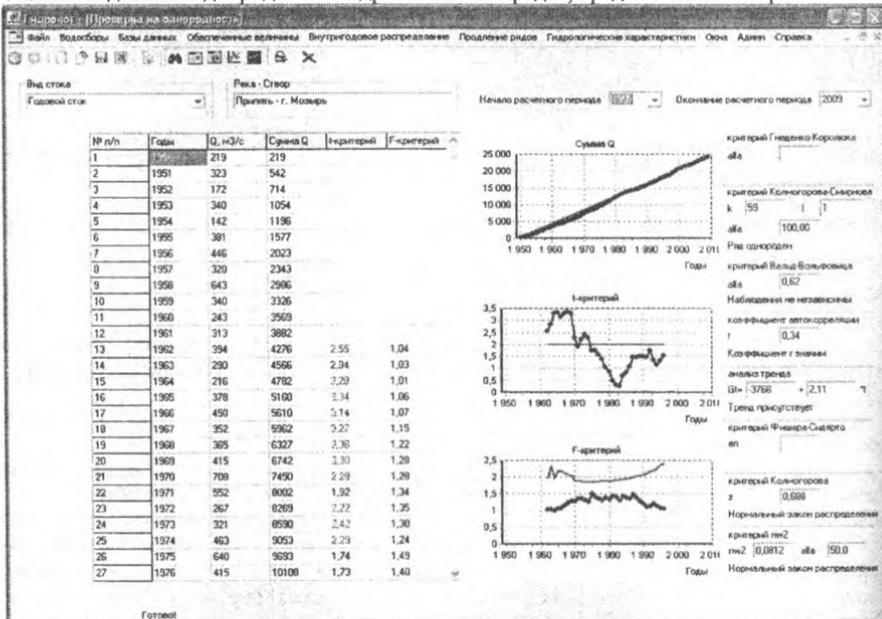


Рисунок 1 – Автоматизированный блок анализа однородности гидрологических рядов

### Анализ результатов

Ряды многолетних колебаний годового стока основных рек Беларуси были подвергнуты анализу статистической однородности с применением трех критериев, значения которых представлены в таблице 1. Общий анализ однородности проводился на основе критерия однородности Колмогорова-Смирнова, по которому гипотеза однородности принимается, если значение критерия превышает 5%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при разделении исходных рядов на границе 1984-1985 гг. однородными можно признать ряды многолетних колебаний годового стока Немана, Березины и Припяти. Для проверки однородности с точки зрения среднего значения стока использован критерий Стьюдента, превышение абсолютных значений которого над критическим числом 2 при уровне значимости критерия 5% означает статистически достоверное нарушение однородности ряда. Для исследуемых рядов критерий Стьюдента зафиксировал неоднородность рядов многолетних колебаний

годового стока Западной Двины и Вилии. Статистическая однородность исследуемых рядов с точки зрения их дисперсии проверялась с помощью критерия Фишера. При уровне значимости критерия 5 % превышение критического значения, равного 1,84, означает статистически достоверное нарушение однородности. Подобное нарушение зафиксировано у рек Неман, Днепр и Сож, причем у всех перечисленных рек наблюдается значимое снижение амплитуды колебаний годового стока.

Таблица 1 – Результаты анализа однородности гидрологических рядов

Река – Створ	Колмогорова-Смирнова	Стьюдента	Фишера
Западная Двина – г. Полоцк	0,71	2,02	1,45
Неман – г. Гродно	13,56	0,401	2,15
Вилия – с. Михалишки	0,71	2,58	1,24
Днепр – г. Речица	0,29	1,46	2,23
Березина – г. Бобруйск	59,36	0,419	1,15
Сож – г. Гомель	0,29	1,83	1,97
Припять – г. Мозырь	39,27	1,05	1,38

В таблице 2 представлены результаты исследования рядов многолетних колебаний годового стока на независимость элементов выборки и наличие тренда. Анализ случайности элементов однородной выборки основан на применении критерия Вальда-Вольфовица, при значениях которого ниже 5 % элементы ряда не могут быть признаны независимыми, что выявлено для рядов многолетних колебаний годового стока Западной Двины и Припяти. Зависимость элементов выборки для многолетних колебаний годового стока Припяти можно объяснить наличием яркого выраженного тренда.

Таблица 2 – Результаты исследования независимости гидрологических рядов

Река – Створ	Вальда-Вольфовица	Наличие тренда
Западная Двина – г. Полоцк	4,64	нет
Неман – г. Гродно	99,2	нет
Вилия – с. Михалишки	16,57	да
Днепр – г. Речица	100	нет
Березина – г. Бобруйск	78,24	нет
Сож – г. Гомель	48,44	нет
Припять – г. Мозырь	0,62	да

#### Заключение

При разделении исходных рядов многолетних колебаний годового стока основных рек Беларуси на границе 1984-1985 гг. однородными можно признать ряды многолетних колебаний годового стока Немана, Березины и Припяти. С точки зрения среднего значения неоднородными оказались ряды годового стока Западной Двины и Вилии, а с точки зрения дисперсии – Немана, Днепра и Сожа. Не могут быть признаны независимыми ряды многолетних колебаний годового стока Западной Двины и Припяти.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 247 с.
2. Волчек, А.А. Математические модели в природопользовании: учеб. пособие / А.А. Волчек [и др.]. – Минск: БГУ, 2002. – 282 с.
3. Волчек, А.А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А.А. Волчек, С.И. Парфомук // Вестник Полес. гос. ун-та. Серия природоведческих наук. – 2009. – № 1. – С. 22–30.

УДК 628.169.7(476)

Поддубная О.В.<sup>1</sup>, Стаховский М.С.<sup>2</sup>, Поддубная А.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г.Горки

<sup>2</sup> УКП «Тепловая энергетика», г.Горки

<sup>3</sup> Белорусский государственный университет, г.Минск

## ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД И ПРОБЛЕМА ИХ УТИЛИЗАЦИИ

The analysis of problem of stored precipitations of sewage is given in the article and methods of processing and recycling of precipitations of domestic sewage, its advantages and disadvantages were investigated

Жизнедеятельность человека и животных, любая технологическая деятельность неизбежно приводят к образованию различных видов отходов, оказывающих то или иное воздействие на окружающую среду. Одна из задач инженерной экологии - сделать так, чтобы это воздействие было по возможности умеренным и не вызвало бы необратимые пагубные изменения в природе. Многие виды отходов представляют повышенную опасность для окружающей среды, городского и сельского населения из-за высокой токсичности. Даже их складирование или захоронение без соблюдения соответствующих предупредительных мер безопасности может привести к экологическому ущербу[1,2].

Среди методов очистки сточных вод большую роль играет биологический метод с использованием азротенок – огромных резервуаров из железобетона. Здесь очищающее начало – активный ил из бактерий и микроскопических животных. Все эти живые существа бурно развиваются в азротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Этот метод используют на станции биологической очистки сточных вод при УКП «Тепловая энергетика» с технологической нагрузкой 6,5-7,5 тыс.м<sup>3</sup> в сутки.

При эксплуатации биологических очистных сооружений (БОС) очистки городских сточных вод образуются осадки сточных вод, в том числе избыточный активный ил (ИАИ) и осадки первичных отстойников (ОСВ), утилизация которых является сложной экологической и технологической проблемой. В настоящее время основной способ утилизации осадков сточных вод заключается в механическом обезвоживании и складировании обезвоженных осадков на иловых картах и илонакопителях, где в течение длительного времени протекает биодegradация отходов. Такой метод не отвечает современным экологическим и техническим требованиям, приводит к длительному и чаще безвозвратному отчуждению значительных земельных ресурсов, сопровождается экологическими рисками загрязнения подземных вод в зоне влияния мест складирования отходов[3].

Проведенный анализ литературных данных по формированию объема и состава осадков сточных вод позволил установить, что при биологической очистке (при технологической нагрузкой более 10-15 тыс.м<sup>3</sup> в сутки) образуется 800-1000 м<sup>3</sup>/сут ОСВ с влажностью 95% и 100-120 м<sup>3</sup>/сут обезвоженного ИАИ (влажность 85%). ИАИ представляет собой сложный органоминеральный комплекс, органическая часть которого (58 – 60% в пересчете на сухое вещество) представляет собой биомассу и адсорбированные и частичные окисленные загрязняющие вещества сточных вод, а также азот- и фосфорсодержащие соединения. Основными компонентами минеральной части ИАИ

являются оксид кремния, оксид алюминия, оксид железа и фосфор, который может находиться в образцах ИАИ в виде малорастворимых фосфатов тяжелых металлов, а также кальция. ОСВ первичных отстойников представляют собой труднофильтруемые суспензии с высокой влажностью (до 98%) и содержат до 60-70% органической составляющей в пересчете на сухое вещество [1,4].

Технологическая политика в области утилизации осадков городских сточных вод в настоящее время приобретает все большее значение и для Беларуси. Нормативные документы ЕС в области утилизации осадков намного жестче, чем в странах СНГ. В мировой практике используются следующие основные методы утилизации ОСВ: сжигание, сброс в океан, на контролируемые свалки, применение в сельском хозяйстве. Способы обработки (стабилизации, обезвоживания и обезвреживания) осадков сточных вод согласно действующим строительным нормам определяется при проектировании сооружений для очистки сточных вод и зависит от местных климатических, гидрогеологических, градостроительных, агротехнических и других условий.

Целью наших исследований являлось изучение содержания азота, фосфора и тяжелых металлов в избыточном активном иле и осадков первичных отстойников (ОСВ). Летом 2011 года в общеакадемической, учебно-научной, химико-экологической лаборатории УО «БГСХ» были проанализированы образцы избыточного активного ила и осадков первичных отстойников. Анализ химического состава АИ и осадка проводили по стандартным методикам, разработанным для химического анализа почвенных образцов: определение pH водной вытяжки по ГОСТ 2648-85 в модификации ЦИНАО, массовой доли общего азота - по ГОСТ 26107-84, массовой доли общего фосфора по ГОСТ 26205-84 в модификации ЦИНАО, подвижных форм металлов атомно-абсорбционным методом.

Анализ действующих в зарубежных странах норм на предельно допустимое содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод и допустимой нагрузки их на почву свидетельствует об отсутствии единого мнения относительно того, поступление каких металлов следует ограничивать и каковы размеры этого ограничения. Считается, что более достоверную информацию в этом отношении можно получить при их определении не в осадке, а в почве. Согласно предположенной в Беларуси шкале содержания подвижных форм металлов (мг/кг воздушно-сухой почвы) для почв со слабокислой и кислой реакцией, низкий фон – содержание Pb – 3, Cd – 0,1, Cu – 5, Zn – 15; средний фон – Pb – 3-5, Cd – 0,1-0,3, Cu – 5-10, Zn – 15-50; умеренно опасный фон – Pb – 5-10, Cd – 0,3-0,5, Cu – 10-15, Zn – 50-75; повышенно опасный фон – Pb – 10-25, Cd – 0,5-2,0, Cu – 15-25, Zn – 75-150.

Нормы предельно допустимого содержания тяжелых металлов в осадках сточных вод, используемых в качестве удобрения в разных странах, представлены в табл. 1 [2].

Таблица 1 – Нормы предельно допустимого содержания тяжелых металлов в осадках сточных вод, используемых в качестве удобрения в разных странах (мг/кг сухого вещества)

Наименование элемента	Австрия	Бельгия	Дания	Канада	Франция	ФРГ	Швеция	Гребования РФ СанПиН (2.1.7.573-96)
Кадмий	10	10	8	20	15	30	15	30
Медь	500	500	600	-	1500	1200	3000	1500
Марганец		500			500			2000
Свинец	500	300	485	500	300	1200	300	1000
Цинк	2000	2000	3000	1850	3000	3000	1-104	4000

Анализ результатов химического состава осадков сточных вод показывает, что по основным характеристикам (содержание белковых веществ, микроэлементов, фосфора) они соответствуют международным требованиям, предъявляемым к органоминеральным удобрениям (табл.2).

Таблица 2 – Результаты химических анализов

Наименование образца	мг/кг						%	
	Cu	Zn	Mn	Fe	Cd	Pb	N%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Избыточный активный ил (ИАИ)	60,36-66,66	435,84-505,00	511,06-590,15	2014,00-2153,25	0,589-0,680	65,50-65,75	4,85-6,11	5,74-6,15
Осадки первичных отстойников(ОСВ)	107,40-114,40	554,00-679,80	484,0-465,6	1380,80-2239,00	0,676-3,54	88,20-92,05	4,93-5,85	3,47-3,78

По шкале ПДК содержания подвижных форм металлов для почв подвижных форм ТМ в Беларуси все показатели дают повышенно опасный фон.

Основным препятствием для использования ИАИ и ОСВ в качестве почвенных грунтов и удобрений является высокое содержание в них тяжёлых металлов и других токсичных компонентов – ароматических углеводородов, нефтепродуктов и др., а также патогенной микрофлоры. Анализ зарубежных литературных данных депонированных осадков показал, что при длительной биодеструкции (до 20 лет) содержание металлов в образцах значительно увеличивается, например, содержание хрома - в 6,2 раза, никеля – в 5,0 раз, свинца в – 4,8 раза, меди в – 3,8 раза. Представленные данные свидетельствуют, что даже после 20 лет складирования отходы не могут быть использованы в качестве грунтов без предварительной обработки [1,2].

В настоящее время в зарубежной практике используется ряд методов утилизации и переработки осадков сточных вод: получение органоминеральных удобрений; анаэробная деструкция и обеззараживание ИАИ с получением биогаза; термические методы (сжигание в печах различной конструкции или низкотемпературный пиролиз ИАИ) [ 2].

Утилизация осадков сточных вод и избыточного активного ила в России часто связана с использованием их в сельском хозяйстве в качестве удобрения, что обусловлено достаточно большим содержанием в них биогенных элементов. Активный ил особенно богат азотом и фосфорным ангидридом, такими как медь, молибден, цинк. В качестве удобрения можно использовать те осадки сточных вод и избыточный активный ил, которые предварительно были подвергнуты обработке, гарантирующей последующую их незагниваемость, а также гибель патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов. Наиболее эффективным способом обезвреживания отходов, образующихся при очистке сточных вод, является термическая сушка. Перспективные технологические способы обезвреживания осадков и избыточного активного ила, включающие использование барабанных вакуум-фильтров, центрифуг, с последующей термической сушкой и одновременной грануляцией позволяют получать продукт в виде гранул, что обеспечивает получение незагнивающего и удобного для транспортировки, хранения и внесения в почву органоминерального удобрения, содержащего азот, фосфор, микроэлементы [1,3].

В Беларуси использование осадков сточных вод в качестве удобрений и т.п. не производится в связи с наличием в них солей тяжелых металлов и других опасных соединений

В настоящее время в Республике Беларусь в основном осадки, удаленные в процессе очистки из сточных вод централизованных систем водоотведения, хранятся на специальных сооружениях (иловых площадках), входящих в состав комплексов по очистке сточных вод. Это накопление достаточно больших объемов осадков сточных вод, которые оцениваются около 4 млн. тонн на конец 2010 года. В последние годы в республике начаты работы по внедрению переработки и использованию осадков сточных вод для получения альтернативных источников энергии (биогазовые комплексы и установки). В соответствии с планом реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007-2010 годы в городах Барановичи и Слоним начаты работы по созданию биогазовых комплексов с использованием осадков сточных вод для последующего получения тепловой и электрической энергии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная экология / Под ред. В.Т.Медведова. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
2. Паёнк, Т. Законодательство Европейского Союза в области утилизации осадков / Т. Паёнк // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – №1. – С. 37-41.
3. Чеботарев, Н.Г. Опыт использования осадков сточных вод на удобрения в условиях Московской области / Н.Г.Чеботарев, А.В. Колесниченко // Земледелие – М., 1999. – С. 110-115.

УДК 635.9:582.635.3

Прилуцкая О.Е., Антонюк Е.К.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДОУЛУЧШАЮЩИХ СВОЙСТВ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

To explore the possibilities of ornamental plants as phyto-filters for air space from toxic to humans of chemical impurities, improving the climate and the general sanitary condition of the environment and, in addition, will create a favorable psycho-emotional impact.

Фитодизайн возник в глубокой древности как элемент культуры человека, отвечающий его эстетическим потребностям. В условиях современного значительного ухудшения окружающей среды фундаментальная научная проработка этого рода деятельности приобретает особую актуальность. В настоящее время научный подход к фитодизайну подразумевает сочетание эстетического воспитания красоты формы, окраски цветов и листьев растений с другой полезной функцией растений, о которой было давно известно: живые растения улучшают состав воздуха и очищают атмосферу.

Эта проблема особенно важна в условиях современного мира, когда большую часть времени человек проводит в помещениях. Статистика утверждает, что современный человек проводит в закрытых помещениях 20- 22 часа из 24.

Здоровье человека в настоящее время более чем на 60% связано с состоянием окружающей среды. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), свыше миллиарда горожан в настоящее время подвержены воздействию высокой концентрации загрязнителей воздуха. Данные ВОЗ свидетельствуют, что «болезненный синдром помещений», связанный с длительным пребыванием человека в закрытых помещениях (часто

в десятки раз превышающий загрязнение внешней среды) изолированных зданий, где об-  
новление воздуха, теплообмен, влажность отличается от нормальных для человека показате-  
лей, считается серьезным профессиональным заболеванием.

Воздушная среда городских помещений, как правило, сильно загрязнена пылью; име-  
ет повышенное содержание химических соединений, выделяемых строительными матери-  
алами, мебелью из композитов; содержит патогенные и условно патогенные микроор-  
ганизмы (стафилококки, плесневые грибы и т.д.). При этом даже самые современные тех-  
нические средства не всегда способны обеспечить здоровую воздушную среду помеще-  
ний. По данным немецких ученых, воздух, которым мы дышим, содержит более 1000  
вредных веществ, в том числе около 250 высокотоксичных и порядка 15 канцерогенных  
соединений. Специалисты, проводившие контрольные замеры воздуха закрытых поме-  
щений, отмечают, что концентрация вредных веществ повсеместно в 2-5 раз превышает  
предельно допустимые нормы. Значительного улучшения воздушной среды закрытых  
помещений можно добиться, используя для озеленения определенные растения.

Известно, что летучие вещества растений (фитонциды), которые они выделяют в  
процессе своей жизнедеятельности, уже в концентрации 5мг/м<sup>3</sup> изменяют воздух и мо-  
гут улучшать самочувствие и оказывать лечебный эффект на организм человека.

Доказано, что фитонцидная активность присуща всему растительному миру. Все  
растения выделяют фитонциды в большей или меньшей степени. Существует связь  
между содержанием эфирных масел в растениях и их фитонцидной активностью. Ле-  
тучие фитонциды, выделяемые биологически активные вещества растений, обладают  
широким спектром антимикробной, противогрибковой, а в ряде случаев и антивирус-  
ной активностью, сочетающейся с положительным действием на организм человека,  
что делает перспективным их использование для постоянной санации воздушной сре-  
ды в присутствии человека. Фитонцидные растения повышают бактерицидные свой-  
ства воздуха, увеличивают содержание легких отрицательных ионов при снижении  
тяжелых. Имеющийся опыт Всероссийского научно-исследовательского института  
лекарственных и ароматических растений показывает, что, используя ряд фитонцид-  
ных растений в озеленении, можно снизить бактериальную загрязненность воздуха в  
1.8-4 раза и значительно повысить устойчивость человеческого организма.

Фитонцидная активность зависит от многих факторов: особенности биологии, се-  
зонной ритмики растений, накопления определенных веществ и изменением их соста-  
ва и колеблется в течение года. Максимальна она в период наибольшего интенсивно-  
го роста и в начале бутонизации растений.

Таблица 1 - Фитонцидные комнатные растения в интерьере университета

Семейство	Русское название	Латинское название
Агавовые	Спатифиллум Уоллиса	Sansevieria trifasciata
Ароидные	Монстера привлекательная	Monstera deliciosa
Мальвовые	Гибискус китайский	Hibiscus rosa-sinensis
Гераниевых	Герань душистая Герань крупноцветковая	Pelargonium graveolens Pelargonium domesticum
Лилейные	Алоэ древовидное	Alge arborescens
	Хлорофитум хохлатый	Chlorophytum comosum
Толстянковые	Бриофиллум Дегремона	Bryophyllum daigremontianum
Фиковые	Фигус каучуконосный Фигус Бенджамина	Ficus elastica Ficus benjamina
Ароидные	Филодендрон красноватый Диффенбахия пятнистая	Philodendron erubescens Dieffenbachia maculata

Наибольшее количество летучих веществ выделяют молодые органы растений. Неодинаковое количество летучих веществ выделяют и различные органы растений: листья, бутоны, цветы. Фитонцидные свойства сильнее всего выражены в мезофилле и стенках завязей. Изменяются данные о суточных колебаниях количества выделяемых фитонцидов. Повышение фитонцидной активности начинается в утренние часы и резко нарастает днем, затем падает вечером и достигает минимума ночью. Процесс выделения фитонцидов зависит от температуры воздуха. Знания о фитонцидных свойствах растений используют для оздоровления воздушной среды помещений. Выявлено около 100 видов комнатных растений, которые обладают фитонцидными свойствами.

Таблица 2 - Фитонцидная активность: ФА (мин)

№ п/п	Вид растения	Средняя фитонцидная активность за 12 месяцев 2011 года
1	Спатифиллум Уллиса	10,2
2	Монстера привлекательная	12,4
3	Гибискус китайский	7,9
4	Герань душистая	4,9
5	Герань крупноцветковая	6,7
6	Алоэ древовидное	14,6
7	Хлорофитум хохлатый	4,1
8	Бриофиллюм Дегремона	26,8
9	Фигус каучуконосный	15,9
10	Фигус Бенджамина	20,7
11	Диффенбахия пятнистая	28,2

Если с растений регулярно смывать пыль, то воздух в этой комнате будет в среднем на 40% чище, чем в такой же комнате без растений (при одинаковом качестве уборки). Особенно эффективно задерживают пыль растения с крупными листьями - монстера, пальмы, фикусы.

Являясь по существу одним из разделов фитоэргономики, возникшей на стыке биологии и медицины, и разрабатывающей проблемы использования растений для восстановления и повышения работоспособности людей, фитодизайн занимается вопросами оптимизации жизни и деятельности человека посредством озеленения.

Актуально изучение возможностей декоративных растений как фитофильтров для очистки воздушной среды помещений от формальдегида и других соединений, поскольку индикаторами качества воздуха в жилых помещениях по международным стандартам являются два химических соединения - бензопирен и формальдегид, относящиеся к канцерогенам. Например, в результате экспериментов у 2 опытных видов рода *Ficus* было выявлено снижение концентрации формальдегида от 10 до 50% по сравнению с контролем. К группе растений - фитофильтров, поглощающих из воздуха вредные газы, относятся такие распространенные виды, как хлорофитум хохлатый, фикус Бенджамина, некоторые виды семейства бромелиевых. В помещениях, находящихся в экологически неблагоприятных районах, после установки фитофильтров достигается снижение концентрации в воздухе наиболее распространенного и опасного вещества - формальдегида в среднем на 20-30%. В некоторых растениях токсические вещества, например, сернистый газ, аммиак, подвергаются детоксикации, вовлекаются в обмен веществ и претерпевают глубокие изменения. Погложительные свойства растений зависят от их состояния. В частности, увлажненные листья поглощают газ в 2-3 раза интенсивнее сухих. Опушенность же растений, с одной стороны, способствует удалению из атмосферы пыли, но с другой - тормозит поглощение газов.

Существует также прямая связь поглощения газа листьями с температурой. При температуре более 25°C интенсивность поглощения газа в среднем в два раза выше, чем при 13°C. Кроме того, древесные растения осуществляют газообмен в 3-10 раз интенсивнее, чем травянистые, растущие на такой же площади. Некоторые растения, например, бегония, особо чувствительны к присутствию загрязнителей в воздухе (сохнут края листьев) и могут служить индикаторами загрязнения.

При размещении растений надо учитывать радиус фитонцидного действия растений: бактерицидного – до 3 м, бактериостатического (когда бактерии не погибают полностью, но теряют способность к размножению) - до 5 м. Поэтому размещать растения надо по возможности равномерно. Рекомендованное количество растений: на комнату объемом 100 куб. м - около 20 экземпляров. Для эффективной очистки площадь листьев растений в комнате объемом 100 куб. м должна быть от 1.5 до 3 кв. м. Рекомендуемые нормы: при устройстве зимнего сада растения могут занимать до 40 % площади помещения, фитокомпозиции (например, в жилой комнате) - 20 % от площади помещения. Не надо забывать, что размещение должно обеспечивать благоприятные условия для самих растений (освещенность, влажность, температура). Сильно влияет на образование фитонцидов и освещенность. Значительное ослабление фитонцидной активности происходит при физиологической депрессии, вызванной, например, дефицитом влаги, низким уровнем питания. Таким образом, зная зависимость интенсивности образования фитонцидов от состояния и условий выращивания растений, можно контролировать этот процесс.

Использование экологического фитодизайна актуально как в производственных помещениях, так и в любых жилых помещениях, офисах, учреждениях. Метод экологического фитодизайна - безопасный, относительно малозатратный метод, несложный в исполнении, высокоэффективный в оздоровительном отношении и действует непрерывно.

Помимо декоративных задач, озеленение выполняет важную роль в улучшении микроклимата и общего санитарно-гигиенического состояния среды.

Использование фитонцидных и газопоглотительных свойств растений позволит, как показывают результаты многочисленных проведенных исследований, снизить риск заболеваний верхних дыхательных путей, значительно очистить воздух помещений от токсических для человека химических примесей, и, помимо этого, создать благоприятную психоэмоциональную среду.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко, К.Г. Фитозергономика / К.Г. Ткаченко, И.В. Потекушина. – Киев: Наук. думка, 1999. – 135 с.

УДК 504

**Рыбак В.А., Сулейман Х.М., Малик Д.В.**

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г.Минск

#### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

In article the automated system of processing of the ecological-economic information which is used for estimation and the forecast of a level of security by resources of new projects and branches of economy is described. For realization of function of support of decision-making in corresponding section there is an opportunity of a choice most preferable alternatives on the basis of the certain criteria.

Разрабатываемая система призвана решить задачи сбора, хранения, обработки, отображения и анализа предметной информации, необходимой для реализации функций прогнозирования ресурсообеспеченности инвестиционных проектов и других показателей инновационных производств.

Проектируемая система реализуется с использованием новейших web-технологий в виде информационного портала. Целью разработки информационного интернет-портала является повышение эффективности управления эколого-экономическими параметрами проектов в рамках автоматизированной системы мониторинга распределённой информации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИР РБ).

В ходе проведённых работ нами были сформулированы основные требования к разрабатываемому информационному ресурсу, что позволило создать портал, максимально соответствующий поставленным задачам и обладающий требуемыми свойствами надёжности и защищённости.

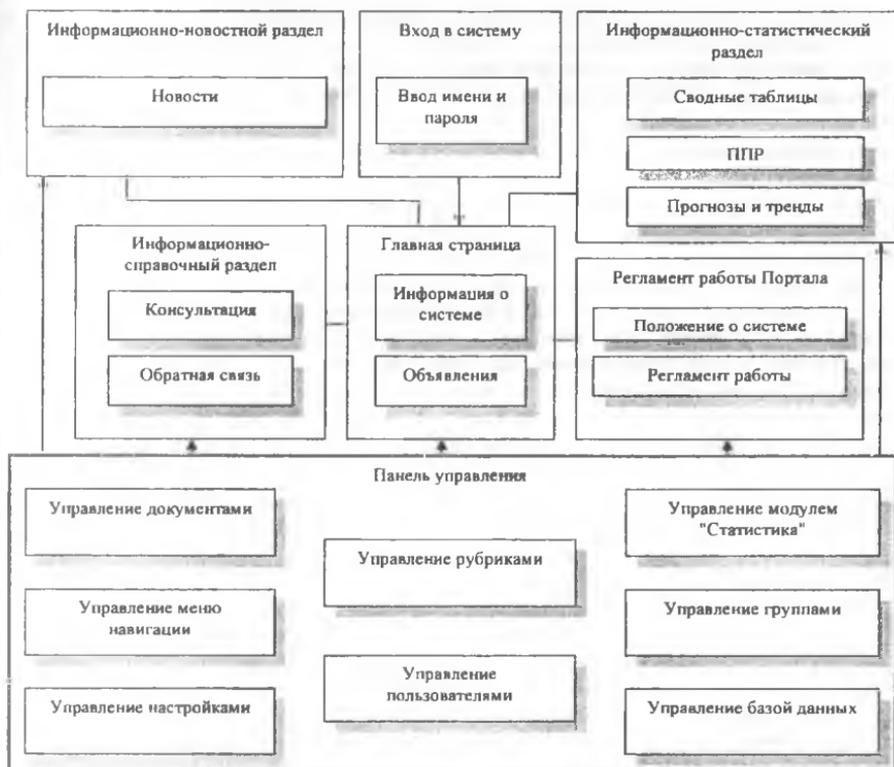


Рисунок 1 - Схема информационной структуры портала

Вся автоматизированная система (АС) сбора и обработки данных разрабатывается с использованием системы управления информационным наполнением, которая позволяет управлять информационной структурой портала и содержанием страниц. Для

АС разрабатываются и интегрируются автоматизированные программные модули для выполнения специальных функций. Модули реализуются с возможностью управления и обновления на стороне сетевого администратора системы.

После апробации и тестирования портал планируется разместить в сети «Интернет» под доменным именем (по адресу) «www.ires.by».

Требования к серверу хостинг-провайдера обуславливаются необходимостью обеспечения безопасности функционирования системы и поддержки технологий PHP и СУБД MySQL. Хостинг-провайдер должен предоставить Заказчику необходимый доступ, систему управления порталом и электронную почту, а также должен предоставить Заказчику данные статистики за любой период (день/месяц/год) о количестве посетителей портала, популярности его разделов.

Организация-заказчик должна осуществлять информационное наполнение портала, предоставленное Разработчиком, и его размещение на сервере хостинг-провайдера.

Информация на портале должна представляться в одной языковой версии: на русском языке. При начальной загрузке сайта пользователь попадает на Главную страницу, содержащую несколько разделов первого уровня. Основным меню, содержащим статистическую информацию, будет «Информационная база». Данный раздел видится целесообразным разбить на несколько заголовков второго уровня: запасы, потребление, официальные прогнозы.

Как следует из названий, в подразделе «Запасы», планируется размещать таблицу, содержащую информацию об имеющихся запасах различных ресурсов по годам. При этом предусмотрена возможность добавления нового ресурса и редактирования существующих данных. По аналогии в подразделе «Потребление» хранится информация об объемах потребления различных ресурсов.

В подразделе «Официальные прогнозы» предусмотрена возможность загрузки на сайт в графическом формате известных и опубликованных данных (включая информацию из государственных программ и стратегий развития). Подобная информация необходима как для ознакомления, так и для обоснованного принятия управленческих решений. Тут же реализовано хранение ранее рассчитанных уравнений аппроксимации, что позволяет пользователям использовать данный материал для поддержки принятия решений в области оценки ресурсообеспеченности.

В разделе «Поддержка принятия решений» реализован выбранный и обоснованный алгоритм, что позволяет автоматизировать выбор наиболее предпочтительного сценария на основе оценки и взвешивания значимости по различным показателям.

В разделе "Регламент" представляются документы, касающиеся нормативно-правовой основы работы системы и всей ГПИР РБ.

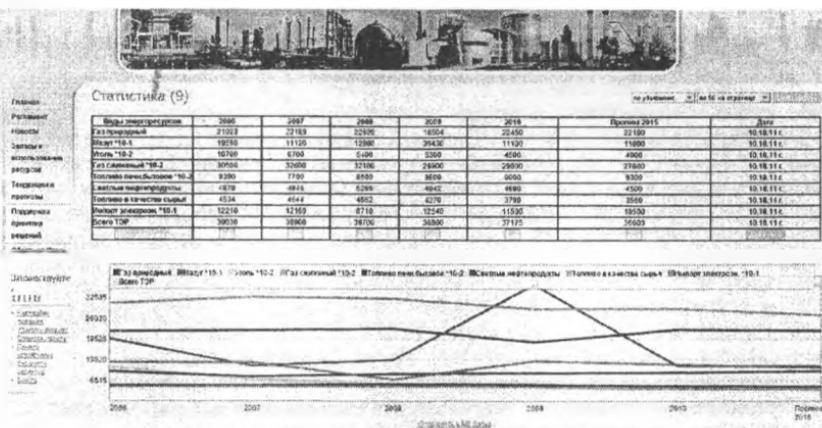
В разделе "Новости" хранится архив новостей, вводимых пользователями системы. Также последние новости отображаются на Главной странице портала.

При нажатии на название новости происходит переход на страницу отображения полного текста новости с возможностью добавления комментария.

Примерная схема информационной структуры портала изображена на рисунке 1.

Для демонстрации возможности использования системы для прогнозирования ресурсообеспеченности можно воспользоваться разделом «Запасы и использование ресурсов» портала (рисунок 2).

Как и описывалось выше, данный раздел позволяет на основании сформированных временных рядов, отражающих объемы наличия и использования ресурсов, строить прогнозные модели.



В заключение необходимо отметить, что разработанная система является первым этапом комплексных работ. В дальнейшем планируется расширить её возможности для прогнозирования: экономической эффективности, природо-, энерго- и материалоемкости, экономичности, безотходности, рентабельности и оптимизации указанных и других наиболее значимых показателей в составе информационно-аналитического обеспечения по проблеме инновационного развития экономики. Для этого также планируется существенно расширить информационную базу системы и, при необходимости, используемый математический аппарат.

УДК 620.9

Северянин В.С.

УО «Брестский государственный технический университет». г.Брест

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

*The correlation between energy saving and nature using is described. Some examples of new equipments show the achievements of Scientific Laboratory PULSAR. The ways of overcome of new equipments using difficulties are proposed.*

Возобновляющиеся (renewable) источники энергии во многом определяют развитие идей и технологий энергосбережения и природопользования.

Работа над проектными решениями новых энергетических установок, поиск возможных потребителей, пропаганда новинок выявляют невосприимчивость как государственных, так и частных производственных организаций к отечественным разработкам, хотя на словах ими даётся высокая оценка нашим изобретениям.

Теоретические изыскания, моделирование, экспериментальная проверка, конструирование, создание опытных установок, их доводка, промышленное опробование, выход на рынок – таков типичный путь технической реализации, в частности, разработок по использованию возобновляющихся энергоресурсов.

Оформляется этот путь в виде статей, докладов, выступлений, патентов, выставок, договоров на изготовление и эксплуатацию и, как венец развития – финансовый результат (срок окупаемости, рентабельность, прибыль и т.д.).

На этом пути, естественно, возникает много тормозящих проблем (не зря применяем слово «внедрение»), которые условно можно разделить на две категории: 1) объективные (недостаточная изученность, ошибка и принятие больших допусков, неточности в расчётах, необоснованность технических решений, неправильный выбор материалов, аварии и т.д.) и 2) субъективные (консерватизм, отрицание нового, неверие в исходную идею и последующую технологию, боязнь риска, успокоенность и удовлетворение ранее достигнутым, ожидание указаний начальства, прикрытие приказами, указами, мнениями и т.д.) Иногда эти категории смешиваются (например – громадный ненужный объём технической документации, согласований, утверждений, разрешений, приказаний). Все эти особенности «внедрения» мне пришлось пережить (имея большой опыт научной и изобретательской работы по более чем двумстам патентов и авторских свидетельств), поэтому есть основания для предложения рекомендаций по решению некоторых проблем.

Предлагаемые разработки научно-исследовательской лаборатории ПУЛЬСАР Брестского государственного технического университета можно представить в качестве примера исследований природопользования, способствующих перспективам использования ВИЭ (возобновляющихся источников энергии). Эти разработки могут носить как глобальный характер, так и местный, в зависимости от масштаба инноваций.

Теплоэлектроцентр на основе солнечной и геотермальной энергетики относится к первому типу разработок. ГТЭЦ (геогелиоТЭЦ) представляет собой как бы большой тепловой двигатель с периодом действия один год. Рабочее тело – вода – в летнее время нагревается солнечными лучами (гелиоустановка разработана, масштабная модель примерно 1:5 испытана) до высокой температуры и при 10...20 МПа и 150...200°C нагнетается в подземные водяные слои (геологические пористые структуры на глубине 100...1000 м имеющиеся почти везде). В холодное время года горячая вода (теплота надёжно сохраняется, подпитываемая геотермальным теплом) подаётся в ресивер, где дросселируется, образуя пар и остаточную горячую воду. Пар идёт на паровую турбину, турбогенератор вырабатывает электроэнергию, вода – к тепловым потребителям, в основном на отопление. Обратная вода и конденсат скапливаются в ёмкости (для Бреста это пруд глубиной 10 м площадью 1 км<sup>2</sup>), а летом вновь после нагрева Солнцем закачивается в грунт. Отличие этого проекта от известных западных – сохранение не только летнего тепла, но и выработка электроэнергии. Конечно, проект крупномасштабный, требует детальной проработки, но на уровне идеи пока никого не заинтересовал, хотя имеется много публикаций.

Предлагается так же ветроэнергостановка большой мощности, не имеющая мировых аналогов. Она представляет собой группу парусных устройств («кораблей»), движущихся по круговому рельсу, установленному на мачтах высотой 10...50 м. Рельс образует круг диаметром 0,5...1 км, дающий траекторию движения парусных устройств с электрогенераторами. Достоинство этого принципа – использование ветра почти по всей длине круга (с учётом хода «бейдевинд»), свободные площади под установкой пригодны для сельскохозяйственного использования. Техническая реализация проекта не вызывает сомнения, но нужен реализатор, который не боится риска.

Менее масштабная солнечная установка разработана нами для приготовления горячей воды в системах водоснабжения в небольших по энергопотреблению объектах (сельские дома, коттеджи и т.п.). Особенность её – солнечный концентратор из комплекса конусов из относительно дешёвого материала – хромированного алюминия (строительный материал, применяется для отделки внутренних и внешних частей).

Гелиоконцентратор простым механизмом обходит объект нагрева – шар с водяной полостью. Привод – электрический соленоид. Конструкция и принцип работы позволяет резко уменьшить затраты на использование солнечной энергии. Информация об этой солнечной установке привлекла внимание многих возможных заказчиков. Некоторые знакомились с действующей установкой, давали весьма высокие оценки, но со временем энтузиазм затихал. К примеру, в августе 2010 г. к нам прибыли представители управления капитального строительства Брестского горисполкома. В новом здании этой организации требовалась добавочная мощность горячего водоснабжения. Наш вариант им подходил стопроцентно. Договорились даже о доводке, усовершенствовании. Но пока результат нулевой. Чёткой причины задержки, честно говоря, не видно. Другие возможные потребители ссылаются на многочисленные гелиоустановки (гелиоконцентраторы) западного производства, между прочим – очень дорогие.

Нами разработаны несколько вариантов ветроустановок для местного потребления (дачи, коттеджи, сельские дома). Один из них – так называемый «ветромахокач» как привод водяных поршневых насосов, другой – ветроагрегат с вертикальной осью вращения, поворачивающимися плоскостями, редуктором в виде кольца, несколькими электрогенераторами малой мощности, снимающими вращение с этого кольца. Однако в настоящее время нет возможности изготавливать, доводить, распространять эти и многие разработанные механизмы.

Кроме экономического обстоятельства, следовало бы отметить социально-политический. Я читаю курс «Основы энергосбережения». Однажды студенты меня спросили: «Вы доказываете, что нужно строить ядерную электростанцию в Беларуси, т.к. в частности, вырабатываемая ими электроэнергия самая дешёвая по сравнению с другими типами электростанций. Так зачем нам её строить – купим электроэнергию из России, Украины, вырабатываемую их установками». Так может быть нам не надо развивать солнечную и ветровую энерготехнологию, приобретём её у Запада? Предложений – хоть отбавляй! По-моему, если бы Беларусь была провинцией России, вопрос об АЭС и не стоял бы (энергоносители связаны ещё с советских времён). Но суверенитет требует самостоятельности – и особенно в вопросах энергетики. Нам нужна и своя АЭС, и свои разработки по возобновляющимся источникам энергии. Техническая наука чахнет из-за невостребованности. Нам надо развивать научно-техническое производство, имея целью так же и экспорт. При этом следует помнить о всевозможных рисках, т.е. для их компенсации желательна многочисленность предложений. Венчурные (рискованные) проекты – общемировая практика.

Часто ссылаются на отсутствие средств (финансовых, трудовых, временных, материальных и т.д.) на создание нового. Позволю себе не согласиться с этой причиной. Средства всегда в стране есть.

Для ускорения реализации научно-технических достижений, полученных, в частности в вузах, необходимо, по-моему мнению, следующее.

– Желательно создать коллективный орган, комитет из учёных (энергетиков, экономистов и т.п.) из числа, например, участников данного семинара, для концентрации, анализа, отбора, рекомендаций к внедрению новых идей, предложений, технических разработок. Выделить в ведущем журнале республики раздел по широкой информации научно-технической общественности, вести обсуждение, публиковать мнения специалистов.

– Составить двусторонний список «спрос-предложение» для выявления потребностей практики и возможностей разработчиков. Считается, что рыночные условия способны быстро дать направление создания новой техники. Однако даже в идеальном с точки зрения экономических теорий случае невозможно учесть множество факторов (политические ситуации, мировоззрение руководства, техническая, научная, организационная неподготовленность организаторов производства, любого риска). Разработчики должны знать потенциал технической науки, программу, тематику, планы действия учёных, их субъективные особенности. Эти данные не публикуются, информация в Интернете весьма относительна. Поэтому следует иметь комплект двусторонних запросов, пожеланий и возможностей, предложений. Этот комплект должен быть доступен для всех, но и быть основой для руководящих служб. Не следует считать это положение излишней централизацией, в нынешней ситуации это необходимо. В чём-то это аналогия прежним советским планам внедрения новой техники.

– Пожалуй, самым важным фактором совершенствования внедрения новой техники для использования возобновляющихся энергоресурсов, является организация опытного производства при вузах. Как правило, НИР и ОКР заканчиваются проектной документацией, в лучшем случае – макетным образцом, т.к. промышленное предприятие трудно убедить в рискованном создании первичного образца. Причин этому много – отсутствие средств для полномасштабного внедрения, конкуренция других, особенно зарубежных фирм, зачастую отсутствие рынка сбыта и т.д. Публикация изобретений на выставках, конференциях, в СМИ зачастую вызывает восхищение, но договора на использование заключаются очень редко. Потребители говорят: «Вот если бы установка была готова, мы бы её купили». Поэтому возникла важнейшая задача – создать не только теорию, расчёт и изготовить макет, но и создать действующий образец устройства, механизма, машины, агрегата, причём – коммерческий образец, т.е. готовый к продаже. В любом техническом вузе с соответствующим кадровым потенциалом и техническим оборудованием, имеющим научно-исследовательскую часть, вполне возможно создание опытного производства. Вначале оно может действовать на кредитные финансовые средства, а последующая продукция должна быть реализована. В вузе должна быть постоянно действующая выставка для организации продаж опытных образцов, заключения договоров на серийное производство, участие в учебном процессе.

– Для ведения НИР и ОКР, их финансирования требуется оформление многих объёмных документов: договор, технико-экономическое обоснование, календарные планы, согласования и т.д. На это документирование уходит зачастую больше времени, чем для самой работы. После проведения НИР требуется научно-технический отчёт. Требуется упрощение этой части НИР и ОКР путём использования компьютерной техники. Насколько известно, этого пока нигде нет. Нужно разработать соответствующие компьютерные программы, изменить принципы составления документов.

– Следует активировать и поощрять изобретательскую деятельность. Если раньше даже просто получение авторского свидетельства оплачивалось, то сейчас за получение патента нужно платить заявителю. Количество использованных изобретений ничтожно мало. Пропаганда технического творчества практически отсутствует, можно назвать лишь белорусский журнал «Изобретатель», общественных организаций не слышно.

УДК 620.9

Северянин В.С., Янчилин П.Ф.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ГЕЛИОСИСТЕМАХ

In this article classification of heat-sink devices is resulted. The method of accumulation of warmth which gives decrease in capital and current expenses in solar power, increase of efficiency of action of solar installations, possibility of preservation and warmth recycling, thanks to realisation of use of periodic sources of warmth with preservation in certain time intervals of the maximum temperatures of the heat-carrier between operating times of a source of warmth is offered.

Аккумуляция теплоты вызвана периодичностью поступления солнечной энергии в течение суток и года, а также несовпадением графиков выработки теплоты в геосистемах и ее потреблением в системах теплоснабжения. Максимум солнечной радиации приходится на полдень, а минимум — на вечер и ночь, потребность же в теплоносителе для отопления и горячего водоснабжения сохраняется в течение суток. Аналогично и сезонное несоответствие выработки и использования солнечной энергии. Поэтому при превышении выработки энергии над потреблением ее избыток накапливают в аккумуляторе теплоты.

Аккумуляторы теплоты геосистем относятся к регенеративным теплообменникам, для которых характерен циклический характер работы, который включает в себя два периода: зарядки аккумулятора тепловой энергией и его разрядки [1].

В зависимости от *длительности цикла* аккумуляторы теплоты делят на:

- часовые,
- суточные,
- сезонные.

В зависимости от *температурного диапазона* есть аккумуляторы теплоты следующих видов:

- для систем воздушного отопления — рабочая температура аккумулятора составляет 30°C,
- горячего водоснабжения — 45-60°C,
- водяного отопления — до 90°C.

Для геосистем применяют тепловые аккумуляторы емкостные, имеющие резервуар (бак, емкость), заполненный теплоаккумулирующим материалом (ТАМ). В качестве ТАМ используют воду, водные растворы солей, воздух, природный камень, гальку. Основными характеристиками аккумулятора являются энергоемкость и продолжительность нагрева или охлаждения теплоаккумулирующего материала. Энергоемкость аккумулятора — это количество теплоты  $Q_{ак}$ , Дж, которое поглощает ТАМ массой  $M_{ак}$ , кг, теплоемкостью  $c_{ак}$ , Дж/(кг·К), при его нагреве от  $T_{ак}^1$  до  $T_{ак}^2$ , °C:

$$Q_{ак} = M_{ак} \cdot c_{ак} \cdot (T_{ак}^1 - T_{ак}^2)$$

Отношение энергоемкости аккумулятора  $Q_{ак}$  к объему ТАМ  $V_{ак}$ , м<sup>3</sup>, называется удельной энергоемкостью  $q_v$ , Дж/м<sup>3</sup>:

$$q_v = Q_{ак} / V_{ак}$$

Продолжительность зарядки  $\tau_{зар}$ , с, зависит от конструкции аккумулятора, вида и массы ТАМ, а также тепловой производительности  $Q_m$  солнечного коллектора:

$$\tau_{зар} = \frac{Q_{ак}}{Q_m \cdot \eta_{КСЭ} \cdot \eta_{ак} \cdot \eta_{тр}}$$

где  $\eta_{КСЭ}$ ,  $\eta_{ак}$ ,  $\eta_{тр}$  — КПД, характеризующие тепловые потери соответственно в КСЭ, аккумуляторе и соединяющих их трубопроводах.

По конструкции и принципу действия аккумуляторы тепловой энергии для геосистем бывают с жидкостным ТАМ, с твердой насадкой и легкоплавким ТАМ. Движение теплоносителей осуществляется принудительно (с использованием насосов) или за счет естественной циркуляции (термосифон). Аккумуляторы бывают [1]:

– рекуперативные — накопление теплоты происходит путем теплопередачи через разделительную (металлическую) стенку и нагрева жидкого ТАМ без изменения его агрегатного состояния;

– регенеративные — накопление теплоты и разрядка ТАМ происходит путем переменного нагрева и охлаждения твердого теплоаккумулирующего материала, подводимая теплота расходуется на плавление (осуществление фазового перехода) твердого теплоаккумулирующего материала.

При использовании твердого теплоаккумулирующего материала продолжительность нагрева или охлаждения рассчитываются по формулам нестационарной теплопроводности [2], учитывающим размеры и форму элементов насадки, их теплофизические свойства и взаимодействия с потоком воздуха. В аккумуляторах с твердым ТАМ пористая насадка выполнена из дробленого камня, гальки, керамических шариков или сосудов, а теплоносителем в них является воздух. В процессе зарядки аккумулятора через насадку продувается воздух, прошедший предварительно через КСЭ и воспринявший там энергию солнечного излучения. После нагрева насадки до температуры, близкой к температуре горячего воздуха, его подача в аккумулятор прекращается, зарядка на этом заканчивается, а теплота, отданная воздухом, хранится в насадке. Для передачи аккумулированной теплоты потребителю через насадку пропускается холодный воздух из системы воздушного отопления, подводимый к аккумулятору по воздуховоду. Воздух нагревается, а насадка охлаждается, после чего требуется новая зарядка для приведения аккумулятора в рабочее состояние.

В аккумуляторах с легкоплавким ТАМ основное количество теплоты поглощается веществом при его плавлении. Перед зарядкой аккумулятора ТАМ находится в твердом виде. При подводе теплоты в аккумулятор вначале легкоплавкий ТАМ, массой  $M_{ак}$ , кг, нагревается от начальной температуры  $T_{ак}^I$  до температуры плавления  $T_{пл}$ , затем плавится, а после, уже в жидком виде, нагревается до конечной температуры  $T_{ак}^2 > T_{пл}$ . Энергоемкость такого аккумулятора равна:

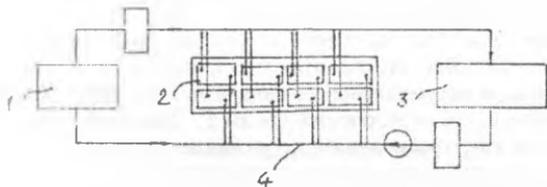
$$Q_{ак} = M_{ак} \cdot [c_{мс} \cdot (T_{пл} - T_{ак}^I) + r + c_{ж} \cdot (T_{ак}^2 - T_{пл})].$$

где  $c_{мс}$ ,  $c_{ж}$  — теплоемкость вещества в твердом и жидком состояниях, Дж/(кг·К);  
 $r$  — теплота фазового перехода (плавления) ТАМ, Дж/кг.

В качестве ТАМ используют парафин ( $T_{пл} = 47^\circ\text{C}$ ,  $r = 209$  кДж/кг), глауберову соль ( $T_{пл} = 32^\circ\text{C}$ ,  $r = 251$  кДж/кг) и другие вещества. При разрядке аккумулятора теплота от теплоаккумулирующего материала отводится теплоносителем (водой), циркулирующей по змеевику, установленному в аккумуляторе и связанному соответствующими трубопроводами с потребителями тепловой энергии — системой отопле-

ния, вентиляции или горячего водоснабжения. В аккумуляторах с легкоплавким ТАМ возможно применение одного теплообменника путем поочередного его присоединения к КСЭ или двух теплообменников, из которых один предназначен только для зарядки аккумулятора, а другой только его разрядки. Аккумулятор с легкоплавким ТАМ, при одном и том же объеме, поглощает в 5-10 раз теплоты больше, чем аккумулятор с неплавящимся веществом [3].

Несмотря на высокую эффективность, данные виды ТАМ из-за высокой стоимости как их самих, так и соответствующего оборудования, практически не применяются. Существуют более дешевые способы аккумулирования теплоты, когда в качестве теплоносителя используется вода, причем благодаря разной солёности воды нижний ее слой, как более тяжелый, прогревается сильнее, чем менее солёный, верхний, служит теплоизолятором [4, с.26]. При такой аккумуляции подводимая тепловая энергия одновременно передается всем частям аккумулятора, разные части нагреваются по-разному (так называемые «солнечные пруды»). Такое аккумулирование теплоты удобно при постоянной подпитке энергией, но при длительном отключении источники энергии и интенсивной утилизации теплоты горячая часть теплоносителя быстро остывает. Хотя в общем объеме аккумулятора остается еще очень много теплоты, но утилизация её ухудшается из-за снижения общей температуры теплоносителя в аккумуляторе.



1 — источник теплоты; 2 — аккумулятор теплоты; 3 — теплопотребитель;  
4 — система обслуживания

Рисунок 1 — Технологическая схема аккумулирования теплоты

В научно-исследовательской лаборатории «Пульсар» Брестского государственного технического университета к настоящему времени разработаны на уровне изобретений различные конструкции гелиосистем, рассмотрены перспективные пути использования этих систем с тепловыми аккумуляторами. В частности предложен метод, позволяющий при длительных перерывах подпитки теплотой теплоносителя обеспечить тепловому потребителю высокотемпературным теплоносителем — тепловой энергией с высокой эксергией.

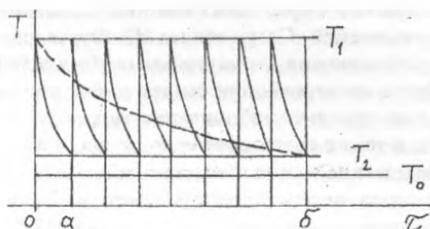
Этот способ аккумулирования теплоты (рисунок 1) заключается в предварительном нагреве периодически действующим источником теплоносителя, подаваемого в объем аккумулятора, до максимальной расчетной температуры и включает утилизацию накопленной теплоты путем её отбора последовательно из нескольких теплоизолированных друг от друга и от окружающей среды частей общего объема аккумулятора. При этом при каждом подключении новой части тепловому потребителю подается теплоноситель с максимальной температурой [5].

Теплоноситель (вода пресная или с примесью различных веществ) нагревается в источнике теплоты 1. Это может быть стационарный котел, котел-утилизатор, теплообменник на горячих выбросах, солнечный нагреватель, другие периодически дейст-

вующие генераторы тепла. Аккумулятор теплоты 2 — это емкость достаточных размеров для соответствующего объема теплоносителя, разделенная на несколько частей, теплоизолированных друг от друга и от окружающей среды. Например, аккумулятор теплоты может быть изготовлен из десятков полостей в виде кубов с ребром порядка 10 м, заполненных тепловоспринимающими элементами с высокой теплоемкостью (гранит, бутовый камень и т.п.), стены — из бетона с теплоизоляцией, в полость введены трубы для теплоносителя. Теплопотребитель 3 (системы отопления зданий, системы кондиционирования, технологические линии и т.д.) связан с аккумулятором теплоты 2 при помощи системы обслуживания 4 (трубопроводы, арматура, насосы и т.п.).

Передача теплоты теплоносителю (воде) происходит в источнике теплоты 1 за счет использования горячих выбросов, работы утилизационных тепловых установок, работы гелиоустройств. Теплоноситель нагревает или все полости аккумулятора теплоты сразу или последовательно путем заполнения полостей горячей водой, циркулирующей по контуру, а также нагревом тепловоспринимающих элементов, до температуры (в системах отопления — порядка 100°C). Если теплопотребитель 3 не нуждается в данный момент в теплоте, источник теплоты 1 отключается, а система обслуживания 4 работает в «ждущем режиме». При необходимости подачи теплоты теплопотребителю 3, если бы работал сразу весь объем аккумулятора теплоты 2, температура в системе снижалась бы по штриховой линии (рисунок 2), т.е. уже в середине периода «*о-б*» температура подаваемого теплоносителя стала бы существенно ниже исходной  $T_1$ , что не соответствовало бы требованиям технологии (например, для отопления). При длительном потреблении теплоты температура теплоносителя (и средняя температура всего объема аккумулятора теплоты) по экспоненте асимптотически приближалась бы к температуре окружающей среды  $T_0$ . Так как такой теплоноситель не отвечает потребительским требованиям, то охлаждение ведут до температуры  $T_2$ , когда еще существует температурный напор, при котором имеется тепловой поток для технологии теплопотребителя. Например, в системах отопления температура воды перед нагревательными приборами 90-100°C, после приборов — 70°C, при необходимости эти температуры снижают на 30-40°C (для экономии энергоресурсов), расчетная температура в помещении 15-18°C. В этом случае тепловой поток в помещение уменьшается, температура снижается. Чтобы сохранить тепловой баланс помещения, нужно увеличивать поверхность нагревательных приборов или увеличивать температуру теплоносителя (что реализуется режимом, предлагаемым данным способом). Для этого отбор теплоты ведут не из всего объема аккумулятора, а отдельно из его частей. Естественно, отдельная часть остывает быстрее, и за время «*о-а*» (рисунок 2) достигается температура  $T_2$ . После момента времени «*а*» включается в теплообмен другая, еще горячая часть аккумулятора (сплошные линии). Таким образом, за время «*о-б*» температура теплоносителя у потребителя несколько раз принимает значение  $T_1$ . Промежуток времени «*о-а*» можно связать с периодами повышенного и пониженного теплопотребления (день-ночь, включение-отключение технологий и т.д.). Данный метод более целесообразен для мощных, но периодически действующих источников теплоты с большим периодом (например, летняя жара).

Предложенный метод аккумуляции теплоты, даёт пример снижения капитальных и текущих затрат в солнечной энергетике, повышения эффективности действия солнечных установок, возможности сохранения и утилизации теплоты, благодаря реализации использования периодических источников теплоты с сохранением в определенные промежутки времени максимальных температур теплоносителя между временами работы источника теплоты.



$T$  — температура,  $\tau$  — время, сплошная линия — охлаждение теплоносителя в частях аккумулятора, штриховая линия — то же для неделимого аккумулятора с тем же общим объемом (массой),  $T_1$  — максимальная температура теплоносителя,  $T_2$  — температура максимального охлаждения теплоносителя,  $T_0$  — температура окружающей среды, « $o$ - $\beta$ » — время отключения 1, « $o$ - $a$ » — время работы одной части 2

Рисунок 2 — Изменение температуры теплоносителя

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фокин, В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / В.М. Фокин — М.: Издательство «Машиностроение-1», 2006. — 240 с.
2. Фокин, В.М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена / В.М. Фокин, Г.П. Бойков, Ю.В. Видин. — М.: Машиностроение-1, 2005. — 192 с.
3. Харченко, Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 230 с.
4. Основы энергосбережения: курс лекций под ред. Н.Г. Хуткой. — Минск: Техналоя, 1999. — 135 с.
5. Способ аккумулирования теплоты. Заявка № а20030149. Северянин В.С.

УДК 543.5

Селакова В.А., Строгина О.А., Савицкая А.С.

УО «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова», г.Могилев

#### КАЧЕСТВЕННОЕ И ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТЫХ САХАРОВ И ИХ СМЕСЕЙ МЕТОДОМ ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ

The main target of present work is founding laws in infra-red spectrums of simple sugars and their mixes for quality, semi-quantitative and their qualitative their definition in hydrolysates of food hetero-poly-sugars.

Для определения качественного и количественного состава простых сахаров в пищевых продуктах используют методы газо-жидкостной, ионообменной или жидкостной хроматографией высокого разрешения. Количественное определение отдельных сахаров можно проводить с помощью ионометрии с использованием ферментных электродов, обладающих исключительно высокой селективностью к определенным сахарам [1]. При этом мало внимания уделяется использованию метода ИК-спектроскопии для полуколичественного и количественного анализа смесей сахаров.

Вместе с тем инфракрасная Фурье-спектроскопия является одним из основных методов анализа органических соединений. Современная ИК-Фурье-спектроскопия представляет собой экспресс-метод установления структурных особенностей органических соединений. С помощью ИК Фурье спектроскопии быстро и надёжно идентифицируются разнообразные функциональные группы: карбонильная, гидроксильная, карбоксильная, амидная, амина, циано и др.; а также различные непредельные фрагменты: двойные и тройные С – С связи, ароматические или гетероароматические системы[2].

В ранних работах из-за несовершенства приготовления образцов не удавалось получить хорошего расширения полос. Тем не менее, ИК-спектры применяют для идентификации органических веществ. В дальнейшем, усовершенствование методики приготовления образцов позволило проводить полуколичественную оценку содержания сложноэфирных и амидных групп и солей в органических веществах. Однако для такой полуколичественной оценки необходимо было проводить дополнительные специализированные исследования, на которые затрачивалось достаточно много времени. С другой стороны, ограниченность и малочисленность исследований в области ИК-спектроскопии не позволяет широко распространиться этому методу исследования для контроля органических веществ.

Поэтому исследования, направленные на выявление закономерностей в спектрах простых сахаров с целью качественной, полуколичественной и количественной оценки их содержания в смесях, являются, несомненно, актуальными.

Известно, что образцы пектина (пищевых гетерополисахаридов) различного происхождения обладают существенными различиями в физико-химических и, соответственно, технологических свойствах. Одной из причин таких различий является различие в составе сопутствующих сахаров образцов пектина различного происхождения. Поэтому на первом этапе работы нами были проведены исследования, направленные на идентификацию и установление качественного состава сопутствующих сахаров в образцах пектина различного происхождения. Для этого были получены ИК-Фурье-спектры образцов цитрусового и свекловичного пектина, а также спектры простых сахаров, наиболее часто встречающихся в пектине: маннозы, галактозы, фруктозы, арабинозы и ксилозы. Далее был проведен сравнительный анализ полученных спектров:

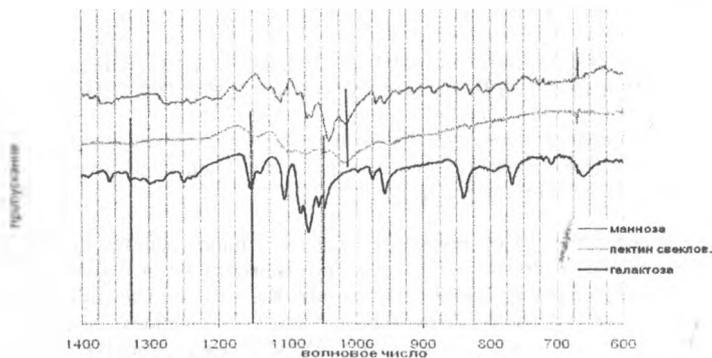


Рисунок 1 – ИК-спектры свекловичного пектина, галактозы и маннозы

Из данных, приведенных на рисунке 1, видно, что для пектина и галактозы обнаруживаются полосы, соответствующие валентным колебаниям групп C=O ( $1325 \text{ см}^{-1}$ ), колебаниям OH-групп ( $1050 \text{ см}^{-1}$ ), колебаниям пиранозных колец ( $1101 \text{ см}^{-1}$ ), колебаниям C-O(H) групп ( $1150 \text{ см}^{-1}$ ). Это указывает на то, что в состав свекловичного пектина входит галактоза, что подтверждает теоретические данные. Поскольку данный пектин совпал с мальтозой лишь в одном пике, то можно сделать лишь предположение о его присутствии в составе свекловичного пектина. Аналогично был проведен сравнительный анализ спектров остальных сахаров пектина, на основании которого можно заключить, что в состав свекловичного пектина входят галактоза, арабиноза и фруктоза, а в состав цитрусового – галактоза, арабиноза и ксилоза, что подтверждается теоретическими данными.

Следующим этапом нашей работы стало выявление количественных закономерностей в ИК-Фурье спектрах простых сахаров с целью построения калибровочных графиков для количественного определения их в смесях.

На основании спектров простых сахаров для каждого отдельного сахара был проведен следующий анализ: выявлены и сведены в таблицы характеристические полосы для каждого отдельного сахара.

Таблица 1 – Сводная таблица характеристических полос изучаемого образца  
фруктозы

№ спектра	(O – H)	$\nu(\text{C} - \text{C}, \text{C} - \text{O})_{\text{к}}$	(C = O)	(C – H) дефор
1	1048	1148	1332	1423
2	1052	1148	1332	1423
3	1049	1148	1330	1420

Далее были определены относительные интенсивности всех характеристических частот путем отнесения их интенсивности к интенсивности колебания  $\nu(\text{c-c}, \text{c-o})_{\text{к}} = 1148 \text{ см}^{-1}$ , т.к. эта полоса не смещается во всех образцах и является одной из полос колебания пиранозного кольца.

Таблица 2 – Относительные интенсивности характеристических полос изучаемого образца сахара фруктозы (относительно  $1148 \text{ см}^{-1}$ )

Образец	$\nu(\text{C-C}, \text{C-O})_{\text{к}}$	(O – H)	(C – H)	(C=O)
	$\sim 1148 \text{ см}^{-1}$	$\sim 1050 \text{ см}^{-1}$	$\sim 1423 \text{ см}^{-1}$	$\sim 1330 \text{ см}^{-1}$
№1	100	86,3	113,2	97,1
№2	100	91,1	108,3	102,3
№3	100	90,9	107,7	101,8
$C_{\text{ср}}$	100	$89,4 \pm 6,8\%$	$109,7 \pm 7,5\%$	$100,4 \pm 7,1\%$

Далее были приготовлены модельные смеси «фруктоза : мальтоза» в соотношениях (50:50); (40:60); (60:40).

Были сняты по три спектра каждой смеси. Для исследования сравнили относительные частоты получившихся спектров смесей с относительными частотами полученных ранее спектров отдельных сахаров фруктозы и мальтозы (рисунок 3).

Далее были определены относительные интенсивности характеристической частоты (O-H) фруктозы и мальтозы, путем отнесения их интенсивности к интенсивности колебаний  $\nu(\text{c-c}, \text{c-o})_{\text{к}} = 1148 \text{ см}^{-1}$  и  $1135 \text{ см}^{-1}$  относительно фруктозы и мальтозы (таблица 3).

Таблица 3 - Относительные интенсивности характеристических полос изучаемого образца смеси (относительно  $\sim 1148$  и  $1135\text{см}^{-1}$ ).

Образец	фруктоза		мальтоза	
	$\nu(\text{C-C, C-O})_{\text{ж}}$ $\sim 1148\text{см}^{-1}$	(O-H) $\sim 1048\text{см}^{-1}$	$\nu(\text{C-C, C-O})_{\text{ж}}$ $\sim 1135\text{см}^{-1}$	(O-H) $\sim 1039\text{см}^{-1}$
№1	100	92,5	100	90,7
№2	100	90,6	100	88,2
№3	100	89,6	100	87,8
$C_{1,\text{ср}}$	100	$90,9 \pm 3,6\%$	100	$88,9 \pm 3,8\%$

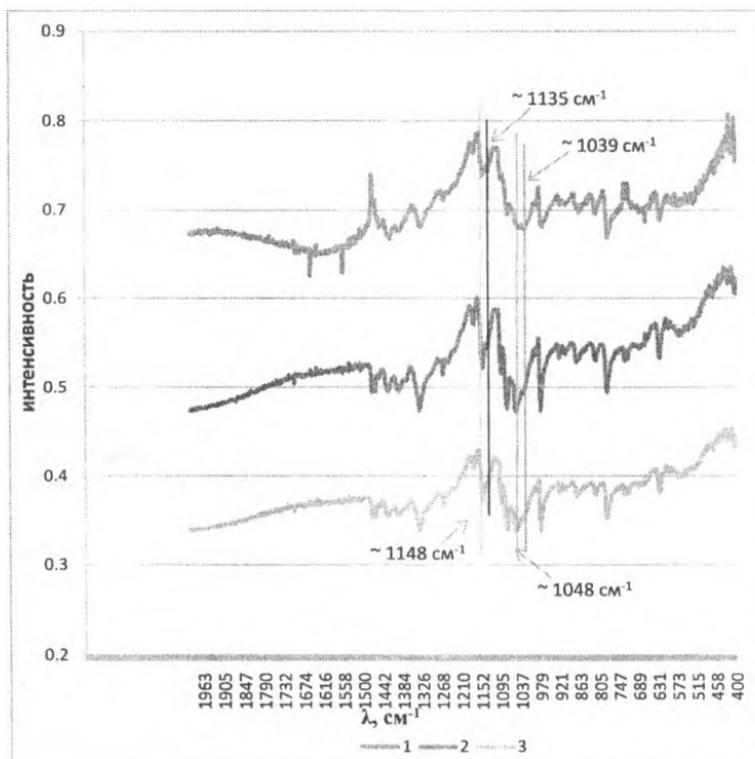


Рисунок 2 - Исследование модельной смеси «фруктозы : мальтозы» (60:40)

Исследование модельных смесей позволяет заключить, что при изменении соотношения концентраций наблюдаются изменения относительных интенсивностей в спектрах смесей, которые коррелируют с изменением концентрации. Для дальнейших исследования планируется расширить диапазон соотношения концентраций сахаров и построить калибровочные графики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.]; под ред. А.П. Нечаева. – Издание 4-е, испр. и доп. – СПб.:ГИОРД, 2007. – 640 с.
2. Васильев, А.В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учебное пособие / А.В. Васильев, Е.В. Гриненко, А.О. Щукин, Т.Г. Фе-дулина. – СПб.: СПбГЛТА, 2007. – 54 с.

УДК 504.4.06

**Станкевич А.П., Титов К.С.**

Совместный проект ЕС/ПРООН «Содействие развитию всеобъемлющей структуры международного сотрудничества в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь», г. Минск

#### АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПОДХОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Development of the national water quality assessment system based on adaptation EU of methods and practices is discussed in the article. Some proposals for correction of articles of the Water code of the Republic of Belarus in the sphere water quality monitoring and assessment was prepared in the framework of the project activities.

Для рационального управления качеством водных ресурсов одним из ключевых факторов является наличие системы мониторинга качественных характеристик, позволяющей с достаточной степенью точности оценивать приоритетные проблемы состояния водных объектов и эффективность принимаемых управленческих решений. Для того, чтобы система мониторинга отвечала насущным потребностям управления водными ресурсами, она должна иметь репрезентативную сеть наблюдений, необходимую частоту наблюдений, позволяющую охватывать весь диапазон внутригодового изменения характеристик состояния водных ресурсов, и, наконец, систему оценки качества вод, дающую возможность определить величину антропогенной нагрузки для последующей оценки необходимости принятия дополнительных водоохранных мероприятий по снижению данной нагрузки и улучшения состояния водных ресурсов. Последний аспект, помимо экологического, несет так же и экономический, т.к. водоохранные мероприятия требуют значительных финансовых средств. Вышесказанное подчеркивает важность рассмотрения существующих подходов, используемых в практике оценки качества поверхностных вод с точки зрения их соответствия современным задачам управления водными ресурсами.

В настоящее время основным инструментом для оценки качества речных вод в Беларуси являются предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ (ПДК), установленные для водных объектов рыбохозяйственного назначения.

Оценка состояния водных объектов и уровня их загрязнения проводятся с использованием интегрального показателя - индекса загрязненности вод (ИЗВ), показателя превышений ПДК от общего числа определений (повторяемость концентраций выше 1,0 ПДК по конкретному веществу или по сумме ингредиентов).

Такой подход, основанный на использовании ПДК, не позволяет оценить в полной мере степень антропогенной нагрузки на речные экосистемы, поскольку не учитывает природное качество речных вод. Данный аспект особенно важен для речных

систем Беларуси, поскольку по многим рекам наблюдаются повышенные фоновые концентрации по ряду показателей и ингредиентов, порой значительно превышающие значения ПДК.

Данная ситуация во многом обусловлена несовершенством нормативной правовой базы в области мониторинга поверхностных вод. В статье 89. «Мониторинг поверхностных вод и мониторинг подземных вод» действующей редакции Водного кодекса устанавливается цель проведения мониторинга - своевременное выявление негативных процессов, предотвращение их вредных последствий и определение эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану поверхностных и подземных вод. Детальное описание процедур, направленных на реализацию данной цели, в Водном кодексе отсутствует. Технические кодексы установившейся практики, направленные на определение правил определения качества поверхностных вод, также отсутствуют. Использование классификации качества воды по гидрохимическим показателям (ИЗВ) основывается на документе, принятом еще в 1990 году и который явно устарел и не отвечает современным требованиям. Для решения данной проблемы целесообразно использовать современные международные подходы, прошедшие апробацию в странах с близкой структурой водных ресурсов. Наиболее развитая система оценки качества поверхностных вод реализуется в странах ЕС в соответствии с Водной рамочной директивой [1]. Согласно данному и другим рамочным документам Европейского Союза, рекомендуется переход от оценки качества воды и ранжирования классов качества, исходя из превышений концентраций загрязняющих веществ над предельно допустимыми значениями, к оценке экологического состояния водных объектов по отношению к эталонным показателям качества, характеризующим состояние речной экосистемы, не подверженной антропогенному воздействию. В содержательном смысле это означает, что экосистема может либо удовлетворять хорошему экологическому статусу, либо не удовлетворять. В этом смысле эталонные показатели состояния могут существенно отличаться от нормативов качества воды (ПДК), традиционно используемых в Республике Беларусь и являющихся по сути лишь предельными значениями показателей антропогенной нагрузки по отдельным веществам без учета их совокупного воздействия.

Водная рамочная директива определяет, что страны-члены ЕС должны ставить своей целью достижение, по крайней мере, хорошего качества воды путем определения и реализации необходимых мер в рамках единых программ с учетом существующих требований. Цель достижения хорошего состояния воды должна касаться каждого речного бассейна. Государства-члены ЕС должны обеспечить организацию программ для мониторинга состояния воды для того, чтобы получить взаимосвязанный и полный обзор состояния воды по каждому району речного бассейна.

Для классификации экологического состояния поверхностных вод вводятся термин и определения отличного, хорошего и удовлетворительного состояний (физико-химического, гидроморфологического, экологического) воды в реках. Государства-члены ЕС должны создать системы классификации для оценки значений показателей качества вод, установленных для каждой категории водного объекта.

Для сопоставимости получаемых оценок качества вод результаты систем классификации, используемых каждым государством – членом ЕС, должны быть выражены в виде коэффициентов экологического качества с целью классификации экологического состояния. Эти коэффициенты являются соотношением между величинами биологических параметров для данного водного объекта и величинами этих парамет-

ров в исходных условиях применительно к этому водному объекту (т.е. при отсутствии антропогенного воздействия). Коэффициент выражается в виде числового значения между нулем и единицей, когда хорошее экологическое состояние характеризуется величинами, близкими к единице, а плохое – величинами, близкими к нулю. Каждое государство – член ЕС в рамках своей системы классификации должно разделить шкалу коэффициентов экологического качества по каждой категории водного объекта на пять классов, от хорошего до плохого экологического состояния, устанавливая числовую величину для каждого из промежуточных между классами состояний. Государства – члены ЕС должны представить карту с цветовой кодировкой для каждого района речного бассейна, иллюстрирующую экологическое состояние каждого водного объекта в соответствии с приведенной ниже классификацией:

- «Отличное» - синий цвет,
- «Хорошее» - зеленый цвет,
- «Среднее» - желтый цвет,
- «Плохое» - оранжевый цвет,
- «Очень плохое» - красный цвет.

Такой подход позволяет в наглядной форме подготовить по каждому речному бассейну карту экологического состояния вод, что дает возможность как оценки эффективности проведенных водоохраных мероприятий, так и определения водосборных территорий, на которых необходимо запланировать и провести дополнительные мероприятия по защите от загрязнения водных объектов.

Данные подходы возможно реализовать и в Республике Беларусь, особенно с учетом трансграничного характера основных речных бассейнов, перспективами их использования для развития национального и международного туризма. Для реализации такого направления в качестве первого шага необходима разработка предложений по внесению изменений в статьи Водного кодекса, регламентирующие проведение мониторинга вод и нормирование качества вод. Предлагается дополнить статью 1 «Основные понятия и их определения» Водного кодекса следующими терминами: водная экосистема, гидроморфологические показатели водного объекта, норматив качества воды, отличное физико-химическое состояние водного объекта, отличное экологическое состояние водного объекта, хорошее физико-химическое состояние водного объекта, хорошее экологическое состояние водного объекта, экологическое состояние водного объекта.

Статью «Основные принципы в области использования и охраны вод» дополнить разделом: «Использование и охрана водных ресурсов основываются на принципах: достижения хорошего физико-химического состояния и хорошего экологического состояния водных объектов».

Статью «Компетенция республиканского органа государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды в области использования и охраны вод» дополнить разделом: «Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь устанавливает нормативы качества воды, характеризующие хорошее и отличное экологическое состояние водного объекта, хорошее и отличное физико-химическое состояние водного объекта, хорошее и отличное гидробиологическое состояние водного объекта, хорошее и отличное гидроморфологическое состояние водного объекта; разрабатывает правила оценки качества поверхностных вод и состояния поверхностных водных объектов, основанной на гидробиологических физико-химических и гидроморфологических показателях».

Статью «Общие требования к охране вод водных объектов» дополнить разделом: «В целях охраны водных объектов устанавливаются нормативы качества воды, включающие биологические, физико-химические и гидроморфологические показатели (только для поверхностных водных объектов) качества воды. Нормативы качества воды, которые характеризуют хорошее и отличное экологическое состояние водного объекта, хорошее и отличное физико-химическое состояние водного объекта, хорошее и отличное гидробиологическое состояние водного объекта, хорошее и отличное гидроморфологическое состояние поверхностного водного объекта устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды в технических нормативных правовых актах и являются основой для оценки качества поверхностных вод и подземных вод для оценки состояния водных экосистем».

Статью «Мониторинг поверхностных вод и мониторинг подземных вод» дополнить разделом «Мониторинг поверхностных вод, мониторинг подземных вод, основанные на данных мониторинга, оценка качества воды и оценка состояния водных экосистем являются инструментами экологической политики при принятии управленческих решений в области рационального использования и охраны водных ресурсов».

Одновременно в соответствии с предложенными дополнениями в Водный кодекс целесообразно провести разработку технических кодексов установившейся практики, содержащих порядок проведения гидроморфологического мониторинга, оценки физико-химического и экологического состояния рек и озер Беларуси. Разработка и принятие в комплексе данных документов позволит сделать значительный шаг вперед в развитии системы мониторинга поверхностных вод страны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy – EUR-Lex Access to European Union Law [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:EN:NOT> – Дата доступа: 15.03.12.

УДК 631.587:631.452+631.61

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

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### СОХРАНЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ МЕЛКОЗАЛЕЖНЫХ ТОРФЯНИКОВ

Agrotechnical and agrochemical arrangements are the rational method of conservation and restoration of fine peatlands fertility together with the presence of mineral wedgings out when doing the lay-out of them.

#### *Введение*

Мелиорация земель является долговременным мероприятием по коренному повышению плодородия земель и ускорению темпов развития сельского хозяйства.

Осушительные и оросительные мелиорации оказывают существенное влияние на изменение таких элементов природного комплекса, как почва, подземные и поверхностные воды, приземный слой атмосферы, растительный и животный мир.

Мелиоративные объекты Белорусского Полесья характеризуются выраженным микрорельефом и сложной структурой почвенного покрова. Как правило, комплекс почв таких объектов состоит из 4-5 типов гидроморфных и полугидроморфных почв с естественным уровнем плодородия от 20 до 80 баллов. Отметки поверхности в пределах поля севооборота колеблются здесь от 0,5 до 2,0 м и более. Степень отрицательного влияния микрорельефа усиливается в условиях интенсификации мелиоративного земледелия.

#### Основная часть

Особенностью мелиорации мелкозалежных торфяников является, помимо устройства осушительно-увлажнительной сети, изменение характера поверхности осушаемых земель для создания оптимальных условий роста и развития сельскохозяйственных культур, которое направлено на выравнивание почвенного плодородия. Технология этого мелиоративного приема включает выравнивание поверхности и почв. Планировка поверхности таких земель заключается в перемещении почвогрунта минеральных повышений на окружающие торфяники.

В процессе преобразования рельефа сложение почвенных горизонтов изменяется как в плане, так и в профиле, что нередко приводит к снижению плодородия почв.

Планировка таких земель проводилась на опытном участке «Осиповка», находящемся в Малоритском районе Брестской области. Торфяно-болотные почвы опытного участка относятся к низинному типу, сложены преимущественно осоковыми торфами, степень разложения 30-35%, плотность 0,17-0,21 т/м<sup>3</sup>, зольность 13-20%, порозность 91%. Мощность торфяного слоя 0,3-1 м, подстилающая порода – среднерзнистые пески.

Почвы минеральных повышений дерново-подзолистые на песчано-пылеватых суглинках, а также дерново-подзолистые, развивающиеся на мелко- и среднерзнистых песках. Мощность гумусового слоя 0,11-0,25 м. По водно-физическим свойствам почвы минеральных повышений значительно отличаются от окружающих торфяников: плотность почвы 1,05-1,9 т/м<sup>3</sup>, порозность 49%.

Изменение водно-физических свойств торфяно-болотных, минеральных почв и УГВ под влиянием планировки в среднем за пять исследований приведено в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Изменение водно-физических свойств минеральных почв и УГВ под влиянием планировки

Показатели	Размерность	До проведения планировки	На спланированных	На неспланированных
Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,04	1,41	1,08
Плотность твердого тела	г/см <sup>3</sup>	2,29	2,51	2,50
УГВ	м	1,56	1,19	1,68
Влажность	% к объему	33,5	22,5	29,2
Полная влагоемкость	% к объему	55	42	51

Таблица 2 – Изменение водно-физических свойств торфяно-болотных почв и УГВ под влиянием планировки

Показатели	Размерность	До проведения планировки	На спланированных	На неспланированных
Плотность	г/см <sup>3</sup>	0,17	0,89	0,31
Плотность твердой фазы	г/см <sup>3</sup>	1,72	2,07	1,84
УГВ	м	0,59	1,20	0,78
Влажность	% к объему	72,0	41,4	68,1
Полная влагоемкость	% к объему	86,0	66,0	77,0

Влажность торфяно-болотных почв (понижение) значительно отличалась от влажности минеральных (повышение) (табл. 1, 2). Изменялась влажность как на спланированных торфяно-болотных почвах, так и на спланированных минеральных почвах (табл. 1, 2). Таким образом, влажность спланированных торфяно-болотных почв отличается от влажности неспланированных торфяников, а влажность неспланированных минеральных почв также отличается от влажности спланированных минеральных почв.

Изменение плотности спланированных торфяно-болотных почв происходило более резко по сравнению с неспланированными торфяно-болотными почвами.

Влагозапасы торфяно-болотных почв значительно выше по сравнению с минеральными, а наиболее устойчивое положение влагозапасов на спланированной площади.

Таким образом, планировка мелкозалежных торфяников с наличием минеральных выклиниваний оказывает существенное влияние на изменение водно-физических свойств.

Исследование показали, что микрорельеф создает пестроту почвенного плодородия и усиливает колебание урожая, в частности озимой пшеницы (зерно) и многолетних трав (сено) (таблица 3).

Таблица 3 – Урожай сельскохозяйственных культур на торфяно-болотных (понижение) и минеральных (повышение) почвах

Сельскохозяйственная культура	Торфяно-болотные (понижение) почвы		Минеральные (повышение) почвы	
	ц/га	ц. корм. ед. на 1 га	ц/га	ц. корм. ед. на 1 га
Пшеница (зерно)	20,1	24,1	1,6	13,9
Многолетние травы (сено)	36,2	18,1	32,5	16,3

Из таблицы 3 видно, что на торфяно-болотных (понижение) почвах и минеральных (повышение) почвах наблюдается неравномерность в урожаях сельскохозяйственных культур.

Планировка создает ровную поверхность и равномерные уклоны, ликвидирует замкнутые понижения и предотвращает вымокания посевов. Она способствует заделке семян на оптимальную глубину. Однако одна планировка без дополнительных агротехнических и агрохимических мероприятий усиливает пестроту плодородия почв.

Сохранение плодородия почв в процессе планировки поверхности полей со сложным почвенным покровом может достигаться за счет агротехники и агрохимии.

Урожай на срезанных минеральных повышениях, несмотря на возвращение растительного слоя, как правило, ниже, чем на засыпанных понижениях. И только система дополнительных агротехнических мероприятий выравнивает по продуктивности отдельные участки полей. Такая система предусматривает регулирование реакции среды, внесение органических и минеральных макро- и микроудобрений. На опытном участке вносили органическое удобрение в виде торфо-навозного компоста (45 т/га), фосфорно-калийные (суперфосфат 60, хлористый калий 120 кг/га д.в.) и азотные удобрения. Кроме того, вносили серно-кислый магний (20 кг/га  $MgO$ ) и микроудобрения (медный купорос, сернокислый марганец, борная кислота). В этом случае снижается пестрота плодородия по участкам поля, улучшается его качество, возрастает урожай возделываемых культур (таблица 4).

Таблица 4 – Урожай сельскохозяйственных культур на спланированных почвах

Сельскохозяйственная культура	Торфяно-болотные спланированные		Минеральные спланированные	
	ц. корм. ед. на 1 га	% к контролю	ц. корм. ед. на 1 га	% к контролю
Пшеница (зерно)	52,7	218,7	40,2	289,2
Многолетние травы (сено)	52,4	289,5	39,0	120,2

Анализируя полученные результаты по урожаю, можно сделать вывод, что урожай сельскохозяйственных культур был получен значительно выше на спланированных почвах по отношению к неспланированным.

#### *Заключение*

Результаты исследований позволили сделать выводы, что планировочные работы мелкозалежных торфяников с наличием минеральных выклиниваний положительно влияют на водно-физические свойства спланированных почв и УГВ. Сохранить и восстановить плодородие почв как на срезанных минеральных повышениях, так и на торфяниках можно с помощью агротехнических и агрохимических мероприятий.

Поверхность массива после проведения планировки становится удовлетворительной с точки зрения более производительного использования техники, в том числе и мелиоративной, и более продуктивного использования самой мелиорируемой площади.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров, М.Н. Сохранение и восстановление плодородия почв при строительной планировке орошаемых полей / М.Н. Багров, В.М. Иванов, Л.В. Иванова. – М.: Колос, 1981. – 143 с.
2. Стельмашук, С.С. Выравнивание микрорельефа и плодородия мелиорируемых земель / С.С. Стельмашук, Н.Н. Водчиц // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2<sub>(62)</sub>: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 7–9.
3. Белковский, В.И. Улучшение свойств торфяных почв / В.И. Белковский. – Минск.: Ураджай, 1982. – 119 с.

УДК 551.4:330.15 (476)

**Телеш И.А.**

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г.Минск

#### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА БРЕСТА

For the first time estimation of separate eco-climatic indices and the complex geoecological estimation of the climatic comfort in 1984-2008 in the city of the Brest are executed.

Изучение комфортности климатических условий городов является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения урбанизированных территорий. Анализ метеорологических процессов и явлений, их пространственно-временной динамики позволяет проследить изменение климатических условий городов в результате естественного развития и антропогенной трансформации географической среды и дать поэлементную и комплексную оценку их воздействия на человека.

Основная цель исследования – выявить пространственно-временные особенности изменения эколого-климатических показателей комфортности климата Бреста в 1984-2008 гг.

Анализ литературных источников и собственные исследования позволили разработать оригинальную методику геоэкологической оценки комфортности климата городов [1,2]. Методика базируется на расчете частных и интегральных эколого-климатических показателей состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности

для человека, выполненных на основе математического моделирования природно-антропогенных процессов и современных ГИС-технологий. Под геоэкологической оценкой комфортности климата города понимается определение степени его благоприятности по отношению к человеку с учетом естественного потенциала самоочищения атмосферы и влияния климата на режим эксплуатации жилых сооружений. Интегральный показатель комфортности климата ( $K_{\text{иток}}$ ) дает представление о степени благоприятности климата городов для жизнедеятельности населения с учетом воздействия всего комплекса метеорологических факторов. В крупных городах Беларуси можно выделить 4 категории комфортности климатических условий:  $K_{\text{иток}} \geq 4,00$  – комфортные, 3,00-3,99 – умеренно комфортные, 2,00-2,99 – мало комфортные,  $\leq 1,99$  – дискомфортные [3]. Оценка комфортности климата Бреста выполнялась на основе среднесуточной метеорологической информации (средние суточные данные о температуре воздуха, относительной влажности воздуха, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении воздуха, атмосферных осадках, общей облачности, туманах) по данным ГУ «Республиканский Гидрометеорологический центр» за 25-летний период (1984-2008 гг.).

Проведенные исследования позволили выявить в Бресте следующие пространственно-временные особенности изменения эколого-климатических показателей за 1984-2008 гг. (Таблица 1).

В теплый период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой (НЭЭТ) воздуха, отражающей воздействие на человека совокупности метеорологических условий: скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Наибольшее значение  $K_{\text{нээт}}$  наблюдалось в 2003 г. и составило 51 день, а наименьшее – в 1984 г. – 18 дней. В холодный период года наиболее значимой характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{с}$ , отражающей воздействие на человека совокупности метеорологических условий: скорости ветра, температуры и упругости водяного пара воздуха. Максимальное количество дней с дискомфортными значениями  $K_{\text{дп}}$  наблюдалось в 1993 г. и составило 50 дней, а минимальное в 2000, 2004 и 2008 гг. – 14 дней. Количество душных дней со среднесуточной температурой воздуха  $\geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажностью воздуха  $\geq 75 \%$  ( $K_{\text{дл}}$ ) в течение года не большое и в среднем составило 4 дня. Максимальные значения  $K_{\text{дл}}$  наблюдались в 1999 г. и 2001 г. (10 дней). В 1984-1985 гг. подобные климатические условия и вовсе не наблюдались. Количество холодных дней с температурой воздуха  $\leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение года значительно больше, чем количество душных дней. Наибольшее количество  $K_{\text{хд}}$  зафиксировано в 1985 г., а в 1984 и 1990 гг. вообще не наблюдалось холодных дней. Количество случаев с контрастными изменениями погоды ( $K_{\text{ип}}$ ) учитывает смену периодов с однотипной погодой. В среднем количество случаев с контрастными изменениями погоды в 1984-2008 гг. составило 148 дней. При этом наибольшие погодные контрасты наблюдались в 2001 г., а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 1997 и 2002 гг. Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ( $K_{\text{жс}}$ ) определяется с учетом влияния на них различных сочетаний средней суточной температуры и относительной влажности воздуха:  $t - 12,0-19,9 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $f - \leq 85 \%$ ;  $t - 20,0-23,9 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $f - \leq 75 \%$ ;  $t - 24,0-28,0 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $f - \geq 25 \leq 50 \%$ . Количество дней с комфортными значениями  $K_{\text{жс}}$  за 1984-2008 гг. в среднем составило 124 дня. Наименее благоприятные условия наблюдались в 1997 г., наиболее комфортные в 2000 г. Климатический потенциал самоочищения атмосферы ( $K_{\text{мс}}$ ) в условиях города определяется как функция комплексного влияния

числа дней со штормом, туманами, осадками  $\geq 1$  мм, сильным ветром  $\geq 5$  м/с. Максимальное значение  $K_{\text{дтс}}$  наблюдалось в 2000 г. – 0,5, а наименьшее – в 2007-2008 гг. – 0,1.

Таблица 1 – Основные эколого-климатические показатели  
комфортности климата в Бресте за 1984-2008 гг.

Год	$K_{\text{нзт}}$ , дни	$K_{\text{дд}}$ , дни	$K_{\text{лп}}$ , дни	$K_{\text{сд}}$ , дни	$K_{\text{ип}}$ , дни	$K_{\text{звс}}$ , дни	$K_{\text{ккс}}$ , дни	$K_{\text{ипкк}}$ , отн.ед
1984	18	0	40	0	142	127	0,3	3,52
1985	32	0	44	35	160	123	0,4	2,82
1986	39	3	39	21	158	118	0,3	3,28
1987	28	4	49	29	157	122	0,3	2,8
1988	40	9	43	1	161	116	0,2	2,98
1989	31	2	20	2	150	138	0,4	4,14
1990	30	4	18	0	141	117	0,2	3,52
1991	30	5	25	9	158	122	0,3	3,8
1992	32	2	26	1	148	119	0,2	3,72
1993	40	1	50	4	147	139	0,2	3,82
1994	31	2	25	5	159	126	0,2	3,54
1995	41	4	20	8	151	115	0,3	3,72
1996	35	1	28	27	143	124	0,2	3,54
1997	38	4	16	11	125	107	0,4	3,74
1998	30	5	21	10	148	112	0,2	3,5
1999	50	10	17	2	141	123	0,3	4
2000	47	4	14	3	141	147	0,5	4,22
2001	42	10	20	7	169	109	0,3	3,28
2002	43	7	23	13	131	127	0,2	3,96
2003	51	4	18	14	127	137	0,3	4,24
2004	37	5	14	6	160	121	0,2	3,54
2005	41	1	22	4	137	141	0,2	4,48
2006	43	4	22	12	143	135	0,3	3,94
2007	28	7	22	4	159	112	0,1	3,38
2008	40	5	14	1	150	120	0,1	4,14
Ср	36,68	4,1	26	9,2	148,2	123,9	0,3	3,66
Max	51	10	50	35	169	147	0,5	4,48
Min	18	0	14	0	125	107	0,1	2,8
$\sigma$	76,9	2,82	11,22	9,56	11,27	10,49	0,1	0,43
Cv	20,97	68,79	43,15	103,91	7,6	8,47	33,33	11,75

Существенное влияние на изменение комфортности климата города имеет количество дней с резким межсуточным изменением атмосферного давления  $> 9$  гПа/сут ( $K_{\text{ад}}$ ); – с относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  % ( $K_{\text{ов}}$ ), со скоростью ветра  $\geq 5$  м/с ( $K_{\text{св}}$ ); с осадками  $\geq 1$  мм ( $K_{\text{ос}}$ ); с облачностью  $\geq 6$  баллов ( $K_{\text{об}}$ ). На протяжении исследуемого периода 1984-2008 гг. самые неблагоприятные условия  $K_{\text{ад}}$  наблюдались в 2006 г., наиболее комфортные – в 1995 г., наибольшее количество дней с дискомфортными значениями  $K_{\text{ов}}$  наблюдалось в 1985 г., наименьшее в 2000 г., максимальное количество дней с высокой скоростью ветра  $K_{\text{св}}$  отмечалось в 1993 г., а минимальное – в 1996 и 1998 гг., наибольшее количество дней  $K_{\text{ос}}$  наблюдалось в 1988 г., а наименьшее – в 1984 и 2002 гг., самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями  $K_{\text{об}}$  отмечались в 2004 г., а наиболее комфортные в 2006 г. Кроме того,

для характеристики комфортности климатических условий города были также использованы среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев года, отражающие общие особенности климата.

Анализ изменения интегрального показателя комфортности климата в Бресте в 1984-2008 гг. указывает на повышение уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Изменение интегрального показателя комфортности климата в Бресте за 1984-2008 гг.

На протяжении исследуемого периода 1984-2008 гг. в Бресте отмечается устойчивая тенденция к повышению количества дней с: нормально эквивалентно-эффективной температурой ( $K_{нээф}$ ) воздуха от 17 до 21 °С; среднемесячной температурой воздуха в июле и январе; незначительное увеличение количества душных дней ( $K_{дл}$ ) со среднесуточной температурой воздуха  $\geq 20$  °С и относительной влажностью воздуха  $\geq 75$  %; продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ( $K_{жс}$ ), повышение интегрального показателя комфортности климата ( $K_{инкк}$ ). Тенденция к снижению характерна для: продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup> с ( $K_{лп}$ ); количества случаев с контрастными изменениями погоды ( $K_{ин}$ ); количества дней: с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9$  гПа/сут ( $K_{ад}$ ); с относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  % ( $K_{ов}$ ); холодных дней  $\leq -10$  °С ( $K_{хд}$ ); с дискомфортными значениями облачности  $\geq 6$  баллов ( $K_{об}$ ); со скоростью ветра  $\geq 5$  м/с ( $K_{св}$ ); с осадками  $\geq 1$  мм ( $K_{ос}$ ); климатического потенциала самоочищения атмосферы ( $K_{кпс}$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витченко, А.Н. Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов / А.Н. Витченко, И.А. Телеш // Вестник БГУ. Сер.2, 2007. – № 2. – С. 99-104.
2. Телеш, И.А. Методические подходы к оценке комфортности климата / И.А. Телеш // Весці БДПУ, Сер.3. – 2007. – № 1. – С. 76-80.
3. Витченко, А.Н. Геоэкологическая оценка комфортности климата крупных городов Беларуси / А.Н. Витченко, И.А. Телеш // Вестник БГУ, Сер.2, Химия, Биология, География. – 2011. – № 2. – С. 73-78.

УДК 661.623.63

Торегожина Ж.Р., Дономаренко О.И., Омаров А.Т., Бейсембаева Л.К.,  
Танашева М.Р.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы,  
Республика Казахстан

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ – АДДУКТОВ**

The main idea of the technical implementation of the proposed method lies in the fact that on the basis of two or more industrial solid wastes (phosphogypsum) and liquid effluent processing of natural raw materials (phosphates, borates, and polyhalite) to obtain a new useful product in the form of technical salt, fertilizer, rich in trace elements (potassium, magnesium, boron, manganese, silicon, etc.)

Наиболее перспективной отраслью промышленного производства для Республики Казахстан является производство минеральных удобрений и связанная с ней утилизация жидких и твердых отходов. Если раньше одним из главных приоритетов эффективности выпуска продукции являлось повышение качества и снижение затрат на производство, то в настоящее время одним из определяющих факторов становится охрана окружающей среды и экологическая безопасность. При этом задача обеспечения значительного снижения ресурсо- и энергоемкости производства конечной продукции тесно связана с многократным уменьшением антропогенного воздействия на природную среду и среду обитания человека.

Создание новых технологий и новых отраслей промышленности преследует, как известно, одну цель: с меньшими затратами более эффективно, не загрязняя окружающую среду, удовлетворить потребности людей. Одним из направлений решения этой задачи является разработка новой технологии конверсии отходов во вторичный полноценный продукт в виде мелиорантов-аддуктов, обладающих удобрительными и мелиорирующими свойствами.

В настоящее время количество отходов значительно превзошло возможности биосферы к самоочищению. Бесконтрольные выбросы отходов, особенно токсических, обостряют экологическую проблему, и это является прямым следствием несовершенства известных технологий.

Это, в первую очередь, связано с тем, что долгие годы химическая перерабатывающая промышленность Казахстана была ориентирована на многотоннажное производство ограниченного ассортимента, в частности, аммофос, простой суперфосфат. Другие виды удобрений, столь необходимые для плодородия земли – аммиачная селитра, двойной суперфосфат, дикальцийфосфат, полифосфаты доставлялись в Казахстан из России, Узбекистана и других стран.

Однако, для обеспечения продовольственной безопасности страны требуется разорвать порочный круг, когда при наличии существенных запасов сырья обеспечение сельскохозяйственного производства покрывается за счет импорта. Причем потребность в импорте вытекает не столько из-за отсутствия технологий переработки, учитывающих специфику казахстанского сырья, сколько из-за отсутствия направленной политики по их внедрению.

Порочный круг замыкается тем, что при существующих методах стимулирования внедрения ресурсосберегающих технологий конкретным предприятиям-производителям весьма невыгодно проводить работы по внедрению новых технологий. Более того, проведение внедренческих работ остается невыгодным даже тогда, когда в технологии используются уже имеющиеся отходы.

В связи с этим, одной из форм защиты окружающей среды является стимулирование внедрения новых ресурсосберегающих технологий, способствующих изменению сложившейся ситуации, экономическими методами.

На сегодняшний день не решены многие проблемы, связанные с использованием отходов химических производств в качестве вторичного сырья. Нет примеров создания ресурсосберегающей технологии, где в качестве основного сырья выступили бы отходы производства фосфора и бора, отсутствуют технологические процессы с использованием техногенных руд (борогипс и полигалит). Между тем, именно в этих низкокачественных рудах содержатся необходимые для роста растений элементы (калий, магний, бор). Вовлечение в производство техногенного сырья способствовало бы расширению номенклатуры производимых в Казахстане удобрений.

Промышленные сточные воды различных химических производств выливаются непосредственно в природные водоемы, создавая тем самым экологическую напряженность около фосфор и бор перерабатывающих заводов.

Известные технологические решения по переработке фосфат- и борсодержащих материалов дают возможность получать, в основном, одно-, двухкомпонентные удобрения и односторонние мелиоранты.

В настоящее время сельскому хозяйству необходимы сбалансированные по питательным компонентам удобрения и мелиоранты.

Основная идея технического осуществления предлагаемого способа заключается в том, что на основе двух или нескольких твердых промышленных отходов (фосфогипс) и жидких стоков переработки природного сырья (фосфатов, боратов и полигалита) получить новый полезный продукт в виде технических солей, удобрений, обогащенных микроэлементами (калий, магний, бор, марганец, кремний и др.).

При осуществлении этой технологии твердые отходы проявляют сорбционные свойства, т.е. являться неорганическим сорбентом. При протекании селективной сорбции тех или иных компонентов из сточной воды твердый отход регенерируется в полноценный вторичный продукт. Это может быть технической солью или удобрением, в зависимости от того, каков состав элюента. Кроме того, состав получаемых удобрений можно также варьировать, используя различные микродобавки или же изменяя состав первоначально используемого сорбента.

Выбор фосфогипса, борогипса и полигалита в качестве сорбента для извлечения фосфат и бора-ионов из сточных вод был обусловлен возможностью изоморфного замещения ионов одинакового заряда: *фосфат на сульфат-ионы* ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ), рассматриваемые ионы имеют близкие значения ионных радиусов ( $3,00 \cdot 10^{-10}$ ;  $2,95 \cdot 10^{-10}$  м), к тому же способных кристаллизоваться в одном и том же типе кристаллической решетки.

Как уже отмечалось, в задачу исследования входила разработка научных основ получения многосторонних мелиорантов, которые обладали бы комплексом свойств, т.е. наряду со свойствами мелиоранта ему были бы присущи свойства микроудобрения. В связи с этим для достижения поставленной цели исследования процесса сорбции фосфат-ионов на изучаемых сорбентах проводили с применением метода математического планирования эксперимента по типу композиционного плана 2-го порядка для четырех факторов.

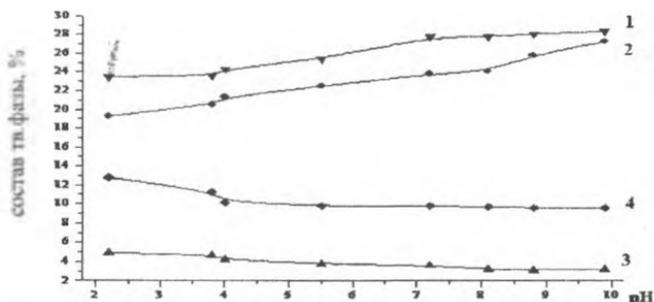


Рисунок 1 – Влияние изменения pH в сточной воде на содержание основных компонентов в мелиоранте  
1- CaO; 2- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 3-MgO; 4-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Технологическая последовательность в процессе укрупнения лабораторных испытаний способа получения CaMgPB-содержащих мелиорантов из промышленных отходов осуществлялась в следующем порядке: смесь твердых отходов и некондиционных руд (фосфогипс, борогипс, полигалит) растирали и перемешивали до однородного состояния при соотношении ФГ:БГ или ФГ:ПС=1:1, затем загружали в реактор. В реактор одновременно подавали фосфорсодержащую сточную воду и маточные борсодержащие растворы с определенным значением pH раствора. Температура процесса оставалась комнатной, соотношение Т:Ж поддерживалось равным 1:300. Технология получения из промышленных отходов химического мелиоранта разработана с учетом многократного использования фосфорсодержащей сточной воды и маточных борсодержащих растворов с определенным значением pH жидкой фазы. Влияние изменения pH в сточной воде на содержание основных компонентов в мелиоранте приведено на рисунке 1.

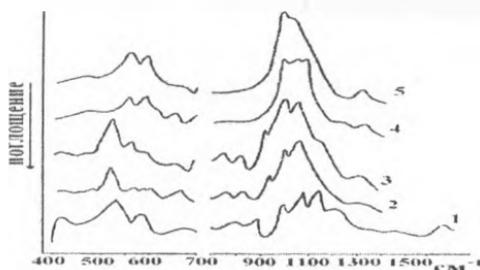


Рисунок 2 – ИК-спектры поглощения CaMgPB-содержащих мелиорантов, сорбент ФГ: БГ в зависимости от pH раствора  
1 - CaHPO<sub>4</sub>; 2 - pH = 5,0; 3 - pH = 7,0; 4 - pH = 8,5; 5 - pH = 8,9

Далее проведено тщательное изучение составов полученных твердых фаз CaMgPB-содержащих мелиорантов. Современными инструментальными методами (ИКС, РФА и ДТА) проанализированы ИК-спектры твердых фаз полученных мелиорантов при изменении в пределах pH = 2,0- 4,4 (рисунок 2). Установлено, что в твердую

фазу извлекается, в основном, дикальцийфосфат ( $\text{CaHPO}_4$ ), возможны примеси других фосфатов и боратов [ $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ ,  $\text{MgHPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ]. Показано, что сорбция боратионов протекает наиболее полно и степень извлечения достаточно высокая. Присутствие боратов в области кислых растворов подтверждается обилием частот поглощения в спектрах при длинах поглощения 400-700  $\text{cm}^{-1}$ . В исследованном ИК-спектре интенсивные полосы в области 1388-1440  $\text{cm}^{-1}$  отнесены трех- и четырехкоординированному бору, которые перекрываются характерными линиями поглощения двухзамещенного фосфата. Таким образом, полученные результаты по физико-химическому анализу твердых фаз мелиорантов свидетельствуют о содержании в нем следующих соединений:  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$  и  $\text{CaSO}_4$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tanasheva, M.R. Recycling of boron and phosphorus containing wastes into Fertilizers is one of best ways of protection of environment / M.R. Tanasheva, Zh.R. Toregozhina, A.T. Omarov // Избр. тр. межд. симпозиума, посвященного 100-летию со дня рождения академика А.Б.Бектурова. – Алматы, 2001. – С. 306–313.
2. Tanasheva, M.R. The problems of phosphorus and boroncontaining industrial waste water utilization" "International earth sciences colloquium on the Aegean region Izmir – Turkey 25 – 29 September 2000. - P.129-134 .
3. Танашева, М.Р. Химико-экологические и эколого-экономические проблемы очистки промышленных сточных вод от бора / М.Р.Танашева, Ж.Р.Торегожина, Л.К.Бейсембасва, А.Т.Омаров // Наука и техника Казахстана. Научный журнал Павлодарского гос. университета имени С. Торайгырова. – 2006. – № 3. – С. 95–97.

УДК 667.636.25

Тур Э.А.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### ЭКОЛОГИЧНАЯ ФАСАДНАЯ КРАСКА НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛЁНКООБРАЗОВАТЕЛЯ

Novell water-borne paint based on mixture of film-formers was elaborated by the author. The paint exhibit appropriate properties for mineral surfaces.

Традиционно для фасадов городских зданий применяется облицовка различными искусственными каменными материалами: штукатурками различного состава, декоративными штукатурками, в том числе с крошкой натурального камня, цементными и керамическими плитками, облицовочным кирпичом. Такие поверхности окрашивают различными красками, как неорганическими, так и на основе полимерных связующих различной природы.

Водяные пары и вода в виде атмосферных осадков являются основными факторами, приводящими к разрушению покрытий. Капельно-жидкая влага поступает внутрь конструкции в основном при выпадении атмосферных осадков, а также через цоколь и кровлю здания при недостаточной гидроизоляции и нарушении действующей системы водостоков.

Водяной пар в помещениях имеет биогенное происхождение, либо образуется при работе бытового и промышленного оборудования; он проникает внутрь стен, где может конденсироваться в холодное время года. Повышенная влажность стен увеличивает потери тепла зимой, способствует росту грибов и плесени. Циклическое замерзание воды в капиллярах искусственного каменного материала приводит к снижению прочности и образованию трещин. Уровень влажности необходимо учитывать при определении сроков проведения окраски фасадов как в новом строительстве, так и при капитальном ремонте зданий и сооружений, когда производится замена кровли, штукатурки, и при восстановлении утрат каменной кладки.

Как следствие, одним из основных требований к покрытиям является достаточная проницаемость для паров воды. Вместе с тем, фасадное покрытие должно предотвращать попадание влаги внутрь при атмосферных осадках, то есть обладать гидрофобными свойствами [1].

Солнечное излучение вызывает фотохимическое старение лакокрасочного покрытия (ЛКП), проявляющееся в изменении его цвета и мелении. Нагрев фасада здания за счёт солнечного излучения интенсифицирует испарение воды из конструкции, значительно увеличивая нагрузку на ЛКП.

В настоящее время при разработке рецептур высококачественных фасадных красок применяют наиболее светостойкие, в основном природные и синтетические неорганические пигменты.

Пыль, грязь, жировые загрязнения, кислотные дожди разрушают подложку и создают условия для развития микроорганизмов в трещинах и на поверхности фасадов, что приводит к биоповреждению конструкции. Качественная фасадная краска должна содержать сбалансированный комплекс биоцидов, обеспечивающий длительную стойкость ЛКП. Использование современных плёнообразующих веществ препятствует размягчению покрытия при повышении температуры, снижая, таким образом, удорожание загрязнений на поверхности фасадов.

Немаловажно, чтобы фасадная краска образывала ЛКП с достаточной твёрдостью и стойкостью к истиранию, так как эти показатели указывают на способность покрытия противостоять ветровой эрозии.

Традиционные водно-дисперсионные краски для наружных работ отличаются друг от друга содержанием плёнообразователя и объёмной концентрацией пигмента (ОКП). Композиции с низким ОКП и высоким содержанием плёнообразователя обладают хорошей водостойкостью, но низкой паропроницаемостью, так как сформированное покрытие является недостаточно пористым. Составы с высоким ОКП и низким содержанием плёнообразователя имеют достаточную паропроницаемость, но водопоглощение ЛКП на их основе слишком высокое [2].

Интерес представляла разработка рецептуры водно-дисперсионной краски на основе комбинированного плёнообразователя: 50%-ной стиролакриловой дисперсии анионного типа, полученной методом эмульсионной сополимеризации стирола и метилметакрилата и силиконовой эмульсии. В качестве наполнителей были выбраны природный карбонат кальция (мраморный порошок) различного фракционного состава и микротальк для повышения укрывистости ЛКП, в качестве пигмента – диоксид титана рутильной формы, полученный хлоридным методом. Диоксид титана этой марки отличается повышенной белизной благодаря поверхностной обработке оксидами алюминия и кремния, а также высокой устойчивостью к фотоокислительной деградации. Рецептура содержит комплекс функциональных добавок: диспергатор,

агент реологии, коалесцент, тарный консервант, альгицид, обеспечивающий биозащиту ЛКП, пеногаситель и деаэратор (для удаления пены в массе краски). pH композиции регулировали аммиаком водным техническим 25%-ной концентрации. Для получения покрытия с эффектом скатывания капель (эффект «лотоса») в композицию включена гидрофобизирующая добавка. ОКП разработанного состава равно 75%. Рецептура разработанной экологичной фасадной краски приведена в таблице 1.

Испытания краски и отверждённого ЛКП проводили по известным методикам [3].

Степень перетира определяли по прибору «Клин». Твёрдость плёнки испытывали прибором У-1, адгезию к бетонному основанию – методом отрыва.

Дополнительно определяли водопоглощение покрытий, нанесённых на инертные стеклянные подложки. Толщина наносимого «мокрого» слоя составила 150-200 мкм. Пластинки с краской помещали в эксикатор с дистиллированной водой и выдерживали при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 24 ч. Пластинки были полностью погружены в воду, поверхности с краской не касались друг друга и стенок эксикатора. После извлечения из воды пластинки осушали фильтровальной бумагой и взвешивали с точностью до 0,001 г. Водопоглощение (W) в процентах рассчитывали по формуле:

$$W = (m_2 - m_1) 100 / (m_1 - m_0),$$

где  $m_0$  - масса чистой пластинки, г;

$m_1$  - масса пластинки с краской до испытания, г;

$m_2$  - масса пластинки с краской после испытания, г.

За результат принимали среднее арифметическое пяти параллельных измерений, округлённых до 0,1 г. Допускаемое расхождение между измерениями не превышало 10 % относительно среднего результата.

Таблица 1 – Рецептура экологичной фасадной краски

Наименование компонента	Содержание, масс. %
Вода	23,0
Полифосфат натрия (умягчитель воды)	0,2
Гидроксиметилцеллюлоза (агент реологии, загуститель)	0,3
Диспергатор	0,4
Пеногаситель на основе силикона	0,2
Коалесцент (бутилдигликольацетат)	0,7
Тарный консервант	0,2
Альгицид (биозащита плёнки)	0,2
Регулятор pH (аммиак водный технический)	0,05
Деаэратор	0,3
Гидрофобизатор	1,30
Силиконовая эмульсия	7,0
Стиролакриловая дисперсия	12,0
Полиуретановый загуститель	0,15
Диоксид титана	12,0
Микротальк ( $\varnothing$ ср. = 2 мкм)	6,0
Микрораморный порошок ( $\varnothing$ ср. = 5 мкм)	20,0
Микрораморный порошок ( $\varnothing$ ср. = 1,8-1,5 мкм)	16,0
$\Sigma$	100

Паропроницаемость оценивали методом, основанным на определении количества водяных паров, прошедших в течение суток через  $1 \text{ см}^2$  поверхности свободной плёнки при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Ускоренные климатические испытания проводили в БелНИИСе (г.Минск) по методу, имитирующему воздействие на ЛКП совокупности климатических факторов умеренного климата (переменное циклическое действие УФ-излучения, орошение водой, замораживание-оттаивание). Исследуемые покрытия наносили на цементно-песчаные подложки в два слоя, предварительно загрунтовав поверхность акриловой дисперсией, разбавленной питьевой водой в соотношении 1:7. Толщина высохшего ЛКП составляла 70-80 мкм.

Результаты испытаний ЛКП приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний ЛКМ

№	Наименование показателя	Фактическое значение показателя
1	Внешний вид плёнки	Ровная и однородная матовая поверхность
2	Массовая доля нелетучих веществ, %	62,1
3	Укрывистость высушенной плёнки, г/м <sup>2</sup>	170
4	pH	9,0
5	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2)°С, мин	40
6	Степень перетира, мкм	40
7	Стойкость покрытия к статическому воздействию воды, ч	более 72
8	Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения) после 168 ч облучения, %	1,1
9	Смываемость плёнки (устойчивость к мокрому истиранию), г/м <sup>2</sup>	0,96
10	Морозостойкость покрытия, циклы	Более 50
11	Адгезия покрытия к основанию (бетон), МПа	2,4
12	Стойкость покрытия к воздействию климатических факторов, циклы	100
13	Твердость пленки по прибору У-1, усл.ед	0,21
14	Коэффициент паропроницаемости, мг/м ч·Па	0,01 (норма не менее 0,005)
15	Водопоглощение через 24 ч, %	0,25

Испытания показали, что разработанная экологичная фасадная краска на основе комбинированного плёнкообразователя имеет высокую паропроницаемость и низкое водопоглощение, что свидетельствует о формировании «дышащего» ЛКП с высокой гидрофобностью. Сочетание таких характеристик и обуславливает высокую атмосферостойкость покрытия – 100 циклов, что составляет 10 условных лет эксплуатации в умеренном климате, причём адгезия после испытаний  $A_{100} = 0,9 A_0$ . Высокую укрывистость краски обеспечивает сочетание наполнителей (молотый мрамор и микро-тальк) и пигмента с различной формой частиц. Благодаря комбинированному плёнкообразователю достигается высокая светостойкость ЛКП.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
3. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988.-272 с.

УДК 667.637.222:625.75

Тур Э.А., Станчук В.В., Чечун О.А.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## **ЭКОЛОГИЧНЫЙ ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Environmental-friendly material for road-marking with anti-sliding properties was obtained by the author. Properties were examined in site.

В последние годы в связи со значительным увеличением числа легковых и грузовых автомобилей на дорогах Республики Беларусь возросла роль технических средств, обеспечивающих организацию дорожного движения. Разметка проезжей части автомобильных дорог как средство упорядочения движения транспортных потоков, позволяющее без больших финансовых затрат увеличить скорость движения автомобилей и пропускную способность дороги, а также более чем на 20% уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий, стала необходимой и привычной частью дизайна автомобильных дорог.

Для получения высококачественной, долговечной разметки необходимо соблюдение двух основных условий: использование высококачественных материалов; качественное выполнение работ по нанесению разметки на дорожное полотно.

Эффективность работы разметки определяется ее хорошей видимостью в любое время суток, в любую погоду, независимо от времени года, а также обеспечением необходимого сцепления с колесом автомобиля. Функциональная долговечность - это нормируемое состояние разметки в течение всего срока эксплуатации, который, по зарубежным стандартам, должен быть не менее одного года, а по стандарту Республики Беларусь - не менее 6 месяцев для краски и не менее двух лет - для пластиков горячего и холодного нанесения.

Долговечность разметки определяется свойствами материала, из которого она выполнена. Для нанесения разметки применяют различные материалы: специальные краски, термопластики, спрейпластики, термопластичные ленты, холодные пластики. В отдельных специальных случаях применяют также керамическую брусчатку, фарфоровую крошку, штучные формы из белого полимербетона, разметочные блоки и плиты, металлические кнопки и катафоты. Однако наибольшую долю в отношении объема применения составляют краски и термопластики.

Маркировочные материалы различаются не только по химическому составу, но и по технологии нанесения и продолжительности службы разметки. Но именно химический состав определяет как технологию нанесения, так и долговечность разметки. Современные маркировочные материалы являются высоконаполненными системами. По Европейскому стандарту, нормативом показателя «массовая доля нелетучих веществ» является величина не менее 75 % для красок, не менее 97 % для пластиков, причем эти нормативы устанавливаются в разделе «Экологические требования», ограничивая выброс растворителей и других легко летучих органических веществ в атмосферу и одновременно решая вопросы качества материалов [1]. По технологии нанесения маркировочные материалы делятся на две группы. Первая группа - это материалы, которые используют для нанесения разметки в холодном состоянии при температуре окружающего воздуха - к ним относятся краски на органических растворителях, водно-дисперсионные краски и холодные пластики. Вторая группа - это материалы, которые наносят на покрытие

автодороги горячим способом, разогретые до температуры 180-220°C - к ним относятся термопластики, спрейпластики, а также термопластичные ленты, приклеиваемые горячим способом к асфальту. Температура воздуха и покрытия при нанесении разметки этими материалами должна быть в интервале 5-35°C [2].

Авторами был разработан и испытан в лабораторных и натуральных условиях экологичный материал химического отверждения для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Он предназначен для создания цветных противоскользящих покрытий с повышенной шероховатостью (разметки больших площадей асфальтобетона, устройства покрытий специального назначения; разметки остановок общественного транспорта, велосипедных дорожек, периметров перекрёстков, приближения к пешеходным переходам и аварийно-опасным участкам, детских площадок, спортивных площадок, прогулочных дорожек рядом с медицинскими учреждениями, санаториями, детскими садами, школами).

Комплексное композиционное покрытие состоит из трёх слоёв: нижний и верхний из пластика химического отверждения, промжуточный – из минерального наполнителя. В качестве минерального наполнителя использовали бокситную крошку фракционного состава 5-20 мм. Исследовали также двухслойное комплексное покрытие: нижний слой из пластика, верхний - из окрашенной бокситной крошки. Отверждение производили дибензоилпероксидом в количестве 1,5-2,0% от массы пластика в зависимости от температуры окружающего воздуха и подложки. Рецепт пластика приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт пластика экологичного противоскользящего пластика

Наименование компонента	Содержание, масс %
20%-ный раствор бутилметакрилового сополимера в смеси мономеров	40,0
Катализатор аминного типа (N,N-диметил-п-толуидин)	0,1
Стабилизатор неокрашивающий (2,4,6-три-трет-бутилфенол)	0,5
Диспергатор (раствор высокомолекулярного блок-сополимера, содержащего аминные группы, в ксилоле)	0,5
Агент реологии (раствор модифицированного карбамида в N-метилпирролидоне)	0,9
Пигмент (красный свинцово-молибдатный крон – изоморфная смесь хромата, сульфата и молибдата свинца)	5,0
Микрораморный наполнитель фракции 25 мкм	53,0

Пластик химического отверждения исследовали в лабораторных условиях на соответствие СТБ 1520 «Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог» стандартными методами [3]. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний пластика

Наименование показателя	Величина показателя
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,7
Время отверждения до степени 5 при температуре (20±2)°C	не более 25 мин
Массовая доля нелетучих веществ (с инициатором), %	98
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды и 3%-ного водного раствора хлорида натрия при t = (20±2)°C, ч	более 100
Стойкость покрытия к статическому воздействию насыщенного водного раствора хлорида натрия при t = (0±2)°C, ч	более 100
Адгезия к асфальтобетону, МПа: - до замораживания - оттаивания - после 10 циклов замораживания - оттаивания	более 0,5 более 0,4
Эластичность покрытия при изгибе, мм	16
Водонасыщение, % по объёму	0,4

Помимо этого, комплексное покрытие было нанесено ручным способом на несколько участков дорожного полотна для определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с противоскользящим материалом. Через 6 месяцев были произведены замеры при помощи прибора SRT. Прибор состоит из качающегося маятника, снабженного каучуковым башмаком на свободном конце, и воспроизводит поведение автомобиля, снабженного шинами с рифленным протектором, в момент, когда шины блокируются тормозом на скорости 50 км/ч на влажной дороге. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Коэффициент сцепления экологичного противоскользящего материала с условным колесом рассчитывали по формуле (должен быть не менее 0,75 по нормам Республики Беларусь):

$$K_c = \text{Кразм.} / \text{К асф.}$$

Согласно проведенным натурным испытаниям, величина коэффициента сцепления свежееуложенного противоскользящего пластика в среднем в 2 раза выше коэффициента сцепления асфальта. Известно, что повышение коэффициента сцепления в 3 раза приводит к сокращению тормозного пути в 2 раза на мокром покрытии [1]. Расстояние от начала торможения до полной остановки автомобиля (X) складывается из времени реакции водителя (ВР) и тормозного пути (ТП).

По данным Белавтодора, ВР=18 м; ТП=55 м при движении со скоростью 90 км/ч по мокрому асфальту, а

$$X_1 = \text{ВР} + \text{ТП} = 18 + 55 = 73 \text{ м.}$$

На противоскользящем покрытии ТП = 30 м, следовательно,

$$X_2 = \text{ВР} + \text{ТП} = 18 + 30 = 48 \text{ м.}$$

Таблица 3 – Коэффициент сцепления через 6 месяцев эксплуатации

Участок замеров	Двухслойное покрытие (пластик-крошка)	Трёхслойное покрытие (пластик-крошка-пластик)
Прямолинейный участок трассы перед поворотом с торможением (далее – поворот на 90° с уклоном вниз), крошку укатывали ручным катком		
Контрольный участок	2,01	2,16
Износенный участок	0,82	1,58
% износа через 6 месяцев	59,2	26,9
Участок трассы с уклоном вверх перед поворотом на 90°, крошку не укатывали		
Контрольный участок	1,52	2,34
Износенный участок	1,26	1,82
% износа через 6 месяцев	17,12	22,22

Таким образом, повышение коэффициента сцепления в 2 раза приведёт к сокращению тормозного пути в 1,34 раза на мокром покрытии.

На сложных участках, таких как повороты с радиусом менее 150 м, участки с уклонами, для обеспечения безопасности требуется более высокий показатель сопротивления скольжению. Это означает, что износ противоскользящего покрытия на таких участках будет выше, чем на иных участках, в том числе участках с уклоном вверх.

Экспериментальные данные подтверждают это утверждение. Так, на участке перед поворотом с уклоном вниз (прекрасный обзор, скорость транспортного средства, вероятно, высокая) износ 2-слойного противоскользящего материала составил 59,2 %, 3-слойного – 26,85 %, а на участке с уклоном вверх перед поворотом направо (справа лес, худший обзор, водитель заранее снижает скорость) износ 2-слойного материала составил 17,12 %, 3-слойного – 22,22 %. Таким образом, 2-слойный материал является менее износостойчивым на более сложном участке дороги, его износ в 2,2 раза выше, чем 3-слойного материала. Очевидно, что для получения большего коэффициента

сцепления следует использовать бокситную крошку более крупной фракции и провести дополнительные натурные испытания. Трёхслойный противоскользкий материал показал высокую износоустойчивость, достаточный коэффициент сцепления и хорошую видимость при различных погодных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
3. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988.-272 с.

УДК 667.636.25

**Халецкий В.А.<sup>1</sup>, Швядене С.И.<sup>2</sup>, Мажейкене А.Б.<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup> Вильнюсская коллегия, г. Вильнюс, Литовская республика.

<sup>3</sup> Вильнюсский технический университет имени Гедиминаса, г. Вильнюс, Литовская республика

#### **ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ С УМЕНЬШЕННОЙ ЭМИССИЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Most solvents used in paint industry are toxic and dangerous for environment. Appropriate alternative for their use in recipes of coatings is wide application of water-based paints. Limit concentrations of base solvents (white spirit, toluene, xylene) in the air, water and soil according Belarusian and Lithuanian law were compared in the article. Water-based paints with low emission of organic solvents for wood protection were proposed by the authors. The paints perform high exploitation properties.

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности человека в последние годы привело не только к экономическому процветанию ряда стран, но и имело свои негативные последствия, такие как быстрая деградация окружающей среды, накопление значительных объемов промышленных и твердых бытовых отходов, дисбаланс производства и потребления, изменение климата. В конечном итоге это привело к серьёзной обеспокоенности общества, к росту интереса к экологическим проблемам, одной из которых является широкая эмиссия загрязняющих химических веществ в атмосферу, природные воды, почву. Среди экотоксикантов заметную роль играют органические растворители и прежде всего уайт-спирит, толуол, ксилол. Данные вещества входят в состав большинства традиционных органорастворяемых лакокрасочных материалов (ЛКМ). Они обладают высокой токсичностью для человека, животных и растительных организмов, их пары являются парниковыми газами. Содержание уайт-спирита, толуола, ксилола нормируется в атмосферном воздухе, воде, почве, однако требования национальных законодательств в различных странах несколько отличаются. В таблице I приведены белорусские и литовские нормативы содержания данных органических растворителей в окружающей среде.

К сожалению, изъять из состава или заменить в рецептуре органоразбавляемых ЛКМ традиционные растворители на менее токсичные компоненты не представляется возможным в силу технических и экономических сложностей. Поэтому единственной возможностью является переориентация рынка на водно-дисперсионные лакокрасочные материалы (ВД ЛКМ). Они представляют собой жидкие или пастообразные пигментированные композиции, имеющие лакокрасочную среду в виде дисперсии органического пленкообразующего вещества в воде и образующие при нанесении на окрашиваемую поверхность непрозрачное покрытие. Впервые ВД ЛКМ для окраски древесины появились на рынке строительных материалов ещё в 1930-е гг., однако Вторая мировая война значительно отодвинула срок их широкого промышленного внедрения. Вторая волна интереса к таким материалам началась в 1990-е гг. и была обусловлена несколькими причинами. Во-первых, рост экологического сознания в обществе обусловил предпочтение потребителем тех материалов, воздействие которых на здоровье человека и на окружающую среду минимально. Во-вторых, успехи, достигнутые в технологии синтеза полимеров, и совершенствование метода эмульсионной полимеризации позволили получить плёнкообразователи, которые обладают очень высокими эксплуатационными характеристиками, что позволило ВД ЛКМ напрямую конкурировать с традиционными органоразбавляемыми материалами. Кроме того, экономическая либерализация в Республике Беларусь и Литовской Республике дала возможность небольшим локальным производителям выпускать широкий ассортимент продукции, включив в него и водные системы для окраски древесины [1-3].

*Таблица 1 – Экологические, токсикологические и гигиенические показатели некоторых органических растворителей согласно требованиям технических нормативных правовых актов Республики Беларусь и Литовской Республики*

Показатель		Растворитель			Литература
		Уайт-спирит	Толвол	Ксилол	
<b>Республика Беларусь</b>					
Класс опасности		4	3	3	4
Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м <sup>3</sup>	Макс.	1,0	0,6	0,2	4
	Среднесут.	0,4	0,3	0,1	4
	Среднегод.	0,2	0,1	0,02	4
Предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов, мг/см <sup>2</sup>		–	0,05	1,75	5
ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л		–	0,5	0,05	6
ПДК в питьевой воде, мг/л		–	0,5	0,05	7
ПДК в почве, мг/кг почвы		–	0,3	0,3	8
<b>Литовская Республика</b>					
ПДК в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м <sup>3</sup>		1,0	0,6	0,2	9
ПДК в воде водных объектов, не предназначенных для хозяйственного водопользования, мг/л		–	1,0	1,0	10
ПДК в воде водных объектов хозяйственного водопользования, мг/л		–	0,7	0,5	10
ПДК в местах забора воды для питьевого водоснабжения, мг/л		–	0,17	0,3	10

С вступлением в 2011 г. Республики Беларусь в таможенный союз (ТС) началась работа по унификации и гармонизации национального законодательства в области технического нормирования, в т.ч. и в области ЛКМ. Проект технического регламента ТС «О безопасности лакокрасочных материалов», внесённый в 2012 г. на внутригосударственное согласование, 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. Для материалов для окраски древесины содержание ЛОС с 2015 г должно быть менее 150 г/л для ВД ЛКМ и менее 400 г/л для органоразбавляемых ЛКМ. С 2018 г. эти показатели станут ещё жёстче, составив соответственно 130 г/л и 300 г/л [11].

Данные нормы стран ТС (Республики Беларусь, Казахстана, Российской Федерации) находятся 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, уже действующей в Литовской Республике [12].

Вместе с тем ужесточение экологических нормативов вызвало широкую дискуссию среди производителей и конечных потребителей ЛКМ для окраски древесины. В рамках экспертного опроса, подготовленного в 2009 г. по заказу Европейского совета производителей промышленных, типографских и художественных красок (СЕРЕ), отмечены две основные точки зрения. По мнению некоторых специалистов отрасли, водные системы всё еще не могут составить конкуренцию органоразбавляемым краскам по своей удобоносимости и декоративным свойствам получаемого покрытия [13, с. 38]. С другой стороны, отмечается, что качество ВД ЛКМ за последние годы выросло настолько, что переход на их использование не приведёт к ухудшению качества окраски древесины и не потребует значительных инвестиций в оборудование [13, с. 93].

Таблица 2 – Примерная рецептура ВД ЛКМ для окраски древесины

№	Наименование компонента	Содержание, масс. %
1.	Вода	3,04
2.	Пропиленгликоль	11,16
3.	Диоксид титана сульфатный	28,52
4.	Полимерный плёнкообразователь (50%-ная полиакрилатная водная дисперсия)	50,71
5.	Полиакриловый загуститель (реологическая добавка)	1,01
6.	Коалесцент (Dalpad Filmer™)	1,77
7.	40%-ный водный раствор полиакрилата натрия (диспергатор)	0,61
8.	Силиконовый пеногаситель	0,33
9.	Тарный консервант	0,41
10.	Воск полиэтиленовый, эмульсия	1,62
11.	Смачиватель подложки (Tego Wet 265™)	0,41
12.	Растекатель (Tego Glide 410™)	0,41

В связи с этим актуальным является производство ВД ЛКМ для окраски древесины с повышенными эксплуатационными характеристиками и с уменьшенным содержанием органических растворителей. Была разработана и апробирована рецептура водно-дисперсионного состава для окрашивания деревянных изделий (таблица 2).

Изготовление пробных замесов краски осуществлялось с помощью лабораторного диссольвера в полимерной ёмкости в одну стадию. Расчётная объёмная концентрация пигмента (ОКП) в краске составляет 22,2%.

В рецептуре в качестве белого пигмента использован диоксид титана, полученный по хлоридному методу (Ti-Pure R 706<sup>TM</sup>, Du Pont). Поверхность частиц пигмента обработана оксидами кремния и алюминия, вследствие чего он обладает устойчивостью к фотодеструкции, а также отличается высокой белизной. Медианный размер частиц пигмента составляет 0,36 мкм.

При выборе полимерного плёнкообразователя учитывались следующие факторы. Во-первых, низкая остаточная липкость покрытия после высыхания (антиблокинг). Во-вторых, эластичность и возможность получения шелковистого покрытия. В-третьих, наличие специальных промоторов адгезии дисперсии к старым алкидным покрытиям.

Таблица 3 - Характеристика разработанной ВД ЛКМ для окраски древесины

№	Наименование показателя	Метод испытания	Фактическое значение
1.	Внешний вид покрытия	ГОСТ 28196	Ровная и однородная матовая поверхность
2.	Массовая доля нелетучих веществ, %	ГОСТ 17537	58,5
3.	Водородный показатель, pH	ГОСТ 28196	7,2
4.	Укрывистость высушенной пленки, г/м <sup>2</sup>	ГОСТ 8784	110
5.	Степень перетира, мкм	ГОСТ 6589	25
6.	Стойкость покрытия к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С, ч	ГОСТ 9.403	60
7.	Эластичность пленки при изгибе, мм, не более	ГОСТ 6808	2
8.	Адгезия покрытия к основанию (дерево), МПа, не менее	ГОСТ 27325	1
9.	Твердость пленки по маятниковому прибору МЭ-3, условные единицы, не менее	ГОСТ 5233	0,20
10.	Устойчивость покрытия к воздействию переменных температур, циклов, не менее	ГОСТ 27037	10
11.	Вязкость краски по Брукфилду, 20 об/мин, сП		5200
12.	Вязкость краски по ICI, 750 об/мин, сП		52
13.	Укрывистость оптическая, %		95.82
14.	Цвет в координатах Lab		L 96.11 a +0,08 b -0,66

Было проведено исследование полученной ВД ЛКМ, причём была исследована как сама краска, так и покрытие на её основе. Методики испытаний соответствовали действующим в лакокрасочной отрасли техническим нормативным правовым актам. Вязкость по Брукфилду определялась на 20 об/мин при 20°С с помощью шпинделя №05 на ротационном вискозиметре модели RVDV-E, производства Brookfield Engineering Inc. Вязкость по ICI определялась на 750 об/мин при 23°С на вискозиметре типа «конус-плита», модели CPD 2000 DILT производства Research Equipment London. Укрывистость, а также цветовые координаты покрытия определялись на спектрофотометре X-Rite SP 62. В качестве подложки для определения оптических характеристик были использованы стандартные шахматные доски Leneta Charts 10B. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Разработанная краска для древесины полностью соответствует действующим в отрасли техническим нормативным правовым актам. Высокие потребительские свойства краски были подтверждены применением её на реальных объектах. Мониторинг покрытий в течение эксплуатации показывает, что при условии полного соблюдения технологии нанесения лакокрасочный слой имеет высокую адгезию к основанию, не растрескивается, в полной мере сохраняются высокие декоративные качества материала.

Безусловно, переход от органорастворяемых ЛКМ для окраски древесины к водно-дисперсионным требует от производителей и потребителей большой подготовительной работы. К сожалению, стоимость качественных ВД ЛКМ для окраски древесины превосходит стоимость традиционных алкидных систем эконом-класса. Значительно отличается и технология промышленного нанесения таких покрытий [14, с. 206]. Однако нужно понимать, что единственной альтернативой перехода на водные экологически-полноценные лакокрасочные материалы является дальнейшее загрязнение окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Халецкий, В.А. Водно-дисперсионные системы для окрашивания древесины / В.А. Халецкий // *Белорусский строительный рынок*. – 2005. – № 5. – С. 17–18.
2. Schwarz, M. Waterbased Acrylates for Decorative Coatings / M. Schwarz, R. Baumstark. – Hannover: Vincentz Verlag, 2001. – 282 p.
3. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест.: ГН 2.1.6.12-46-2005 – Введ. 01.05.2006 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2006. – 190 с.
5. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы – Введ. 01.07.2009 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2009. – 146 с.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.10-21-2003 – Введ. 01.04.2005 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2004. – 59 с.
7. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 10-124 РБ 99. – Введ. 01.01.2000 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2002. – 108 с.
8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.12-1-2004 – Введ. 06.10.2004 – Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2006. – 26 с.
9. Teršalų kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal nacionalinius kriterijus, sąrašas ir ribines aplinkos oro užterštumo vertes. – 2007-06-11 Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro: įsakymas Nr. D1-329/V-469. – Vilnius: Aplinkos ir sveikatos apsaugos ministerija, 2007. – 12 p. Valstybes žinios. 2007. – Nr. 67-2627.

10. Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai. LAND 9-2009. – 2009-11-17. – Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas Nr. D1–694. – Vilnius: Aplinkos ministerija, 2009. – 20 p. Valstybes žinios. 2009, Nr. 140–6174.

11. 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: 15.03.2012.

12. 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.

13. Implementation and review of Directive 2004/42/EC (European Directive limiting the VOC content in certain products – current scope: decorative paints and varnishes, vehicle refinishing products). – Final report (2 Parts). – Part 2: Annexes 26-59. – 10.11.2009. – Hamburg: Ökopol GmbH: Institute for Environmental Strategies, 2009. – 303 p.

14. Прието, Дж. Древесина. Обработка и декоративная отделка / Дж. Прието, Ю. Кине; пер. с нем. М.В. Поляковой. – М.: Пэйнт-Медиа, 2008. – 392 с.

УДК 691.544: 666

Цымбалюк В.Н., Ступень Н.С.

УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г.Брест

## **ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ В СУЛЬФАТНО-ГИДРОКАРБОНАТНЫХ СРЕДАХ**

The joint influence of hydrocarbonate and chloride ions on the processes of sulphate-corrosion of a cement clinker was studied. The decrease of speed and intensity of sulphate corrosion in the presence of both  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{Cl}^-$  was revealed.

Изучение системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$  имеет большое практическое значение, так как физико-химические процессы, происходящие в данной системе, соответствующие процессам твердения цемента.

В сульфатных, а также смешанных сульфатно-гидрокарбонатных средах существенным образом изменяется фазовый и минералогический состав системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$  [1]. Сложные физико-химические процессы отражают процессы сульфатной коррозии цементов и бетонов в природных грунтовых водах.

По химическому составу можно выделить следующие главные группы грунтовых вод: сульфатно-натриевая (или калиевая), гидрокарбонатно-натриевая (или калиевая), сульфатно-кальциевая, гидрокарбонатно-кальциевая [2]. Количество ионов кальция в грунтовых водах очень часто меньше суммарного содержания ионов калия и натрия.

Хлориды являются распространенным компонентом поверхностных и грунтовых вод. Поэтому при исследовании эффекта снижения сульфатной агрессивности в присутствии гидрокарбонат-ионов необходимо было установить влияние на этот процесс хлорид-ионов.

Некоторые авторы считают, что NaCl является сильноагрессивным фактором [2], в то время другие считают, что в присутствии хлоридов скорость сульфатной коррозии может значительно замедляться [3].

Целесообразно изучить влияние иона  $Cl^-$  на скорость сульфатной коррозии цементного камня при соотношении концентраций  $SO_4^{2-}$  и  $Cl^-$  1:2.

Необходимо было установить совместное влияние гидрокарбонатов и хлоридов на процесс выщелачивания гидроксида кальция и накопления сульфатных ионов в испытываемых образцах.

Ранее были установлены закономерности изменения фазового и минералогического состава в системе  $CaO-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$  под действием сульфат ионов, а также под влиянием совместного действия сульфат и гидрокарбонат ионов [1].

Дальнейшие исследования посвящены выявлению влияния наличия и концентрации хлорид-ионов на процессы сульфатной коррозии в сульфатно-гидрокарбонатной среде.

Для исследования процессов коррозии использовали цемент ОАО «Красносельскстройматериалы» марки 500. Его химический состав следующий (в % по массе):

$SiO_2$  – 21,44%;  $Al_2O_3$  – 4,87%;  $Fe_2O_3$  – 4,89%; CaO – 64,70%; MgO – 1,67%;  $SO_3$  – 2,25%.

Минералогический состав цементного клинкера следующий (в % по массе):

$C_3S$  – 63 % – алит –  $3CaO \cdot SiO_2$  – трехкальциевый силикат;

$C_2S$  – 16% – белит –  $2CaO \cdot SiO_2$  – двухкальциевый силикат;

$C_3A$  – 3 % – целит –  $3CaO \cdot Al_2O_3$  – трехкальциевый алюминат;

$C_4AF$  – 17% – целит –  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$  – четырехкальциевый алюмоферрит.

Исследования проводили на образцах цементного камня ( $v/c = 0,4$ ) – кубиках  $2 \times 2 \times 2$  см. Размеры образцов приняты из соображений возможности в короткие сроки получить исследуемые зависимости. Образцы твердели в одинаковых условиях. После распалубки (через сутки) образцы твердели 28 суток в дистиллированной воде.

Для моделирования агрессивной среды, близкой к грунтовым водам, использовали сульфат натрия, хлорид натрия, гидрокарбонат натрия, сульфат кальция, гидрокарбонат кальция. Концентрации растворов сульфатов (в пересчете на ион  $SO_4$ ) – 1,5 г/л, 12 г/л, 20 г/л приняты для ускоренного получения исследуемых зависимостей. Концентрации растворов по иону  $HCO_3^-$  (0,0854 г/л, 0,1708 г/л, 0,3416 г/л, 0,5124 г/л) приняты как наиболее характерные для грунтовых вод на территории Белоруссии. Соотношение концентраций ионов  $SO_4^{2-}$  и  $Cl^-$  принималось как 1:2.

В исследованиях использовали кинетический метод, который основан на определении количества поглощенных ионов  $SO_4^{2-}$  исследуемых образцов из приготовленного агрессивного раствора.

Необходимо было установить совместное действие гидрокарбонатов и хлоридов на процесс выщелачивания гидроксида кальция и накопления сульфатных ионов в испытываемых образцах.

В условиях эксперимента в образцах развиваются процессы коррозии I и III видов. К первому виду могут быть отнесены все процессы коррозии, которые возникают в бетоне при действии жидких сред (водных растворов), способных растворять компоненты цементного камня. Составные части цементного камня растворяются и выносятся из структуры бетона. Особенно интенсивно эти процессы могут протекать при фильтрации воды через толщу бетона. Если в воде содержатся соли, не реагирующие непосредственно с составными частями цементного камня, они могут повысить растворимость гидратированных минералов цементного камня вследствие повышения ионной силы раствора.

Третий вид коррозии включает процессы, при развитии которых происходят накопление и кристаллизация малорастворимых продуктов реакции с увеличением объёма твёрдой фазы или веществ, способных при фазовых переходах, полимеризации и тому подобных процессах увеличивать объём твёрдой фазы в порах бетона. Кристаллизация и другие вторичные процессы, развивающиеся в бетоне, создают внутренние напряжения, которые могут привести к повреждению структуры. К этому виду коррозии относится коррозия при действии сульфатов. Разрушение в этом случае происходит из-за роста кристаллов гидросульфатоалюмината кальция, кристаллизации солей при наличии испаряющей поверхности для конструкций, частично погружённых в раствор соли, полимеризации мономера с увеличением объёма и т.д.

Экспериментальные данные показали, что количество СаО в растворе хлорида натрия по сравнению с таковым в отсутствии хлорид-ионов увеличивается примерно в 1,5 раза, о чем свидетельствуют данные таблиц 1 и 2.

Таблица 1 – Количество растворённого СаО в зависимости от концентрации иона  $SO_4^{2-}$  г/л.

Содержание СаО в цементе, %		Количество растворённого СаО (%) от первоначального содержания в растворе $Na_2SO_4$ различной концентрации, г/л.				
		0	1,5	5	12	20
64,70	60 суток	1,82	1,33	2,58	2,71	4,36
64,70	150 суток	1,99	1,72	3,04	3,63	4,95

Таблица 2 – Количество растворённого СаО в зависимости от концентрации иона  $SO_4^{2-}$  (г/л) в присутствии NaCl

Содержание СаО в цементе, %		Количество растворённого СаО (%) от первоначального содержания в растворе $Na_2SO_4$ различной концентрации, г/л.				
		0	1,5	5	12	20
64,70	60 суток	2,75	2,00	3,85	4,10	6,52
64,70	150 суток	2,97	2,58	4,55	5,42	7,44

Интенсивность растворения СаО наибольшая на начальных этапах, а затем процесс замедляется.

В таблице 3 представлены данные, характеризующие количество поглощенных ионов  $SO_4^{2-}$  образцами цементного камня в присутствии ионов  $HCO_3^-$  и при одновременном присутствии в растворе ионов  $HCO_3^-$  и  $Cl^-$ .

Таблица 3 – Общее количество  $SO_3$ , поглощённое образцами цементного камня за период коррозионных испытаний 150 дней в присутствии NaCl

Концентрация раствора по иону		Общее количество $SO_3$ , % в виде		
$SO_4^{2-}$ г/л	$HCO_3^-$ мг-экв/л	$SO_3$	Этtringита	Гипса
20	0	2,25	0,88	0,55
20	2,8	1,45	0,75	0,26
20	5,6	1,20	0,45	0,20
12	0	1,10	0,35	0,10
12	2,8	0,88	0,32	0,85
12	5,6	0,84	0,35	0,06
5	0	1,25	0,72	0,02
5	2,8	1,22	0,61	0,06
5	5,6	1,00	0,64	0,02

Установлено, что накопление  $\text{SO}_3$  в образцах цементного раствора с введением в сульфатный раствор бикарбонатной щёлочности 2,8 мг-экв/л уменьшается в 1,5–2,0 раза, а при концентрации иона  $\text{HCO}_3^-$  5,6 мг-экв/л в 2–3 раза по сравнению с накоплением  $\text{SO}_3$  в образцах в сульфатном растворе. В растворах, содержащих одновременно гидрокарбонатные и хлоридные ионы (соотношение концентраций соответственно 1:2) наблюдается снижение скорости поглощения сульфатных ионов примерно в 2,5 раза по сравнению с накоплением  $\text{SO}_3$  в сульфатно-гидрокарбонатном растворе.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при содержании в сульфатном растворе одновременно гидрокарбонатных и хлоридных ионов образование гидросульфатоалюмината кальция в трёхсульфатной форме значительно замедляется.

Уменьшение содержания трёхсульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция должно уменьшить коррозионное действие сульфатного раствора, так как объём новообразований сульфатсодержащих фаз – гипса и моносульфата не вызывает больших растягивающих напряжений в цементном камне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. Волянчук // *Вестник Брэсцкага ун-та.* – 2003. – № 2. – С. 55–61.
2. Питьева, К.Е. Гидрохимия / К.Е. Питьева – М.: Наука, 1971. – 256 с.
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 614.8+504.061.2:502.171

**Шведовский П.В., Лукша В.В., Шведовская Д.В.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОБЛЕМ В ЭКОСИСТЕМАХ

Features of the probability forecast of occurrence of technogenic problems in ecological systems on the basis of mathematical forecasting models of probability are considered. Variation principles with working out of methods of construction of extreme laws of distribution of parameters of ecological systems in the conditions of the limited information on tendencies of development nature protection technologies are used.

За последнее десятилетие значительно возросло количество региональных техногенных проблем в экосистемах, обуславливающих динамическое изменение общеэкологической ситуации и, соответственно, рост глобальных проблем. Чрезвычайная сложность формирования экологических процессов и оценки эффективности природоохранных и природовосстановительных технологий обуславливается, во-первых, неопределенностью как внутренних факторов (сложность структур экологических и экологоэкономических систем, неадекватность передачи информации с одного уровня ис-

рархической структуры на другой и т.д.), так и внешних (ограниченность существования стационарных геосистем, незнанием и, соответственно, и не учетом всего комплекса внешних воздействий на экосистему), а во-вторых – неопределенностью, вызванной разнообразием природоохранных технологий и условий существования экосистем.

Поэтому прогноз значимых качественных изменений в структуре экосистем относится к группе достаточно сложных практических задач.

Высокая цена ошибочных решений при прогнозировании экологических процессов обуславливает необходимость обращения к методологии системно-информационного анализа сложных процессов и систем и базирования исследований не на классических моделях, а на моделях, сформированных на рандомизации параметров закона Пуассона или использующих аппарат производящих функций, принцип неопределенности и лагранжевые вероятностные распределения [1].

Системно-информационный анализ, особенно региональных экологических проблем, обуславливает необходимость учета фактора неопределенности и стохастичности как объективных свойств условий, сопутствующих всему процессу развития экосистем.

Отсюда построение математических моделей требует использования вариационных принципов с разработкой методов построения экстремальных законов распределения параметров экосистем в условиях ограниченной информации по тенденциям развития природоохранных, природовосстановительных, ресурсосберегающих и эргономических технологий как высшего, так и низшего порядков.

И если, в целом, задача определения вероятности пребывания экосистем в начальном (естественном) состоянии за прогнозируемый период решена [2], то не менее существенная проблема определения вероятности того, что система, находящаяся в данный момент в состоянии  $i$ , после очередного перехода окажется в состоянии  $j$ .

Переходные вероятности  $P_{ij}$  в совокупности составляют квадратную матрицу  $\Pi = \|P_{ij}\|$ , ( $i, j = 1, 2, \dots$ ) вида (1), для которой  $0 < P_{ij} \leq 1$ .

$$\Pi = \|P_{ij}\| = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1k} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{k1} & P_{k2} & \dots & P_{kj} & \dots & P_{kk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Так как система обязательно должна попасть в некоторое и только одно состояние после очередного перехода, то  $\sum_{j=1}^k P_{ij} = 1 (i = 1, \dots, k)$ .

Для однородной (по времени) марковской цепи вероятности перехода от шага к шагу не меняются и однозначно могут быть заданы матрицей  $\Pi = \|P_{ij}\|$ .

По формуле полной вероятности для простых цепей Маркова имеем

$$P_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n P_{ij}(k-1)P_{ij}^{(k)} (i = 1, \dots, n), \quad (2)$$

где  $P_i^{(k)} = P(S_i^{(k)} / S_i^{(k-1)})$  – условная вероятность перехода системы из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$  на каждом шаге.

В случае, когда отсутствует количественная информация о значениях  $P_{ij}$  матрицы целесообразно при ее формировании использовать оценки Фишборна и их модификации. Рассмотрим это на примере. Экосистема  $S$  в каждый момент времени может находиться в одном из  $K$  возможных состояний  $S_1, S_2, \dots, S_k$  со следующим порядком предпочтения:  $S_1 > S_2 > \dots > S_k$ .

Это отношение означает, что нахождение системы  $S$  в первом состоянии после очередного шага наиболее вероятно, чем во втором и т.д. Другой информации о вероятности нахождения системы в каждом из состояний не имеется (информационная ситуация характеризуется неопределенностью).

Воспользуемся информационным подходом, при котором вводится в рассмотрение так называемая функция неопределенности вида

$$H = [\Pi_1(0)] [\Pi_2(0)] \dots [\Pi_k(0)] = \prod_{i=1}^k [\Pi_i(0)]^{k-i+1}. \quad (3)$$

Эта функция (мера неопределенности) является функцией неопределенности второго рода, и она обладает тем свойством, что ее максимум для простого отношения порядка ( $S_1 > S_2 > \dots > S_k$ ) достигается на так называемых оценках Фишборна

$$\Pi_i(0) = \frac{2(k-i+1)}{k(k+1)}, \quad i=1, \dots, k. \quad (4)$$

Действительно, решая задачу на условный экстремум при мере неопределенности

$$H = \left[ \prod_{i=1}^k \Pi_i(0) \right]^{k-i+1} \rightarrow \max_{\Pi_i(0)} \quad (5)$$

$$\text{имеем } \hat{\Pi}_i(0) = \frac{2(k-i+1)}{k(k+1)}$$

В случае, когда совокупности возможных состояний  $S$  нельзя поставить в соответствие, простое отношение порядка  $S_1 > S_2 > \dots > S_k$ , а имеет место упорядоченное отношение состояний общего вида  $(\dots, S_{i-1} > S_i(S_{i+1}, \dots, S_{i+m_i}) > S_{i+m_i+1}(S_{i+m_i+2}, \dots))$ , то для такого случая количественная оценка вероятности перехода из одного состояния в другое состояние, определяемое на основе принципа максимума неопределенности, имеет вид

$$P_i = \frac{k-i+1}{S}; \quad S = \sum_{i=1}^l m_i(k-i+1), \quad l = k - \sum_{i=1}^k (m_i - 1). \quad (6)$$

Если число переходов системы из одного состояния в другое часто является величиной случайной (недетерминированной), то целесообразно применять дискретные марковские цепи. Вероятность состояния такой экосистемы можно определить следующим образом.

Так как экосистема  $S$  находится в начальном состоянии, вектор начальных вероятностей которого определяется вектор-строкой  $\Pi(0)$ , она может осуществлять случайное число  $r$  переходов с законом распределения  $p_k = P(r=k)$ ,  $k=0, 1, \dots$

Очевидно, что при случайном  $r$  осредненная вектор-строка будет определяться следующим образом

$$E[\Pi(k)] = \Pi(0) \sum_{k=0}^{\infty} P_k \Pi^k, \quad (7)$$

где  $E$  – символ математического ожидания, и учитывая то, что  $\Pi$  – квадратная матрица, а  $k$  – натуральное число, то при Пуассоновом законе распределения числа переходов системы  $R_k = \frac{v^k e^{-v}}{k!}$ , где  $v$  – среднее число переходов, имеем

$$E[\Pi(k)] = \Pi(0) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{v^k e^{-v}}{k!} \Pi^k. \quad (8)$$

При этом вместо переходных вероятностей  $P_{ij}$  матрицы можно использовать плотность вероятности перехода  $\lambda_v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}$ , где  $P_{ij}(\Delta t)$  – вероятность того, что экосистема, находящаяся в момент  $t$  в состоянии  $S_i$ , за время  $(\Delta t)$  перейдет из него в состояние  $S_j$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивченко, Б.П. Информационная экология / Б.П.Ивченко, Л.А.Мартыщенко. – Санкт-Петербург: Норд-Метиздат, 1998. – 199 с.
2. Бурлибаев, М.Ж. Чрезвычайные интуиции в природной среде / М.Ж.Бурлибаев, А.А.Волчек, П.В.Шведовский [и др.] // Алматы: Каганат, 2011. – 353с.

УДК 628.337

**Яловая Н.П., Строкач П.П.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### **ЭФФЕКТ УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ В ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМЕШАННОГО ЖЕЛЕЗО-АЛЮМИНИЕВОГО КОАГУЛЯНТА**

Основные критерии качества питьевой воды состоят в том, что питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими свойствами [1]. Данные критерии положены в основу Руководства по контролю качества питьевой воды Всемирной организацией здравоохранения [2].

При оценке степени риска здоровью населения среди многих видов загрязнений наиболее важную роль играют микробиологические загрязнения. Известно, что опасность заболеваний от микробиологических загрязнений воды во много тысяч раз выше (до 100 000 раз), чем при загрязнении ее химическими соединениями различной природы. согласно требованиям санпина 10-124 рб 99 [1] безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется отсутствием в ней болезнетворных бактерий, вирусов и простейших микроорганизмов, ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Вода, загрязненная кишечными вирусами, является причиной распространения таких заболеваний, как полиомиелит, серозный менингит, гепатиты, гастроэнтериты, кератоконъюнктивитная лихорадка и др.

Поэтому заключительным этапом улучшения качества воды для хозяйственно-питьевых нужд является ее обеззараживание. Постоянно обеззараживают воду из поверхностных водных объектов, подземные воды в большинстве случаев подают без обеззараживания.

Обеззараживание воды на одном или двух технологических этапах водоподготовки проводится на всех водопроводных станциях с начала XX века. В настоящее время обеззараживание воды на коммунальных и промышленных водопроводах достигается применением ряда окислителей: хлора, гипохлорита натрия, хлораминов, хлорной извести, озона, перманганата калия, йода и др., действия ультрафиолетового и ионизирующего излучения, ультразвуковых колебаний, кипячения, фильтрации и т. д. [3]. При выборе метода обеззараживания воды следует учитывать расход и качество воды, эффективность ее очистки, надежность обеззараживания, технико-экономические соображения, возможность автоматизации процесса, механизация трудоемких работ, условий поставки и хранения реагентов.

Наиболее распространенным и недорогим методом обеззараживания воды является ее хлорирование. Существующая практика дезинфекции питьевой воды в большинстве развитых стран, например, в США, распределяется следующим образом: 98,6 % питьевой воды подвергается хлорированию, озонирование составляет только 0,37 %, остальные методы – 0,75% [4]. Особенность такого распределения в том, что хлорирование – наиболее экономичный и эффективный метод обеззараживания питьевой воды в сравнении с любыми другими известными методами. Хлорирование обеспечивает микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последствия. Все остальные методы обеззараживания воды, не исключая озонирование и ультрафиолетовую обработку, не обеспечивают такого обеззараживающего последствия и, следовательно, требуют дополнительного хлорирования на одной из стадий водоподготовки. Это правило не является исключением и для Республики Беларусь, где все имеющиеся системы озонирования питьевой воды городских водораспределительных сетей работают совместно с оборудованием для хлорирования.

Однако одним из недостатков хлорирования питьевой воды является образование побочных продуктов – галогенсодержащих соединений (ГСС), большую часть которых составляют тригалометаны: хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан и бромформ. С гигиенической точки зрения среди общей массы ГСС в последнем издании Руководства по контролю качества питьевой воды ВОЗ приведены сведения о 19 химических веществах – продуктах хлорирования, потенциально опасных для здоровья населения. Это – тригалометаны, хлорфенолы, соединения из групп галоуксусных кислот, галоацетонитрилов, галогенированных альдегидов, кетонов, фуранонов [3]. Хлороформ, поскольку его содержание после хлорирования воды во многих случаях превышает содержание всех остальных ГСС до 30 раз, обладающий и канцерогенным действием, был принят как ведущее приоритетное ГСС. ГСС образуются под действием хлора из предшественников, которыми являются многие вещества природного происхождения, всегда в естественных условиях присутствующие в воде и обуславливающие цветность воды. Это – гуминовые и фульвокислоты, танины, хиноны, дубильная, карбоксильная, лимонная и аминокислоты, Д-глюкоза, экстрацеллюлярные продукты жизнедеятельности различных видов водорослей, в том числе синезеленых и др. Дополнительными источниками предшественников ГСС могут служить производственные сточные воды, содержащие лигнины, смоляные и жирные кислоты, фенолы, анилин [5,6].

Некоторые ГСС обладают канцерогенными свойствами – вызывают развитие злокачественных опухолей. Так, вероятными канцерогенами для человека являются: хлороформ, четыреххлористый углерод, 2,4,6-трихлорфенол, бромдихлорметан. Все они отнесены к группе 2Б по классификации МАИР. Возможно, канцерогенным действием обладают и галоуксусные кислоты. В настоящее время встречается информация, указывающая на связь между хлорированием питьевой воды и увеличением заболеваемости населения раком. Так, в эпидемиологических исследованиях, проведенных в Айове (США), установлено, что у людей, употреблявших хлорированную питьевую воду в течение более 40 лет, риск развития рака мочевого пузыря увеличился в 2 раза [7].

Вместе с тем, хлорирование остается наиболее доступным и простым способом обеззараживания воды. Даже несмотря на то, что ужесточение уже существующих нормативных требований и введение новых нормативных показателей для ГСС приводит к значительным технологическим и экономическим трудностям при доведении качества хлорированной воды до соответствия гигиеническим требованиям, еще долго придется ожидать быстрого переоборудования всех водопроводных станций и канализационных сооружений для перехода на другие способы обеззараживания. Поэтому на первом этапе совершенствования стратегии выбора оптимальных методов обеззараживания необходимо реализовывать все доступные приемы защиты населения от воздействия ГСС питьевой воды. В частности, к ним относятся и разработка новых технологий очистки хлорированной питьевой воды.

Учитывая многокомпонентность химического загрязнения природной воды и возможность образования веществ неизвестного состава на разных стадиях технологического процесса водоподготовки, целесообразно использование так называемого обзорного анализа, ориентированного на идентификацию максимально полного спектра присутствующих в воде загрязняющих веществ [8].

Для этих целей могут быть применены аттестованные многокомпонентные методы контроля вместо целевых анализов, направленных на определение конкретного вещества. Многокомпонентные методы позволяют, с одной стороны, проводить обзорный анализ с идентификацией широкого спектра веществ, и с другой – осуществлять контроль одновременно ряда конкретных веществ [8]. Эти методы обеспечивают возможность идентификации с количественной оценкой органических углеводородов  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , их кислород-, азот-, серо- и галогенсодержащих производных ниже уровня большинства гигиенических нормативов с определением до 100 и более веществ в одной пробе. К таким веществам относятся: предельные, непредельные, циклические, ароматические, терпеновые, полициклические ароматические углеводороды, альдегиды, кетоны, эфиры, спирты, органические кислоты и др. [9]. Таким образом, может быть проведено аналитическое исследование природной воды на наличие широкого спектра органических веществ.

Для исследования используются газохроматографический и хромато-масс-спектрометрические методы анализа, ориентированные на определение галогенорганических соединений и спектров летучих и низколетучих веществ. Газохроматографическое определение галогенсодержащих соединений основано на извлечении веществ из воды газовой экстракцией в статическом режиме, их разделении на капиллярной кварцевой колонке, детектировании электронно-захватным детектором и идентификации по временам удерживания. Метод определения спектра летучих органических

соединений основан на извлечении веществ из воды газовой экстракцией инертным газом (гелием) и концентрировании на полимерном сорбенте (тенаксе), последующей термической десорбции адсорбированных веществ, их криогенном фокусировании в капилляре, газохроматографическом разделении на стеклянной капиллярной колонке и идентификации по масс-спектрам. Метод определения спектра низколетучих соединений основан на их извлечении из воды жидкостной экстракцией диэтиловым эфиром, упаривании растворителя при мягких температурных условиях до органического масла, реэкстракции этанолом, газохроматографическом разделении на стеклянной капиллярной колонке, идентификации по масс-спектрам и количественному определению по извлеченным молекулярным ионам.

В исследованиях в качестве исходной воды использована вода реки Мухавец. Обработка воды проведена на лабораторной электролизной установке, позволяющей моделировать все этапы водоподготовки. В исследовании изучен спектр соединений, содержащихся в пробах исходной воды и воды на различных этапах технологического процесса ее обработки: после хлорирования, электрокоагуляции и адсорбции углем.

Всего в исходной и обработанной воде нами было выявлено около 100 соединений. Основная трудность гигиенической оценки заключалась в том, что из более 50 выделенных с учетом массового содержания веществ для 64% соединений отсутствовали гигиенические нормативы. Следовательно, присутствие более 60% идентифицированных в воде в процессе ее подготовки остается бесконтрольным, и их влияние на здоровье населения не учитывается. Это свидетельствует о несовершенстве системы аналитического контроля качества питьевой воды.

Аналитическое исследование хлорированной воды ярко продемонстрировало существующую проблему обеззараживания воды хлорированием в отношении опасности образования токсичных и опасных продуктов. Исследования показали, что в процессе водоподготовки в хлорированной воде по сравнению с исходной водой образовался спектр из множества галогенсодержащих соединений. Среди идентифицированных веществ в значительных концентрациях выявлены: хлороформ, бромдихлорметан, трихлорацетальдегид, хлорбутанол, дихлорбутан, четыреххлористый углерод, хлоргептан, хлороктан и др.

Наряду с ГСС, в обработанной воде были идентифицированы и другие вещества, относящиеся к группам нитрилов, ароматических соединений, предельных углеводородов, альдегидов и других кислородсодержащих соединений. В природных водах обычно содержится огромное количество разнообразных веществ как биогенных, так и техногенного происхождения, концентрация каждого из которых может быть значительно ниже порога обнаружения самых современных аналитических методов. При хлорировании воды большая часть их неизбежно расходуется на окисление этих веществ. В результате последовательных актов окисления они все более упрощаются и трансформируются с образованием более узкого круга сходных соединений, которые начинают обнаруживаться в концентрациях, соответствующих пределу обнаружения современных физико-химических методов анализа.

Всего в исходной воде нами было обнаружено 11 веществ в обработанной воде: после этапа хлорирования – 50, после электрокоагуляции – 11, после адсорбции углем – 15 соединений. Применение электрокоагуляционного метода обеспечило высокий эффект удаления из воды практически всех ГСС, при этом концентрация хлороформа снизилась в 6 раз при содержании в исходной воде 5,0 ПДК, хлорпикрина – в 7 раз

даже при низком уровне загрязнения ( $5 \text{ мкг/дм}^3$ ), а другие ГСС были полностью удалены из воды. Дополнительное применение адсорбции активированным углем позволило снизить уровень загрязнения хлороформом в 35 раз и полностью удалить хлорпикрин. В целом, применение электрокоагуляции в сочетании с адсорбцией активированным углем обеспечило эффект очистки от всех ГСС почти в 150 раз при их суммарном загрязнении на уровне  $2 \text{ мг/дм}^3$  в хлорированной воде.

### Выводы

1. Применение смешанного железо-алюминиевого коагулянта обеспечило высокий уровень очистки и в отношении альдегидов. Эти соединения были практически полностью удалены из воды даже при достаточно низком (до  $8 \text{ мкг/дм}^3$ ) содержании в хлорированной воде. Высокий эффект очистки был достигнут также в отношении группы нитрилов.

2. Таким образом, использование электрохимически приготовленного смешанного железо-алюминиевого коагулянта оказалось эффективным в отношении всех (более 60) идентифицированных при хлорировании воды веществ: эффект очистки по хлороформу составил 97% при его содержании в исходной воде до 5 ПДК, практически полностью удалены из воды другие 25 галогенсодержащих соединений даже при низком уровне (ниже ПДК) загрязнения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению: СанПиН 10-124 РБ 99, СанПиН 10-113 РБ 99, СанПиН 8-83-98 РБ 99. – Минск, 2000. – 152 с.
2. Кульский, Л.А. Очистка воды коагуляцией под током / Л.А. Кульский, И.Т. Горонковский, М.И. Рыбчинский // В сб. «Улучшение технологии питьевой воды». – Киев: Изд-во АН УССР, 1955. – С. 55-60.
3. Руководство по контролю качества питьевой воды. – ВОЗ. – Женева, 1994. – Т.1: Рекомендации. – 255 с.
4. Water Works Association Journal. September 1992. Survey of Water Utility Disinfection Practices. Water Quality Disinfection Committee Report. – P. 121-128.
5. Красовский, Г.Н. Методические основы выбора для гигиенических исследований приоритетных галогенсодержащих соединений, обладающих отдаленными биологическими эффектами / Г.Н. Красовский, Н.Я. Михайловский, Ю.Г. Марченко [и др.] // Гигиена и санитария, 1985. – № 10. – С. 33-35.
6. Жолдакова, З.И. Экспериментальная оценка и прогноз образования хлорорганических соединений при хлорировании веществ в воде / З.И. Жолдакова, Н.В. Харчевникова, Е.Е. Полякова [и др.] // Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века. IX Всероссийский съезд гигиенистов и санитарных врачей – М., 2001. – Т. 1. – С. 428-431.
7. Определение концентраций химических веществ в воде централизованных систем питьевого водоснабжения: Сборник методических указаний. – Вып. 2. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 175 с.
8. Методические указания по определению концентраций химических веществ в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения: Сборник методических указаний. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 112 с.
9. Мальшева, А.Г. Применение хромато-масс-спектрометрии для выявления летучих органических соединений / А.Г. Мальшева // Гигиена и санитария. – 1997. – №4. – С. 33-37.

## Список авторов

- А**  
Андреюк С.В. 117  
Антонюк Е.К. 172  
Артёмук Е.Г. 3  
Архипенко Н.С. 76
- Б**  
Базаревский В.Э. 23  
Бакунов А.М. 8  
Бакунова О.М. 8  
Басалай С.Г. 135  
Басов С.В. 11, 90, 94  
Бейсембаева Л.К. 205  
Бслов С.Г. 110  
Березовский Н.И. 132  
Бирук Е.Н. 47  
Богодяж Е.П. 15  
Бражников М.М. 19  
Брашчевич П.Ю. 23  
Булак И.А. 83
- В**  
Валуев В.Е. 27  
Васильев В.В. 32  
Васильева В.С. 35  
Водчиц Н.Н. 197  
Волк П.П. 38  
Волкова Г.А. 43  
Волчек А.А. 27, 47, 51, 55, 59, 64, 68, 72  
Волчек Ан.А. 51, 55  
Воронова Н.П. 132  
Вострова Р.Н. 76, 79  
Выдумчик С.В. 35
- Г**  
Гавриленко О.О. 35  
Гергман Л.Н. 83  
Гладкий И.И. 68  
Гладковский В.И. 87  
Гладышук А.А. 11  
Глушко К.А. 197  
Гнатюк С.П. 90, 94  
Головач А.П. 99, 102  
Громаченко С.Ю. 106  
Гурьянова Г.М. 127
- Д**  
Дашкевич Д.Н. 59  
Демиденко П.В. 87  
Дмухайло Е.И. 110
- Е**  
Егембердиева Г.А. 114
- Ж**  
Житенёв Б.Н. 117, 121
- З**  
Зубрицкая Т.Е. 64
- И**  
Ивашковец Н.Е. 3
- К**  
Кирвель И.И. 19, 124  
Кирвель П.И. 121  
Кобринец Л.А. 3  
Константинова Е.В. 127  
Коренец Г.В. 51  
Корнеев В.Н. 83  
Костюк С.Ф. 23  
Костюкевич Е.К. 132  
Кукшинов М.С. 124  
Кушнер Т.Л. 135  
Ксенофонов М.А. 35
- Л**  
Левчук Н.В. 138  
Лукша В.В. 55, 227
- М**  
Мажейкене А.Б. 217  
Макаров Д.В. 79  
Малик Д.В. 176  
Мартынюк В.А. 141  
Махнист Л.П. 68  
Медведсва О.Н. 145  
Мельникова Е.А. 127  
Мешик А.О. 149  
Мешик О.П. 27, 149  
Михалычева Э.А. 152  
Монтик С.В. 99

**Н**

Набздоров С.В. 32  
Науменко Л.Е. 121  
Новосельцев В.Г. 156  
Новосельцева Д.В. 159

**О**

Олейник О.А. 163  
Омаров А.Т. 205  
Островская Л.Е. 35

**П**

Парфомук С.И. 165  
Поддубная А.О. 168  
Поддубная О.В. 168  
Понарядов В.В. 35  
Пономаренко О.И. 205  
Прилуцкая О.Е. 172

**Р**

Рокочинский А.Н. 38, 106  
Ротахин И.А. 127  
Рубанов В.С. 68  
Рыбак В.А. 8, 176

**С**

Савицкая А.С. 189  
Северянин В.С. 180, 184  
Седакова В.А. 189  
Смагулова Д.А. 114  
Станкевич А.П. 193  
Станчук В.В. 215  
Стаховский М.С. 168  
Стельмашук С.С. 197  
Сторожук Н.Ю. 43  
Строгина О.А. 189

Строкач П.П. 230  
Ступень Н.С. 223  
Сулейман Х.М. 176

**Т**

Танашева М.Р. 205  
Телеш И.А. 201  
Титов К.С. 193  
Торегожина Ж.Р. 205  
Трифонов А.Г. 152  
Тур Э.А. 209, 213

**Х**

Хазизов Р.Ю. 90, 94  
Халецкий В.А. 217

**Ц**

Цымбалюк В.Н. 223

**Ч**

Чечун О.А. 213  
Чунаев А.В. 90, 94

**Ш**

Шавлинский О.А. 32  
Шалай С.В. 38  
Шведовская Д.В. 227  
Шведовский П.В. 55, 227  
Швядене С.И. 217  
Шелест Т.А. 72  
Шпока И.Н. 27

**Я**

Яловая Н.П. 230  
Янчилин П.Ф. 184

## Содержание

Артемук Е.Г., Кобринец Л.А., Ивашковец Н.Е. <i>Действие ионов свинца как стресс-фактора на активность ферментов антиоксидантной системы в проростках бобовых растений</i>	3
Бакунова О.М., Рыбак В.А., Бакунов А.М. <i>Оценка антропогенной нагрузки на окружающую среду в рамках комплексных исследований экологического состояния административных районов</i>	7
Басов С.В., Гладышук А.А. <i>Солодувни и бровары на реке Западный Буг</i>	9
Богодяж Е.П. <i>Геоэкологическая оценка состояния водотоков – приемников сточных вод в бассейне Днепра</i>	13
Бражников М.М., Кирвель И.И. <i>Химия в борьбе за чистоту природы</i>	16
Бранцевич П.Ю., Базаревский В.Э., Костюк С.Ф. <i>Применение систем оценки технического состояния оборудования для снижения эксплуатационных затрат</i>	20
Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П., Шпока И.Н. <i>Опыт картографирования опасных метеорологических явлений на территории Беларуси</i>	23
Васильев В.В., Шавлянский О.А., Набздоров С.В. <i>Особенности хозяйственных мероприятий при реконструкции мелиоративных систем в северо-восточной части Беларуси</i>	28
Васильева В.С., Выдумчик С.В., Гавриленко О.О., Ксенофонтов М.А., Островская Л.Е., Понарядов В.В. <i>Эффективные поглотители нефтепродуктов: изделия и автоматизированный комплекс для их производства</i>	31
Волк П.П., Шалай С.В., Рокочинский А.Н. <i>Влияние работы дренажа на формирование продуктивности осушаемых земель в весенний период</i>	33
Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю. <i>Очистка сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества</i>	37
Волчек А.А., Бирук Е.Н. <i>Оценка влияния климатических изменений на урожайность сельскохозяйственных культур</i>	41
Волчек А.А., Волчек Ан.А., Коренец Г.В. <i>Особенности формирования гидрографов весеннего половодья на реках Белорусского Полесья</i>	44
Волчек А.А., Волчек Ан.А., Лукша В.В., Шведовский П.В. <i>Периодичность изменений максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси</i>	48

Волчек А.А., Дашкевич Д.Н. <i>Прогнозная оценка изменения гидроэнергетического потенциала рек Беларуси на современном этапе</i>	51
Волчек А.А., Зубрицкая Т.Е. <i>Особенности формирования суммарного испарения на территории Белорусского Полесья в современных условиях</i>	55
Волчек А.А., Махнист Л.П., Рубанов В.С., Гладкий И.И. <i>Сходимость моментов стохастической модели многолетних колебаний речного стока</i>	59
Волчек А.А., Шелест Т.А. <i>Районирование территории Беларуси по синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков</i>	63
Вострова Р.Н., Архипенко Н.С. <i>Целесообразность использования компостов в зелёном строительстве городов</i>	66
Вострова Р.Н., Макаров Д.В. <i>Производство многокомпонентных топливных брикетов на основе осадков сточных вод</i>	69
Гертман Л.Н., Корнеев В.Н., Булак И.А. <i>Проблема защиты от паводков населенных пунктов в пределах особо охраняемых природных территорий</i>	72
Гладковский В.И., Демиденко П.В. <i>Экологические аспекты исследования электромагнитной чувствительности человека</i>	76
Гнатюк С.П., Басов С.В., Хазизов Р.Ю., Чунаев А.В. <i>Количественное оценивание параметров объектов различной природы на основании анализа их двухградационных (бинаризованных) изображений. I. Обоснование возможности использования статистического подхода для определения уровней бинаризации</i>	78
Гнатюк С.П., Басов С.В., Хазизов Р.Ю., Чунаев А.В. <i>Количественное оценивание параметров объектов различной природы на основании анализа их двухградационных (бинаризованных) изображений. II. Построение двухградационных (бинаризованных) составляющих изображения объекта исследования</i>	82
Головач А.П., Монтик С.В. <i>Концепция энергоэффективности жилых зданий как составная часть энергетической политики</i>	85
Головач А.П. <i>Гумусовые вещества в экологическом мониторинге водных систем</i>	88
Громаченко С.Ю., Рокочинский А.Н. <i>Исходные предпосылки к обоснованию конструкции и расчету параметров дренажно-аккумулирующих систем для природоохранного обустройства объектов складирования отходов</i>	92

Дмухайло Е.И., Белов С.Г. <i>Газовая коррозия железобетонных коллекторов городской водоотводящей сети</i>	95
Егембердиева Г.А., Смагулова Д.А. <i>Вредные выбросы ТЭС и котельных</i>	98
Житенёв Б.Н., Анедриюк С.В. <i>Технологические схемы обезжелезивания и обезжелезивания поверхностных вод Белорусского Полесья для использования в целях технического водоснабжения</i>	101
Житенёв Б.Н., Науменко Л.Е. <i>Теоретические предпосылки интенсификации очистки промывных вод станций обезжелезивания воды коагулированием</i>	104
Кирвель И.И., Кукшинов М.С., Кирвель П.И. <i>Оценка изменений термического и ледового режимов рек при создании низконапорных водохранилищ</i>	106
Константинова Е.В., Мельникова Е.А., Гурьянова Т.М., Ротахин И.А. <i>Экологический и экономический аспекты возврата серебра из кинофотоматериалов</i>	109
Костюкевич Е.К., Березовский Н.И., Воронова Н.П. <i>Производство торфяной продукции энергетического назначения с применением ультразвуковых колебаний</i>	113
Кушнер Т.Л., Басалай С.Г. <i>Обсуждение вопросов энерго- и ресурсосбережения во внеучебной работе со студентами</i>	116
Левчук Н.В. <i>Влияние внешних экологических факторов на бетонные конструкции</i>	
Мартынюк В.А. <i>Ландшафтная модель геосистемы «Озёрный водосбор» как основа экологического паспорта водоема</i>	121
Медведева О.Н. <i>Оптимизация децентрализованных систем газоснабжения</i>	124
Мешик О.П., Мешик А.О. <i>Особенности вертикального озеленения зданий в климатических условиях Беларуси</i>	128
Михалычева Э.А., Трифонов А.Г. <i>Экологические аспекты строительства и эксплуатации ветроэнергетических станций</i>	130
Новосельцев В.Г. <i>О целесообразности проектирования одно- и двухтрубных систем водяного отопления в современных условиях</i>	134
Новосельцева Д.В. <i>Методы очистки газообразных отходов низких концентраций</i>	136

Олейник О.А. <i>Разработка устройства для контактной термической обработки жидких промышленных отходов</i>	139
Парфомук С.И. <i>Анализ однородности и независимости рядов годового стока рек Беларуси</i>	141
Поддубная О.В., Стаховский М.С., Поддубная А.О. <i>Осадки сточных вод и проблема их утилизации</i>	144
Прилуцкая О.Е., Антонюк Е.К. <i>Использование средоулучшающих свойств комнатных растений для оптимизации воздушной среды и оздоровления человека</i>	147
Рыбак В.А., Сулейман Х.М., Малик Д.В. <i>Автоматизированная система обработки эколого-экономических данных</i>	150
Северянин В.С. <i>Энергосбережение и природопользование</i>	153
Северянин В.С., Янчилин П.Ф. <i>Аккумуляирование тепловой энергии в гелиосистемах</i>	157
Седакова В.А., Строгина О.А., Савицкая А.С. <i>Качественное и полуколичественное определение простых сахаров и их смесей методом ИК-Фурье-спектроскопии</i>	161
Станкевич А.П., Титов К.С. <i>Аспекты внедрения международных подходов построения оценки качества поверхностных вод</i>	165
Стельмашук С.С., Водчиц Н.Н., Глушко К.А. <i>Сохранение и восстановление плодородия почв при планировке мелкозалежных торфяников</i>	168
Телеш И.А. <i>Геоэкологическая оценка комфортности климата Бреста</i>	171
Торегожина Ж.Р., Пономаренко О.И., Омаров А.Т., Бейсембаева Л.К., Танашева М.Р. <i>Использование промышленных отходов для получения химических мелиорантов – аддуктов</i>	175
Тур Э.А. <i>Экологичная фасадная краска на основе комбинированного плёнкообразователя</i>	178
Тур Э.А., Станчук В.В., Чечун О.А. <i>Экологичный противоскользящий материал для горизонтальной разметки автомобильных дорог</i>	182
Халецкий В.А., Швядене С.И., Мажейкене А.Б. <i>Водно-дисперсионные лакокрасочные материалы для древесины с уменьшенной эмиссией органических растворителей</i>	185

Цымбалюк В.Н., Ступень Н.С.	190
<i>Влияние хлоридов на скорость химических процессов в системе CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O в сульфатно-гидрокарбонатных средах</i>	
Шведовский П.В., Лукша В.В., Шведовская Д.В.	193 ✓
<i>Особенности прогноза вероятности возникновения техногенных проблем в экосистемах</i>	
Яловая Н.П., Строкач П.П.	196
<i>Эффект удаления органических соединений из природной воды в электрокоагуляторе с применением смешанного железо-алюминиевого коагулянта</i>	
Список авторов	201

Научное издание

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Сборник материалов  
Международной научно-практической конференции

18–20 апреля 2012 г.

*Текст печатается в авторской редакции*

Ответственный за выпуск: Волчек А.А.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерный набор и вёрстка: Халецкий В.А., Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-220-0



9 789854 932200

Издательство БрГТУ.

Лицензия № 02330/0549435 от 08.04.2009 г.

Подписано к печати 12.04.2012 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 12,1. Уч.-изд. л. 13,0.

Гарнитура Times New Roman. Тираж 100 экз. Заказ № 560.

Отпечатано на ризографе Учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»

224017, Брест, ул. Московская, 267.